



MITTEILUNGEN

DES MUSEUMS
FÜR BERGBAU
GEOLOGIE UND
TECHNIK

AM LANDESMUSEUM
„JOANNEUM“, GRAZ

Herausgegeben von Dr. Karl MURBAN

1962 — MITTEILUNGSSHEFT 24

Erik Flügel und Erentraud Flügel-Kahler

Mikrofazielle und geochemische
Gliederung eines obertriadischen Riffes
der nördlichen Kalkalpen

(Sauwand bei Gußwerk, Steiermark, Österreich)

Mit 10 Tafeln, 11 Abbildungen und 19 Tabellen im Text

Dieses Heft enthält auch den
Jahresbericht für die Jahre 1959—1961

INHALT

| | |
|--|----|
| Einleitung | 7 |
| I. Methodik und Terminologie | 8 |
| II. Beschreibung | 10 |
| II/1 Geologie | 10 |
| 1. 1 Lage und Umgrenzung des Untersuchungsgebietes | 10 |
| 1. 2 Geologie der Sauwand | 11 |
| II/2 Mikrofazies | 13 |
| 2. 1 Mikrofazies der Dachsteinriffkalke | 13 |
| 2. 1. 1 Mikrofazielle Merkmale | 13 |
| (A) Grundmasse | 13 |
| (B) Komponenten | 14 |
| (a) Paläontologische Bestimmung der Komponenten | 15 |
| (b) Größe der Komponenten | 18 |
| (c) Textur der Komponenten | 20 |
| (d) Rundung und Sphärizität | 21 |
| (e) Häufigkeitsverteilung | 25 |
| (C) Hohlraum-Füllungen | 25 |
| (a) Riffschutt-Sedimentation und Spatisation | 25 |
| (b) Rotpelit-Sedimentation | 26 |
| (D) Resedimentation | 26 |
| (E) Para- bis postdiagenetische Bildungen | 27 |
| 2. 1. 2 Mikrofazies-Typen | 27 |
| (A) Definitionen | 27 |
| (a) Mikrofazies 1 | 27 |
| (b) Mikrofazies 2 | 27 |
| (c) Mikrofazies 3 | 28 |
| (d) Mikrofazies 4 | 28 |
| (e) Mikrofazies 5 | 28 |
| (f) Mikrofazies 6 | 29 |
| (g) Mikrofazies 7 | 29 |
| (B) Verbreitung der Mikrofazies-Typen | 29 |

| | |
|---|-----------|
| II/3 Paläontologie | 29 |
| 3. 1 Fossilinhalt der Sauwand-Riffkalke | 29 |
| 3. 2 Stratigraphische Einstufung | 36 |
| II/4 Geochemie | 38 |
| 4. 1 Probenauswahl | 38 |
| 4. 2 Bestimmung von Dolomit, Calcit und Aragonit | 38 |
| 4. 3 SrCO ₃ -Gehalte | 41 |
| 4. 3. 1 Bestimmungsmethode - und Genauigkeit | 41 |
| 4. 3. 2 SrCO ₃ -Gehalte der Sauwand-Riffkalke | 41 |
| 4. 4 MgCO ₃ -Gehalte | 41 |
| 4. 5 Isotopen-Bestimmung | 41 |
| III. Auswertung der Ergebnisse | 43 |
| III/1 Fazielle Gliederung des Dachsteinriffkal- kes der Sauwand | 43 |
| 1. 1 Aussagewert von Mikrofazies-Typen, paläontologischen Daten, Spurenelementen und Paläowassertemperaturen | 43 |
| 1. 1. 1 Mikrofazielle-Daten | 43 |
| (A) Grundmasse | 43 |
| (B) Komponenten | 44 |
| (a) Genetische Deutung der Pseudooide und Intra- klaste des Sauwand-Riffes | 44 |
| (b) Bedeutung der Korngrößen von Biogenen und Intraklasten | 47 |
| (c) Verbreitung der biogenen Komponenten | 50 |
| (d) Auswertung der Geopetalgefüge und der Resedimente | 53 |
| (C) Umkristallisation und Diagenese | 54 |
| (D) Aussage der Mikrofazies-Typen | 55 |
| 1. 1. 2 Paläontologische Daten | 57 |
| (A) Paläökologische Analyse | 57 |
| 1. 1. 3 Geochemische Daten | 61 |
| (A) Dolomit im Riffkalk | 61 |
| (B) MgCO ₃ -Gehalte der Riffkalke | 62 |
| (C) Calcit und Aragonit | 62 |
| (D) SrCO ₃ -Gehalte der Riffkalke | 63 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| (a) | Aufnahme von Sr aus dem Meerwasser durch rezente Organismen | 64 |
| (b) | SrCO ₃ -Gehalte in Hartteilen mariner Invertebraten | 65 |
| (c) | SrCO ₃ -Gehalte in karbonatischen Sedimenten | 66 |
| (d) | SrCO ₃ -Gehalte in Fossilien | 67 |
| (e) | Das Sr/Ca-Verhältnis im Laufe der Erdgeschichte | 67 |
| (f) | Der Einfluß der Diagenese auf den Sr-Gehalt der Sedimente | 67 |
| (g) | Sedimentologisch-ökologische Interpretation der SrCO ₃ -Gehalte in den Kalken des Sauwand-Riffes | 68 |
| (E) | Bedeutung der Paläowassertemperaturen | 70 |
| 1. 1. 4 | Zusammenfassung der Aussagen | 71 |
| III/2 | Hallstätter Fazies im Riffkalk | 75 |
| 2. 1 | Rotpelite in Dachstein-Kalken | 75 |
| 2. 2 | Fazielle Beziehungen zwischen Hallstätter Kalken und Dachstein-Kalken | 77 |
| 2. 3 | Diskussion | 83 |
| III/3 | Das Bauschema des Sauwand-Riffes | 91 |
| 3. 1 | Beschreibung | 91 |
| 3. 2 | Diskussion | 94 |
| VI. | Vergleich mit obertriadischen Riffen aus den Nördlichen Kalkalpen | 96 |
| IV/1 | Vergleiche mit einzelnen Riff-Komplexen | 96 |
| 1. 1 | Rötelwand bei Hallein (Salzburg) | 96 |
| 1. 2 | Steinplatte bei Waidring (Tirol) | 98 |
| 1. 3 | Bayrisch-tirolische Alpen | 100 |
| 1. 4 | Gosaukamm (Oberösterreich) | 103 |
| IV/2 | Baustil und Anlage der oberösterreichischen Riffe in den Nördlichen Kalkalpen | 104 |
| V. | Zur Unterscheidung der Ablagerungsbereiche bei fossilen Riffen | 107 |
| VI. | Zusammenfassung — Abstract | 110 |
| VII. | Literatur | 113 |
| | Tafelerklärungen | 128 |

EINLEITUNG

Die Norische und Rhätische Stufe der nordalpinen Ober-Trias ist durch verschieden mächtige Karbonatkomplexe (Dachstein-Kalke, Oberrhätischer Riffkalk u. a.) gekennzeichnet, deren Entstehung auf einen, den Nordsaum der Tethys begleitenden Riff-Gürtel zurückzuführen ist; dieser dürfte sich aus zahlreichen nur lose verbundenen „Riff-Komplexen“ (HENSON 1950) zusammengesetzt haben.

Untersuchungen über die Geologie und Paläontologie dieser Riffbildungen stammen von WÄHNER (1903), J. WALTHER (1910), HAHN (1910), DIENER (1925), VORTISCH (1926), LEUCHS (1928), SICKENBERG (1932) und SIEBER (1937).

Die Ausweitung der Erdölprospektion auf die Nördlichen Kalkalpen hat dazugeführt, daß gegenwärtig sowohl in Österreich (E. FLÜGEL, H. ZAPFE — Gosaukamm, Oberösterreich; H. R. OHLEN, A. G. FISCHER — Steinplatte bei Waidring, Tirol) als auch in Deutschland (F. FABRICIUS — Bayrisch-Nordtiroler Kalkalpen; H. ZANKL — Berchtesgadener Alpen) die Riff-Kalke neu bearbeitet werden.

Die Bedeutung derartiger Untersuchungen wird durch verschiedene in den letzten Jahren abgehaltene Symposien über Kalkbildung und -sedimentation unterstrichen (HAM 1962, WILLIAMS 1962).

Die nachfolgend vorgelegten Ergebnisse sind das Resultat der mikrofaziellen, paläontologischen und geochemischen Untersuchung eines kleinen obertriadischen Riffes der Nördlichen Kalkalpen.

Durch die Koppelung verschiedener Arbeitsmethoden war es möglich, zu einer Detailgliederung des Riffes zu gelangen, die als Modellbild für den Bau größerer Riff-Komplexe der alpinen Ober-Trias dienen kann.

Außerdem wurden neue mikrofazielle und geochemische Kriterien für die Typisierung der verschiedenen Riff-Bereiche gewonnen. Die praktische Bedeutung dieser Feststellung liegt darin, daß die einzelnen Teile eines Riff-Komplexes auch in Bohrkernen unterschieden werden können, wodurch die Zahl der zur Auffindung einer erdölführenden Riff-Struktur erforderlichen Bohrungen herabgesetzt werden kann (vgl. INGERSON 1962).

Die Untersuchung wurde durch die Zuerkennung des Erzherzog-JOHANN-Forschungspreises des Landes Steiermark ermöglicht, wodurch die Geländearbeiten und die Dünnschliffkosten gedeckt werden konnten. Wir sind der Steiermärkischen Landesregierung und insbesondere Herrn Landesrat Prof. Dr. H. KOREN (Graz) für diese Unterstützung, sowie für die Gewährung eines Druckkostenzuschusses, zu herzlichem Dank verpflichtet.

Herr Prof. Dr. F. MACHATSCHKI (Mineralogisches Institut der Universität Wien) gestattete in dankeswerter Weise die Verwendung der Instituts-einrichtung. Gleiche Unterstützung erfuhren wir durch das Geol.-Paläont. Institut der Universität Graz (Prof. Dr. K. METZ und Prof. Dr. H. FLÜGEL), durch das Mineralogisch-Kristallographische Institut der Universität Göttingen (Prof. Dr. J. ZEMANN), durch das Mineralogisch-Petrographische Institut der Universität Wien (Prof. Dr. H. WIESENEDER) und durch die Geol.-Paläont. Abteilung des Naturhistorischen Museums in Wien (Prof. Dr. H. ZAPFE).

Einige $MgCO_3$ -Bestimmungen wurden freundlicherweise von Herrn Dipl.-Ing. Dr. F. KAHLER (Österr.-Amerikanische Magnesit A. G. Radenthein, Kärn-

ten) vorgenommen. Unser besonderer Dank gilt Herrn Dozent Dr. E. T. DEGENS (California Institute of Technology, Pasadena, USA), welcher die Isotopen-Analyse beisteuerte.

Für wertvolle Diskussionen danken wir den Herren Prof. Dr. G. SOLLE und Dr. W. KREBS (Geol. Institut der Technischen Hochschule Darmstadt), Dozent Dr. O. BRAITSCH (Mineralogisches Institut der Universität Göttingen) und Dr. M. KIRCHMAYER (Geol.-Paläont. Institut der Bergakademie Clausthal-Zellerfeld).

Herrn Kustos Dr. K. MURBAN danken wir für die Aufnahme der Arbeit in die Mitteilungen seiner Abteilung.

Die Photographien wurden von Fräulein G. PRAGER (Geol. Inst. TH Darmstadt) angefertigt.

Das Belegmaterial (Dünnschliffe, Handstücke und geochemische Proben) wird am Museum für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum Joanneum in Graz aufbewahrt. Das Material ist unter den Nummern 59902—60252 inventarisiert.

I. METHODIK UND TERMINOLOGIE

Außer mit Hilfe von paläontologischen und geochemischen Methoden wurden die Riffkalke durch zahlreiche Dünnschliffe untersucht, um die kennzeichnenden Mikrofazies-Typen festzustellen.

Wir verstehen unter Mikrofazies die Gesamtheit der im Dünnschliff-Bereich typisierbaren paläontologischen und petrographischen Daten von Sedimentgesteinen (E. FLÜGEL 1963 a). Als Mikrofazies-Typus wird die innerhalb der selben Lithotope und Sedimentationsräume gleichbleibende, die normale Variationsbreite nicht überschreitende Mikrofazies bezeichnet.

Die Methoden der mikrofaziellen Analyse wurden bereits dargestellt (E. FLÜGEL 1963 b).

Bei der Dünnschliffuntersuchung sind folgende Merkmale zu berücksichtigen:

(1) Grundmasse: Mikrit oder Sparit; Korngröße, Textur der Grundmasse, Farbe, Umkristallisation, Typus der Grundmasse (primäre Matrix oder sekundärer Zement).

(2) Komponenten: Biogene, Intraklaste, Pseudooide, Onkoide, Ooide, authigene Minerale, terrigene Minerale und Gesteinsfragmente. Die Beschreibung dieser Komponenten erfolgt im Anschluß an die Klassifizierung nach folgenden Gesichtspunkten:

Größe (maximaler im Schliff sichtbarer ϕ der Komponenten), Sortierungsgrad, Rundung und Sphärizität, Textur (s-Gefüge, Geopetalgefüge, Hohlraum- und Kleinhöhlensedimentation, Gradierung, Klastizitätsindex, Offenheitsgrad), Häufigkeit (Grundmasse : Komponenten, Häufigkeitsindex der Komponenten). Resedimentation.

Als weitere Merkmale müssen Dolomitisierung und para- bis postdiagenetische Bildungen (z. B. Mikrostylolithen, Calcit-Fugen etc.) beachtet werden.

Die verwendete Kalk-Klassifikation entspricht dem etwas vereinfachten, von FOLK (1959) vorgeschlagenen Schema. Dieses System beruht auf der qualitativen und quantitativen Unterscheidung zwischen Grundmasse und Komponenten und hat sich bei der Untersuchung von Kalken bereits mehrfach bewährt (vgl. BERRY 1962, HAM 1962, E. FLÜGEL & M. KIRCH-

MAYER 1963 etc.). Die von FOLK geschaffenen Begriffe wie Intraklast, Mikrit u. ä. werden in nachfolgender Terminologie erläutert (S. 10).

Voraussetzung für das Verständnis und die Typisierung der textuellen Merkmale ist die Kenntnis der Arbeit von SANDER (1936).

Bei der Bestimmung der Klastizitäts- und Häufigkeitsindizes wurde auf die von CAROZZI (1958) verwendeten Methoden zurückgegriffen.

Zur Kennzeichnung des im englischsprachigen Schrifttum weit verbreiteten Begriffes „environment“ wurde der Ausdruck „Ablagerungsmedium“ verwendet. Die Begriffsfassung von „environment“ ist sehr unterschiedlich, je nachdem, ob das Wort von Geologen, Paläontologen oder Zoologen verwendet wird (vgl. ALLEE et al. 1949, LADD 1957, HOWELL 1960). Das Ablagerungsmedium wird hier als Gesamtheit der wechselseitigen organischen und anorganischen Bedingungen definiert, welche zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Platz wirksam waren.

Zur Riff-Terminologie: Die dem Riff-Begriff in dieser Arbeit unterlegte Definition entspricht der von NELSON, BROWN & BRINEMAN (1962) gegebenen Fassung: „... a skeletal deposit formed by organisms possessing the ecological potential to erect a rigid topographic structure.“

Als zusammenfassender Ausdruck für sämtliche Teile des Rifffes wird im Sinne von HENSON (1950) der Begriff Riff-Komplex (Reef-complex) verwendet: „... the aggregate of reef, fore-reef, back-reef, and inter-reef deposits which are bounded on the seaward side by the basin sediments and on the landward side by lagoonal sediments“ (NELSON etc. 1962).

Die einzelnen Teile des Riff-Komplexes wurden als back-reef-Bereich, zentrales Riff-Areal und fore-reef-Bereich bezeichnet. Hierbei ist das back-reef als der dem Land zugewendete Bereich des Rifffes definiert, während als fore-reef die dem offenen Meer zugewendete Seite bezeichnet wird.

Back-reef und fore-reef-Bereiche sind durch detritische Sedimente mit verschiedener Korngröße gekennzeichnet. Das zentrale Riff-Areal ist durch das autochthone Auftreten von riffbildenden Organismen und durch die Häufigkeit von biogenen Ablagerungen definiert. Es ist dies der Bereich, in welchem eine der Wellenbewegung Widerstand leistende Struktur aufgebaut wird. Der Ausdruck Riff-Kern wurde wegen seiner Mehrdeutigkeit vermieden.

Zwischen-Riff-Ablagerungen (inter-reef deposits) werden zwischen den einzelnen, räumlich oft weit entfernten Riff-Komplexen abgesetzt.

Als Riffknospen wurden flächenmäßig begrenzte Anhäufungen von riffbildenden Organismen bezeichnet, die im zentralen Riff-Areal in großer Zahl auftreten und gemeinsam mit dem von ihnen gelieferten und zwischen ihnen abgelagerten Detritus den Rahmen des Rifffes (frame-work) aufbauen.

In der vorliegenden Arbeit wurden im allgemeinen die englischen Termini back-reef und fore-reef verwendet, da eine allgemein anerkannte deutschsprachige Riff-Nomenklatur fehlt. Während fore-reef mit „Vorriff“ übersetzt werden kann, ist eine entsprechende Übersetzung des Wortes back-reef nicht möglich. Der vereinzelt verwendete Ausdruck „Hinterriff“ (z. B. ROSENBERG 1958) bezieht sich nicht nur auf den back-reef-Bereich, sondern auch auf das sich daran anschließende Gebiet zwischen dem Riff-Komplex und der Küstenlinie (= Lagune, vgl. NELSON et al. 1962). Die Bezeichnung „Innerriff“ (SCHEER 1959, 1960) ist nur bei ringförmig gebauten Riff-Komplexen sinnvoll. Die von

SCHEER vorgeschlagenen deutschen Riff-Termini lassen sich zunächst nur auf Atolle anwenden.

Biogene: Die im Dünnschliff-Bereich erkennbaren bestimm- und unbestimmten Fossilreste.

Biomikrit: Mikrit mit zahlreichen Biogenen. Verhältnis Grundmasse: Komponenten etwa 1:3.

Biosparit: Sparit mit zahlreichen Biogenen. Verhältnis siehe oben.

Calcarenit: Kalk mit mechanisch abgesetzten Komponenten von Sandkorn-Größe, 50 Prozent und mehr Detritus.

Calcilutit: Feinkörniger, dichter, ± homogener Kalk.

Calcirudit: Kalk mit mechanisch abgelagerten Komponenten. Durchmesser mehrere mm bis cm.

chersogen: vom Land eingeschwemmt.

Detritus: Mechanisch abgesetzte Komponenten, die bereits vor der Anlagerung gebildet wurden. Grob-Bioidetritus — große Fossilreste und viele organogene Körner, Fein-Bioidetritus — kleine und ± gleich große Biogene.

Großoolith: konzentrisch-radialstrahlige Hohlraumfüllungen, entstanden durch chemische Internanlagerung.

Häufigkeitsindex: Zahl der Komponenten bezogen auf eine bestimmte Schliff-Fläche (meist auf ein Quadrat, dessen Seite das Zehnfache des größten Komponenten-Durchmessers beträgt).

Intraklast: wiederaufgearbeitetes Sediment, intraformationelle Bildungen, synsedimentäre Breie nach SANDER.

Intramikrit: Mikrit mit zahlreichen Intraklasten. Verhältnis Grundmasse: Komponenten = 1:3.

Kastizitätsindex: Größter scheinbarer Durchmesser von 100 im Schliff gemessenen Komponenten.

Matrix: primäre Grundmasse.

Mikrit: mikrokristalliner Kalk; feinkörnige, primäre Grundmasse.

Onkoid: Gefügekorn aus einem meist organogenem Kern und einer aus nicht konzentrischen Ringen bestehenden Schale (häufig Algen-Bildung).

Ooid: Gefügekorn aus Kern und Schale mit konzentrischen Ringen, oft mit Radialstruktur.

Pelmikrit: Mikrit mit zahlreichen Pseudooiden. Verhältnis Grundmasse: Komponenten = 1:3.

Pelsparit: Sparit mit zahlreichen Pseudooiden.

Pseudooid: Strukturloses, abgerundetes Gefügekorn von verschiedener Genese.

Resediment: einfach oder mehrfach umgelagerte Sediment-Teile, meist synsedimentäre Bildungen.

Rotpelit: Feinkörnige, rot gefärbte Sedimente.

Rundung: Abnahme der Kanten eines Kornes.

Sparit: spätere Grundmasse, meist als Zement entwickelt.

Sphärizität: Annäherung der Gestalt eines Kornes an die Kugelform.

Zement: sekundäre Grundmasse.

II. BESCHREIBUNG

II/1 Geologie

1.1 Lage und Umgrenzung des Untersuchungsgebietes

Die Sauwand (1421 m) bildet nordöstlich von Gußwerk einen größtenteils bewaldeten, etwa NW-SE verlaufenden Bergzug von etwa 3 km Länge, der im Westen steil zum Salza-Tal abbricht und im Osten durch die breite Eintalung der Washuben und Mooshuben begrenzt wird. Gegen Südosten wurde das in die Untersuchung einbezogene Gebiet auf den gegen den Fallenstein-Graben abfallenden Stockerbauerkogel (1114 m) ausgedehnt. Die südliche Begrenzung bildet die Bundesstraße Nr. 20 von Gußwerk nach Wegscheid bis zum Gasthaus Fallenstein; als Nordgrenze wurde die Kote 900 gewählt.

Das untersuchte Gebiet ist von Wien aus über die Westbahn und nach Umsteigen in St. Pölten über die Kleinbahn St. Pölten — Gußwerk zu erreichen, von Graz aus mit dem Postautobus Graz — Mariazell.

Abb. 1 zeigt die Lage der Sauwand.

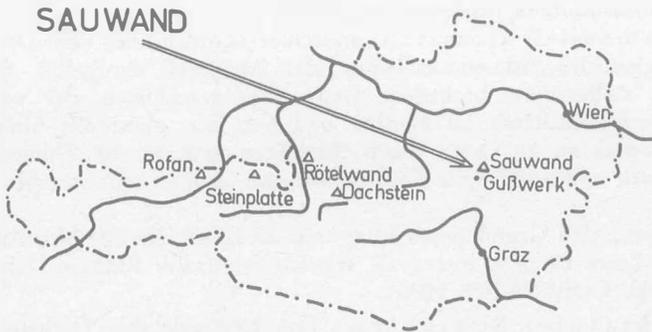


Abb. 1. Lage des Sauwand-Riffes nordöstlich von Gußwerk (Steiermark) und der zum Vergleich herangezogenen obertriadischen Riffe der Nördlichen Kalkalpen. (Maßstab 1 : 7,000,000)

1. 2 Geologie der Sauwand

Voraussetzung für die mikrofaziell-geochemische Untersuchung des Gebietes war eine geologische Kartierung im Maßstab 1 : 10 000. Als topographische Unterlagen dienten die Karte 1 : 25 000 (Sect. 4854/2, 4854/4, 4855/3, 4955/1) der alten Österreichischen Landesaufnahme und die Luftbildaufnahmen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen. Alle Kartenunterlagen wurden photographisch auf 1 : 10 000 vergrößert.

Über die Ergebnisse der geologischen Detailkartierung wurde gesondert berichtet (E. FLÜGEL 1963 c).

Die Sauwand liegt, wie bereits HAUER (1853) erkannte, in einem tektonischen Starkwirkungsbereich. Dieser äußert sich sowohl in zahlreichen Störungen, welche das Gebiet nach verschiedenen Richtungen durchsetzen, als auch in den gestörten Lagerungsverhältnissen im Osten und Norden des Bergzuges. Diese Störungen stehen mit dem Störungssystem der „Mariazeller-Puchberg-Linie“ einerseits und mit lokal wirksamen Lineationen wie z. B. der „Gußwerk-Linie“ andererseits in Zusammenhang. Die Aufschiebung von stratigraphisch älteren Schichten auf jüngere Schichten am Ostende der Sauwand weist auf die Existenz eines komplizierten Decken-Baues hin. Diese großtektonisch wirksamen Störungen berühren jedoch die innere Geschlossenheit des Riffkalk-Zuges nicht; sie gestatten vielmehr eine gute Begrenzung des Untersuchungsgebietes. Andererseits sind sie dafür verantwortlich, daß nur ein Ausschnitt aus dem ursprünglich vorhanden gewesenen umfangreichen Riff-Komplex zu beobachten ist; es fehlen die Sedimente des sich an den fore-reef-Bereich anschließenden Beckens.

Im einzelnen ließen sich folgende Zeit-Gestein-Einheiten (im Sinne von KRUMBEIN & SLOSS 1955) auskartieren:

(a) Werfener Schichten: Rote, streuglimmerführende Quarzsandsteine und mürbe, sandige Tonschiefer bauen die alte Hochfläche des Gehöftes Eibelbauer auf. Die in den vernästen Wiesen im allgemeinen nur als Lesesteine

auftretenden Gesteine überlagern die Mürztaler Schichten und die Dachsteinriffkalke. Da die Werfener Schichten ihrerseits von Ablagerungen der Oberkreide überdeckt werden, erscheinen sie vorgosauisch auf obertriadische Schichten aufgeschoben.

Die Datierung als Skyth ergibt sich aus dem Auftreten von Lamellibranchiaten (*Anodontophora fassaensis* WISSMANN).

(b) Ramsau-Dolomit: Unmittelbar nördlich über dem Ort Gußwerk ist am Beginn des Promenadenweges nach Mariazell ein heller, kleinstückig brechender, stellenweise brekziöser Dolomit aufgeschlossen, der vom überlagernden Dachsteinriffkalk im Norden und von den gleichfalls überlagernden Mürztaler Schichten im Osten durch Störungen getrennt ist. Dünnschliffe zeigen eine stark umkristallisierte Grundmasse mit einigen unbestimmbaren Dasycladaeae.

Datierung: Auf Grund seiner Lagerung als Liegendes der Mürztaler Schichten wurde dieser Dolomit bisher als anisich-ladinischer Ramsau-Dolomit angesprochen (vgl. CORNELIUS 1939).

(c) Mürztaler Schichten: Das Liegende des Dachsteinriffkalkes bildet im Süden der Sauwand, in der Umgebung des Herterbauerkogels und westlich sowie südwestlich des Stockerbauerkogels eine Gesteinsgruppe, die bisher nur lithofaziell gegliedert werden konnte (E. FLÜGEL 1963 c). Mit Hilfe von mikrofaziellen und geochemischen Methoden ließen sich vom Liegenden zum Hangenden folgende lithofazielle Einheiten unterscheiden: graue, schlecht gebankte Dolomite ohne Fossilreste, darüber gebankte, graue Dolomite mit deutlicher Gradierung und in ss eingelagerten Hornsteinen. Diese Einheiten verzahnen sich mit dunklen, gut gebankten Kalken und hell-dunkel-gebänderten Kalkschiefern, welche die Hauptmasse der Mürztaler Schichten bilden. In diesen dunklen Kalken finden sich neben Kleinforaminiferen relativ häufig Echinodermen-Fragmente. Im Hangenden folgen einerseits gut gebankte Kalke mit zahlreichen Sphären (vermutlich Radiolarien) und andererseits eine durch gehäuft auftretende Echinodermen-Reste und auffallend hohe SrCO_3 -Werte gekennzeichnete und im Gelände gut verfolgbare Serie aus dunkelgrauen, gut gebankten Kalken. Lokal treten calcilitische Kalke mit deutlichen Anzeichen von Resedimentation auf. Am Hang des Stockerbauerkogels fanden sich oolithische Kalke.

Die Datierung der Mürztaler Schichten, die im Gebiet südlich der Sauwand ihre Typlokalität haben (vgl. SPENGLER 1925), ergibt sich aus der Auswertung der wenigen bisher in dieser Gesteinsgruppe gefundenen Fossilien als Karn und Nor.

(d) Dachstein-Riffkalk: Vom Ramsau-Dolomit im Südwesten durch eine Störung getrennt, bildet der stellenweise schlecht gebankte, meist jedoch ungeschichtete, im Streichen um E-W pendelnde Dachstein-Riffkalk der Sauwand den Hauptzug der Sauwand und die Gipfelpartien des Herterbauerkogels und des Stockerbauerkogels. Gegen Süden ist der Riffkalk durch Störungen begrenzt. Lokale Brüche durchsetzen die Sauwand im Norden und im Gebiet westlich vom Herterbauersattel, wo einzelne, isolierte Riffkalk-Vorkommen auftreten. Bei generellem NW-SE Streichen fallen die Riffkalke der Sauwand mittelsteil bis steil gegen Südwesten ein. Sie überlagern im gesamten Raum südlich der Sauwand die Mürztaler Schichten, wobei es nicht einwandfrei zu entscheiden ist, ob zwischen beiden Schichtgruppen eine Winkeldiskordanz besteht oder nicht (vgl. E. FLÜGEL 1963 c).

Auf Grund der in den Riffkalcken auftretenden artenreichen Fauna und

Flora ist der Dachstein-Riffkalk der Sauwand als altersgleich mit anderen, mikrofaziell untersuchten Riffbildungen der alpinen Ober-Trias anzusehen und, gleich wie diese, in das Rhät einzustufen.

(e) **Gosau-Schichten**: Die östliche und nordöstliche Begrenzung des Riffkalkes bilden Brekzien, Sandsteine, Mergel und Kalke, welche weiter im Osten die Gosau-Becken von Washuben und Mooshuben aufbauen. Die Schichten wurden nur soweit auskartiert, als für die Begrenzung der Riffkalke gegen Osten notwendig war. Einige isolierte, als Lesesteine vorliegende Vorkommen finden sich im Gebiet der Mürztaler Schichten südlich der Sauwand.

In Schliffen von Sandsteinen und Kalken konnten Großforaminiferen, Bryozoen, Korallen und Algen festgestellt werden. Durch das Vorkommen von *Orbitoides apiculata gruenbachensis* PAPP ist für einen Teil dieser Gosau-Schichten der Nachweis von unterem Maastricht erbracht.

II/2 Mikrofazies

Im Zusammenhang mit der geologischen Kartierung wurden zahlreiche Riffkalk-Proben gesammelt, die nach den eingangs geschilderten Methoden der mikrofaziellen Analyse untersucht wurden. Von den zum Teil orientiert entnommenen Proben wurden über 100 Dünnschliffe und Folien-Abzüge angefertigt.

Die Dünnschliff-Analyse wurde durch die Untersuchung von zahlreichen Anschliffen ergänzt.

Nachfolgend werden die in den Schliffen typisierbaren mikrofaziellen Merkmale besprochen:

2. 1 Mikrofazies der Dachsteinriffkalke

2. 1. 1 Mikrofazielle Merkmale

(A) Grundmasse

Verteilung von Mikrit und Sparit

Tab. 1.: Klassifikation von 100 Dünnschliffen der Riffkalke nach dem Schema von FOLK 1959.

| | | |
|--------|------------------------|----|
| Sparit | Biosparit | 30 |
| | Intrasparit | 22 |
| Mikrit | Biomikrit | 30 |
| | Intramikrit | 4 |
| | Pelmikrit | 6 |
| | fossilführender Mikrit | 2 |
| | fossilfreier Mikrit | 6 |

Die quantitative Verteilung von Mikrit (feinkörnige, wenig umkristallisierte Grundmasse, im Durchlicht meist dunkel erscheinend) und Sparit (spätige Grundmasse mit deutlicher Kornvergrößerung, im Durchlicht hell) ist ungefähr die gleiche. In der räumlichen Verteilung von Proben mit Mikrit und mit Sparit ist eine gewisse Gesetzmäßigkeit gegeben, da im Bereich der W-Flanke der Sauwand Mikrit fast völlig fehlt und gleichbleibend nur Bio- bis Intrasparit

auftritt. In den übrigen Teilen der Sauwand sind Mikrit und Sparit unregelmäßig verbreitet.

Einige Korngrößen-Messungen zeigen, daß die mikritische Matrix auffallend gleichkörnig ist (ϕ unter 0,01 mm), wie dies auch der Definition des Mikrites bei FOLK (1959) entspricht. Da fast alle Proben Anzeichen von verschieden starker Umkristallisation aufweisen (vgl. S. 54), wurde von einer statistischen Auswertung der Korngrößenmessungen abgesehen.

Farbe

Die Farbe wurde visuell im frischen Bruch durch Vergleich der trockenen Proben mit den auf der Rock-Color-Chart (Geol. Soc. America 1951) verzeichneten Farben festgestellt.

Eine Zusammenstellung der bei 40 Proben ermittelten Farbwerte zeigt einen auffallend gleichbleibenden Farbwert (grau) mit quantitativ \pm gleichmäßig verteiltem Sättigungsgrad. Nur einige Proben (aus dem fore-reef-Bereich, vgl. S. 53) besitzen abweichende Farben (grauschwarz, N 2) und gleichen farbmäßig Proben aus den Mürtzaler Schichten, deren Farben N 2, N 3 und N 4 entsprechen.

Tab. 2: Farbverteilung bei 40 Proben aus den Riffkalken (Rock-Color-Chart 1951)

| Farbe | Symbol | Zahl der Proben |
|--------------------|--------|-----------------|
| grauschwarz | N 2 | 3 |
| mittleres Grau | N 5 | 9 |
| mittleres Hellgrau | N 6 | 10 |
| hellgrau | N 7 | 18 |

An einzelnen Stellen treten in den Riffkalken unregelmäßig verteilte, cm-große, eckig begrenzte Scherben auf, die eine auffallend rote Färbung haben (gleichmäßig rötlichbraun 10 R 4/6) und in Schliffen immer eine mikritische Matrix erkennen lassen. Die besten Proben stammen vom Fpt. 7, etwa 100 m SE der verfallenen Alpenrosenhütte, am Feldweg auf der Almwiese, wo in hellgrauen Riffkalken Scherben mit einer Maximallänge von 10 cm auftreten. Die wesentliche mikrofazielle Bedeutung dieser Scherben wird weiter unten besprochen (S. 79).

(B) Komponenten

Als Komponenten wurden in Schliffen der Riffkalke Biogene, Intraklaste und Pseudooide festgestellt. Onkoide und Ooide fehlen.

Bei den Intraklasten handelt es sich nur in wenigen Fällen um Intraklaste mit deutlichen, eingeschlossenen Komponenten. Vielfach finden sich feinkörnige Intraklaste mit dicht liegenden, schwer unterscheidbaren Pseudooiden bzw. Intraklaste, die aus Mikrit bestehen und keine Struktur aufweisen. Derartige Intraklaste wurden von Pseudooiden auf Grund ihrer Größe und im allgemeineren schlechteren Rundung unterschieden.

Die mikrofazielle Typisierung dieser Merkmale kann unter Berücksichtigung folgender Punkte geschehen:

- (a) Paläontologische Bestimmung der Komponenten (S. 15)
- (b) Größe der Komponenten (S. 18)
- (c) Textur der Komponenten (S. 20)

(d) Rundung und Sphärizität (S. 21)

(e) Häufigkeitsverteilung (S. 25)

(a) Paläontologische Bestimmung der Komponenten.

Das Ergebnis der paläontologischen Bestimmung der Riffkalk-Schliffe ist in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Bei den in der Tabelle angeführten Zahlen handelt es sich um die Nummern der Fundpunkte:

W-Flanke der Sauwand: 13 — Promenadenweg, 51 — etwa 30 m über dem Promenadenweg, 86 — Promenadenweg.

Kammregion der Sauwand: 1, 2, 3 — Gipfelplateau der Sauwand, 5 — Felskopf ca. 50 m SW Alpenrosenhütte.

S-Flanke der Sauwand und Herterbauerkogel: 18 — Aufschluß in der Wiese W Graben bei Kote 900, 68/1 — Plateau des Herterbauerkogels, P. 43, 68/5 — Plateau des Herterbauerkogels, westlichster bezeichneter Punkt P. 47, 110 — südöstliche Begrenzung des Herterbauerkogels, 38 — Felswand NE Herterbauersattel, 38/5 — S-Flanke der Sauwand bei der Forstmarkierung KK 34, 37/1 — W-Begrenzung des Herterbauersattels, 47 — Felswand NW Eibelbauer, 96 — etwa 100 m W Fpt. 47, 31 — E Fpt. 47.

Stockerbauerkogel: 30 — nordwestliche Kammregion.

E-Flanke der Sauwand und Plateau der Alpenrosenhütte: 8 — Weg Eibelbauer-Alpenrosenhütte bei Kote 1200, 9 — SE Fpt. 8 oberhalb der Weggabelung, 10 — P. 1082 N Eibelbauer, 7 — Plateau der Alpenrosenhütte, ca. 100 m SE Alpenrosenhütte, 15 — Weg-Alpenrosenhütte-Kogler bei Kote 1220, 75 — Weg Eibelbauer-Sauwand bei Kote 1120, 76 — Lesestein am Weg ca. 100 m S Alpenrosenhütte, 77 — Plateau der Alpenrosenhütte, bei der isoliert stehenden Fichte.

N-Flanke der Sauwand: 78, 79, 80, 81, 82 — Abstieg vom Alpenrosenhütteplateau zum Koglerbauer.

NW-Flanke der Sauwand: 84, 85 — oberhalb des Fahrweges Koglerbauer-Salzatal etwa bei Kote 980.

Lesesteine („Vorriff-Blöcke“): 74 Q — Weg Stockerbaueralm-Bundesstraße bei Kote 1000, 100 — Bacheinschnitt N Gehöft Stockerbauer.

Die in Schliften von Proben von der Sauwand-Westflanke festgestellten Fossilien sind in summarischer Form aus Abb. 11 ersichtlich.

Außer diesen Biogenen wurden weitere Fossilien in Proben von der Südflanke der Sauwand und in der Umgebung der Alpenrosenhütte bestimmt, vgl. Tab. 5.

Folgende in den Fossilisten verwendeten Namen werden in einer derzeit im Druck befindlichen Arbeit (E. FLÜGEL 1963 a) beschrieben und sind augenblicklich als *n o m i n a n u d a* anzusprechen: *Peronidella communis*, *Peronidella fischeri*, *Montlivaultia alpina*, *Montlivaultia pseudomarmorea*, *Paramonotrypella styriaca*, *Parachaetetes johnsoni*, *Solenopora endoi*. Die Beschreibung der im Rahmen der Offenen Nomenklatur benannten Formen findet sich ebenfalls bei E. FLÜGEL (1963 a).

Tab. 3. In Dünschliffen feststellbarer Fossilinhalt der Sauwand-Riffkalke

| Probennummer Fossilien | Sauwand- W-Flanke | | | Sauwand- Kamm-Region | | | Sauwand- S-Flanke und Herterbauer- kogel | | | | | | | Stockerbauer- kogel | Sauwand- Ostflanke und Plateau | | | | | | | Sauwand- Nord- Flanke | | | | Sauwand- NW-Flanke | | Lese- steine | | | | | | | | |
|---|----------------------|----|----|-------------------------|---|---|--|----|------|------|-----|----|------|------------------------|---|----|----|----|---|---|----|-----------------------------|----|----|----|-----------------------|----|-----------------|----|----|----|----|----|-----|-----|--|
| | 13 | 51 | 86 | 1 | 2 | 3 | 5 | 18 | 68 1 | 68 5 | 110 | 38 | 38 5 | 37 1 | 47 | 96 | 31 | 30 | 8 | 9 | 10 | 7 | 15 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 84 | 85 | 74Q | 100 | |
| Foraminiferen ind. | X | | | | X | X | X | X | X | | X | | | | | | | X | X | | | | | X | | | | | | X | | | X | X | | |
| Foram. Typus A | | | | | | | | X | | | | | | | X | X | | X | X | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| Foram. Typus B | | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| Foram. Typus C | | | | | | | | X | | | | | | | | X | | X | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | |
| Milioliden | | | | | X | | | X | X | | | | | X | | | | X | | | | X | | | | | | | | | X | | | | | |
| <i>Angulodiscus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Involutina</i> sp. | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Trocholina</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| <i>Triasina</i> cf. <i>hantkeni</i> MAJZON | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| <i>Labyrinthina</i> <i>mirabilis</i> WEYNSCHENK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| Rotaliidea Form A | X | | | | | X | | | | X | | | | | | | X | | X | | X | X | | | | | | X | X | | | | | | | |
| Nubecularien | | | | | | | | X | | | | | | | X | | | X | | X | X | X | X | X | | X | X | X | | | X | | | | | |
| Spongien indet. | | | | X | X | X | X | X | | X | | X | X | X | X | X | | | | | X | X | | | | | X | X | | | | | | | | |
| <i>Peronidella communis</i> FLÜGEL | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spongien Typus y | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | X | | | | |
| <i>Stellispongia</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| <i>Thecosmilia</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| <i>Montlivaultia</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |

Wie auch bei anderen mikrofaziellen Untersuchungen erwies es sich von Vorteil, auch die nicht näher determinierbaren Fossilreste qualitativ zu erfassen. Hierbei war die Arbeit von JOHNSON (1951) von großem Wert.

(b) Größe der Komponenten

Im Anschluß an die qualitative Trennung der Komponenten wurde deren quantitative Typisierung in der Weise durchgeführt, daß von Biogenen, Intraklasten und Pseudooïden der im Schliff erkennbare größte Durchmesser bestimmt wurde (Meßokular, 60fache Vergrößerung). In den meisten Schliffen wurden 100 Komponenten gemessen, in einigen 50 und in einigen wenigen 30. Die graphische Darstellung dieser Werte erfolgte durch Histogramme, Summen- und Häufigkeitskurven (vgl. TWENHOFEL & TYLER 1941).

Einige Histogramme, welche die Verteilung der Komponenten-Größen zeigen, sind auf Abb. 2 dargestellt. Abb. 3 zeigt die Korngrößenunterschiede der verschiedenen Komponenten.

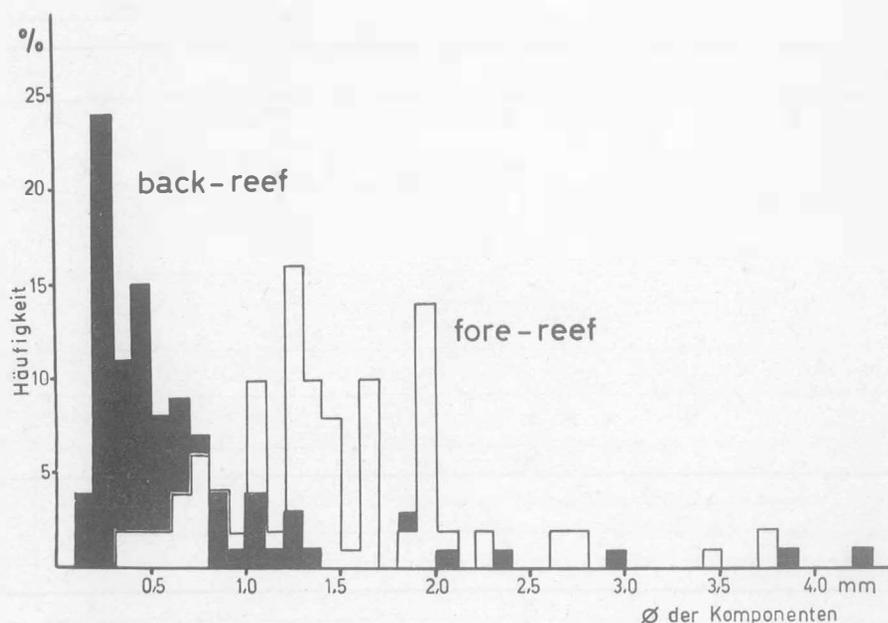


Abb. 2. Verteilung der Korngrößen im back-reef- und fore-reef-Bereich. Sammeldiagramm aus je 25 Schliffen.

Die Häufigkeitsmaxima der Komponenten-Durchmesser bleiben in Proben von der Westflanke der Sauwand nahezu gleich. Die Größe der Komponenten zeigt nur zwischen Proben aus dem Ostteil und dem Westteil der Sauwand deutlichere Unterschiede.

In Tab. 4 sind einige Kornkennzahlen der Komponenten der Rifflanke zusammengestellt. Die Werte wurden aus den Summenkurven ermittelt. Die mittlere Korngröße ist als Median (Md-Wert) angegeben, die Sortierung als Sortierungskoeffizient nach TRASK (1932) und zusätzlich auch nach dem Sortierungskoeffizient von INMAN (1952). Da so die geringprozentigen Werte nicht

berücksichtigt, wird in den letzten Jahren immer häufiger der INMAN-Wert verwendet (vgl. SINDOWSKI in BENTZ 1961).

Beide Kennzahlen zeigen, daß die Sortierung bei nahezu allen Proben (bis auf Probe 79) gut ist und zur alleinigen Kennzeichnung von verschiedenen Mikrofazies-Typen nicht herangezogen werden kann.

Nach den Korngrößen sind bei den Komponenten Unterschiede gegeben: Pseudooide einerseits und Biogene + Intraklaste andererseits sind, wie die Histogramme zeigen, durch die Häufigkeitsmaxima ihrer Durchmesser deutlich

Tabelle 4: Mittlere Korngröße (Md) und Sortierung (So, σ_0) der Komponenten

| Fundpunkt | Probe | Mikro- fazies | Gemessene Merkmale | Md | So | σ_0 |
|---------------------------------------|-------|------------------|--|------|------|------------|
| 45/1 Sau- wand-W | 89 | 2 | Biogene | 0,60 | 1,41 | 1,73 |
| 45/2 Sau- wand-W | 113 | 2 | Biogene | 0,65 | 1,37 | 1,60 |
| 45/3 Sau- wand-W | 114 | 2 | Biogene Intraklaste | 0,28 | 1,29 | 1,48 |
| 45/5 Sau- wand-W | 116 | 2 | Biogene | 0,36 | 1,48 | 1,73 |
| 45/6 Sau- wand-W | 79 | 2 | Biogene | 0,50 | 1,61 | 1,83 |
| 45/8 Sau- wand-W | 82 | 2 | Biogene Intraklaste | 0,45 | 1,42 | 1,58 |
| 13 Prome- nadenweg | 50 | 2 | Intraklaste | 0,38 | 1,31 | 1,44 |
| 80, Sau- wand-N | 109 | 2 | Echinodermen- und Mollusken- Fragmente | 0,64 | 1,32 | 1,53 |
| 82, Sau- wand-NO | 88 | 2 (9) | Algen-Reste | 3,5 | 1,24 | 1,52 |
| 30, Stocker- bauerkogel | 13 B | 2 | Biogene Intraklaste | 0,26 | 1,21 | 1,67 |
| 30, Stocker- bauerkogel | 25 | 2 | Pseudooide | 0,07 | 1,36 | 1,48 |
| 68/5 Herter- bauerkogel | 108 | 3 | Pseudooide | 0,08 | 1,39 | 1,51 |
| 68/1 Herter- bauerkogel | 107 | 3 | Biogene Intraklaste | 0,48 | 1,33 | 1,58 |
| 5 NW Alpenrosen- hütte | 6 | 3 | Biogene | 0,32 | 1,26 | 1,58 |
| 49 A, Block S Stocker- baueralm | 120 | 4 | Biogene Foraminiferen | 1,4 | 1,26 | 1,43 |

unterschieden, während in der Durchschnittsgröße der Biogene und der Intra-
klaste keine auffallenden Unterschiede bestehen. Hingegen lassen sich unter den
Biogenen nach der Größe der Komponenten verschiedene Gruppen trennen, bei
welchen Echinodermen- und Molluskenreste in ihren Durchmessern charakteri-
stische Häufigkeitsmaxima zwischen 0,4 und 0,7 mm haben; derartige Maxima

treten auch bei den von Echinodermen herrührenden Biogenen in Proben vom Mikrofazies-Typus 6 der Mürztaler Schichten auf (vgl. E. FLÜGEL 1963 c).

Die Sortierung ist im gesamten Bereich der Sauwand \pm gleichförmig gut. Unterschiede zeigen sich zwischen den Proben von der W-Flanke der Sauwand und zwischen Proben von der Ost-Flanke.

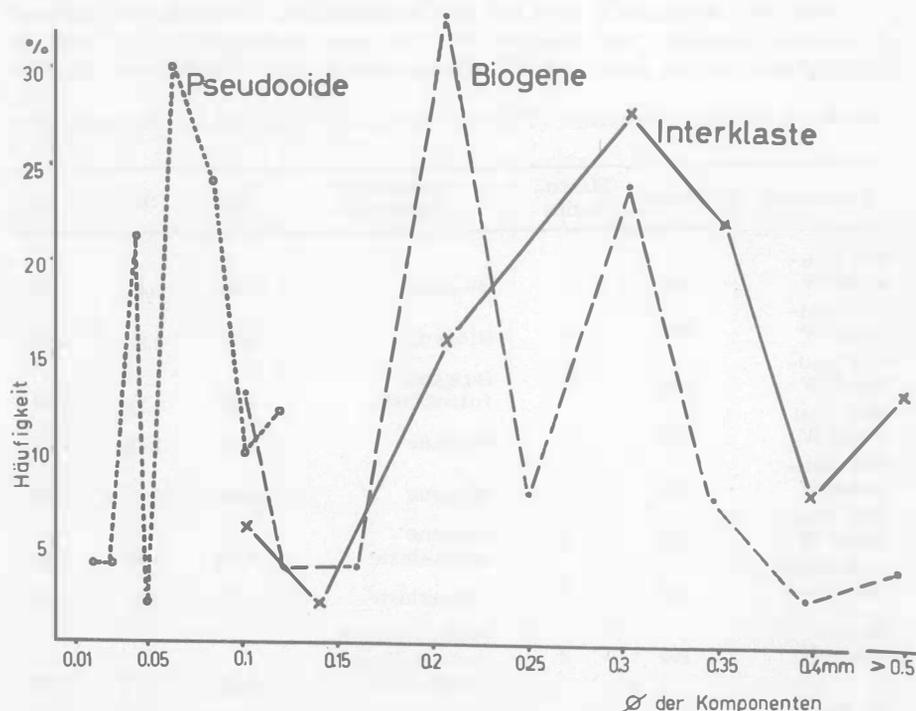


Abb. 3. Korngrößenunterschiede der Komponenten. Sammeldiagramm aus 30 Schliffen.

Von der Angabe des Klastizitätsindex (CAROZZI 1951) wurde abgesehen, da dieser Wert in Schliffen aus den Rifffalken nicht signifikant wäre. Er würde lediglich den Durchmesser eines nicht zerkleinerten und vermutlich auch nicht weit transportierten Fossilbruchstückes wiedergeben. Die Histogramme auf Abb. 2 zeigen deutlich, daß derartige große Komponenten außerhalb der Normalverbreitung liegen. Meist handelt es sich um Fragmente von Mollusken, deren Lebensbereich möglicherweise das Schuttareal war und die daher kein Maß für die Transportkraft des Wasser abgeben können.

(c) Textur der Komponenten

Nach der Verteilung der verschieden oder \pm gleich großen Komponenten läßt sich Grob-Detritus und Fein-Detritus unterscheiden, wobei im ersten Fall das Schliffbild durch große Komponenten (meist Algen, Spongien etc.) + viele kleine Komponenten (Biogene, Intraklaste) gekennzeichnet ist; die Sortierung ist im allgemeinen schlechter als beim Fein-Detritus, der im Schliff zahlreiche kleine, meist gut sortierte Komponenten zeigt. Die hier verwendete Unterscheidung von Grob- und Fein-Detritus geht vom Schliff-Bereich aus. Sie läßt sich aber in den meisten Fällen ohne besondere Schwierigkeiten auf andere

Untersuchungsbereiche (Handstück bis Aufschluß) übertragen. Grob- und Feindetritus stellen wichtige mikrofazielle Unterscheidungsmerkmale dar.

Geopetale Gefüge sind in mehrfacher Weise ausgebildet:

Den einfachsten und häufig vertretenen Typus stellen Mollusken-Schalen dar, welche — gehäuft auftretend — die Stellung „gewölbt-oben“ (R. RICHTER 1942, A. H. MÜLLER 1950) zeigen; derartige Geopetalgefüge fanden sich insbesondere in Proben von der N-Flanke der Sauwand. — Ein anderer Typus ist in Form von „fossilen Wasserwaagen“ ausgebildet, wobei eine Sparthaube unter der Wölbung von Mollusken- und Ostrakoden-Schalen das ursprüngliche „Oben“ angibt. — Selten finden sich in Riffkalk-Schliffen primäre Kleinhöhlen, die eine als „Sandfang“ (SANDER 1936) ausgebildete mechanische Interanlagerung zeigen, vgl. S. 25.

Häufiger tritt gradierte Schichtung auf, die in der Gradierung von Pseudooïden das primäre Oben angibt. Hierbei können die gradierten Pseudooïde sowohl in als auch außerhalb von Kleinhöhlen auftreten (vgl. Abb. 10).

Der Durchmesser der an der Basis von gradierten Pseudooïden liegenden Körner ist im allgemeinen größer als der durchschnittliche ϕ der Pseudooïde der Riffkalke, was darauf zurückzuführen sein mag, daß die in ursprünglicher Größe sedimentierten größeren Körner nicht wie die übrigen Pseudooïde mehrfach transportiert und dabei zerkleinert wurden. Zwei Schriffe zeigen die Größenverhältnisse:

Fpt. 15, Weg Alpenrosenhütte-Kogler (Schliff 19): größter ϕ der Pseudooïde „unten“ 0,08-0,20 mm, „oben“ 0,02-0,08 mm.

Fpt. 8, Weg Eibelbauer-Sauwand (Schliff 8): „unten“ ϕ zwischen 0,02 und 0,06, meist 0,03-0,04 mm; „oben“ 0,08 bis 0,14, meist 0,10 bis 0,12 mm.

Von besonderem Interesse ist der Umstand, daß gradierte Pseudooïde auch in Proben aus den „Vorriff-Blöcken“ vorkommen (vgl. S. 28).

(d) Rundung und Sphärizität

Um ein zusätzliches Merkmal für den Grad des Materialtransportes zu gewinnen, wurde unter Zuhilfenahme des von KRUMBEIN & SLOSS (1955) gegebenen Schemas Rundung (roundness) und Sphärizität (sphericity) visuell bestimmt, wobei die Komponenten mit den Figuren bei KRUMBEIN & SLOSS (S. 81) verglichen und in Diagramme eingetragen wurden. Die Zahleneinteilung der Diagramme (Abb. 4) beruhen auf den von KRUMBEIN & SLOSS zusammengestellten, mathematisch ermittelten, häufigsten Werten von Rundung und Sphärizität.

Der Vergleich dieser Graphiken zeigt, daß Sphärizität und Rundung nach der Art der Komponenten und zum Teil auch nach der räumlichen Lage der Probenentnahmestellen verschieden sind:

Größere Fossilreste zeigen im allgemeinen eine gute Rundung und eine verschieden ausgebildete Sphärizität, die deutlich von der ursprünglichen Gestalt der Biogene beeinflusst wird; Echinodermen-Detritus, der sich aus länglichen Seeigelstacheln und rechteckigen Siebplatten zusammensetzt, besitzt gute Rundung, aber niedrige Sphärizität. Abgerollte Algen-Kolonien, von ursprünglich nodular- bis kugelförmiger Gestalt zeigen gute Rundung und gute Sphärizität.

Intraklaste und kleinere Biogene haben meist eine gute Sphärizität, während der Grad der Rundung schwankt. Auch hier mag die Sphärizität stark vom Ausgangsmaterial abhängig sein.

Zwischen der Größe der Komponenten und der Rundung bzw. Sphäri-

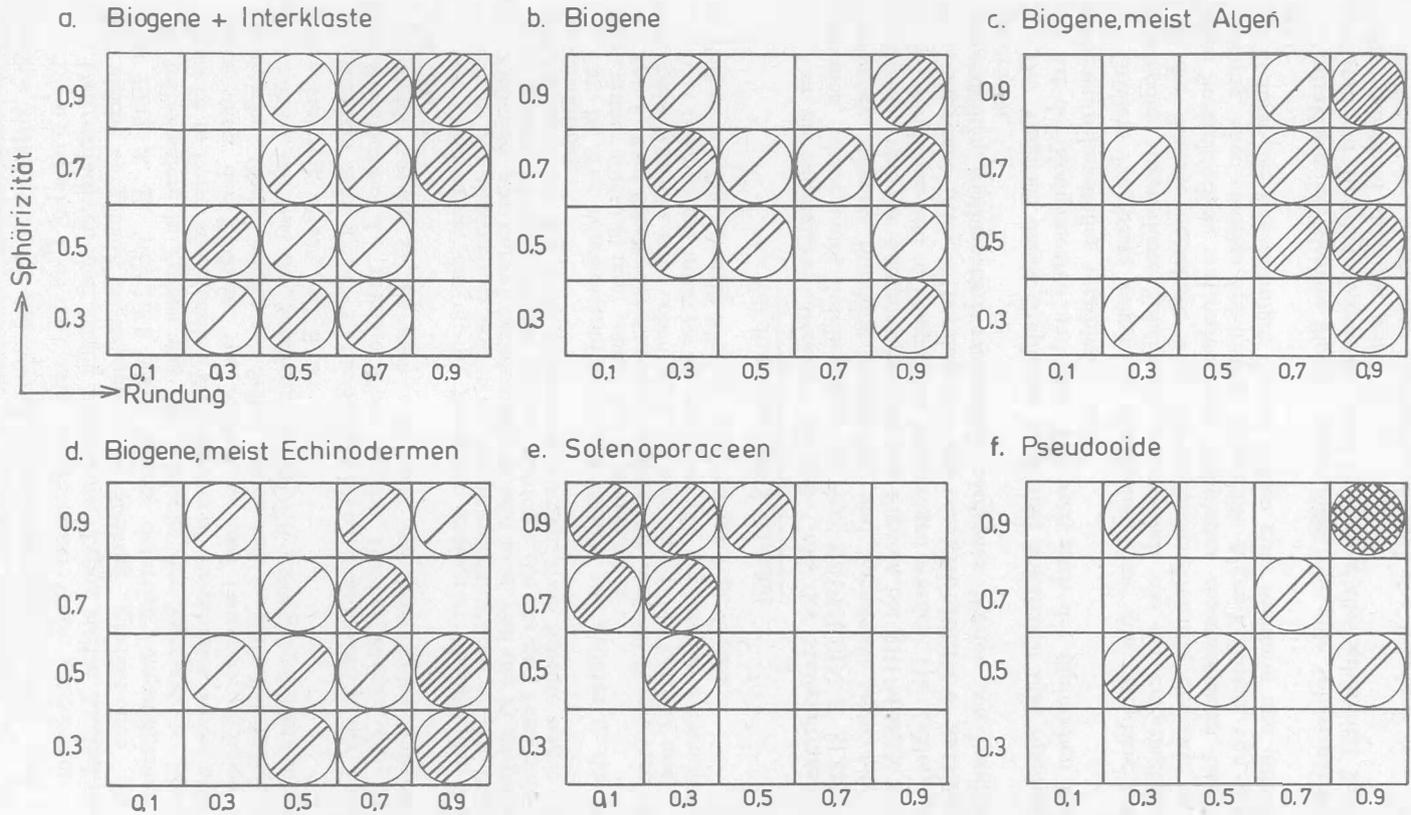


Abb. 4. Rundung und Sphärizität verschiedener Komponenten der Riffkalke, geschätzt nach dem Schema von KRUMBEIN & SLOSS (1955). Jeweils 30—50 Werte pro Schliff. 1 Diagonalstrich entspricht 3,3% in der Häufigkeitsverteilung.

zität scheinen nur bei den Pseudooiden deutliche Zusammenhänge zu bestehen (Abb. 5—6), wo die kleinen Pseudooide eine bessere Rundung und Sphärität

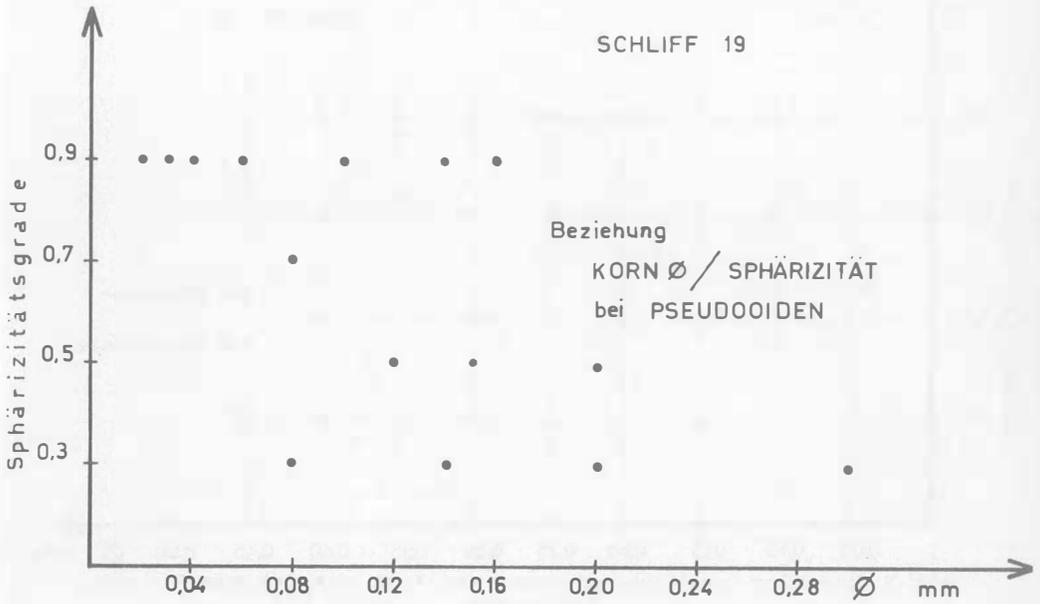


Abb. 5. Beziehung von Korngröße und Sphärität bei Pseudooiden.

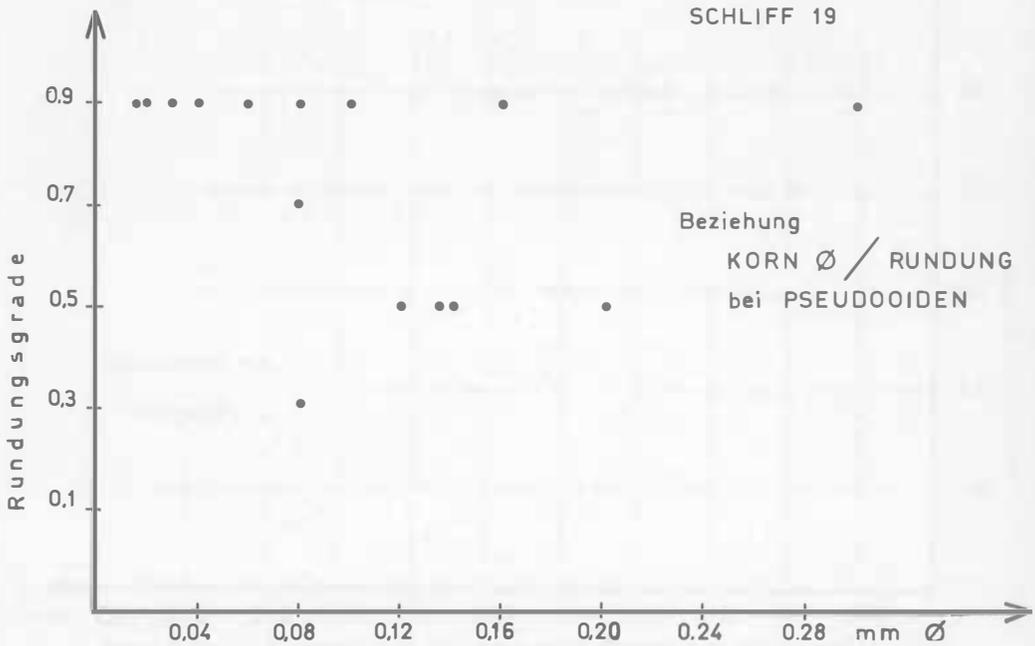


Abb. 6. Beziehung von Korngröße und Rundung bei Pseudooiden.

zeigen als größere Körner. Bei Biogenen und Intraklasten scheint die Kornge-
 stalt von der Korngröße \pm unabhängig zu sein (Abb. 7—8).

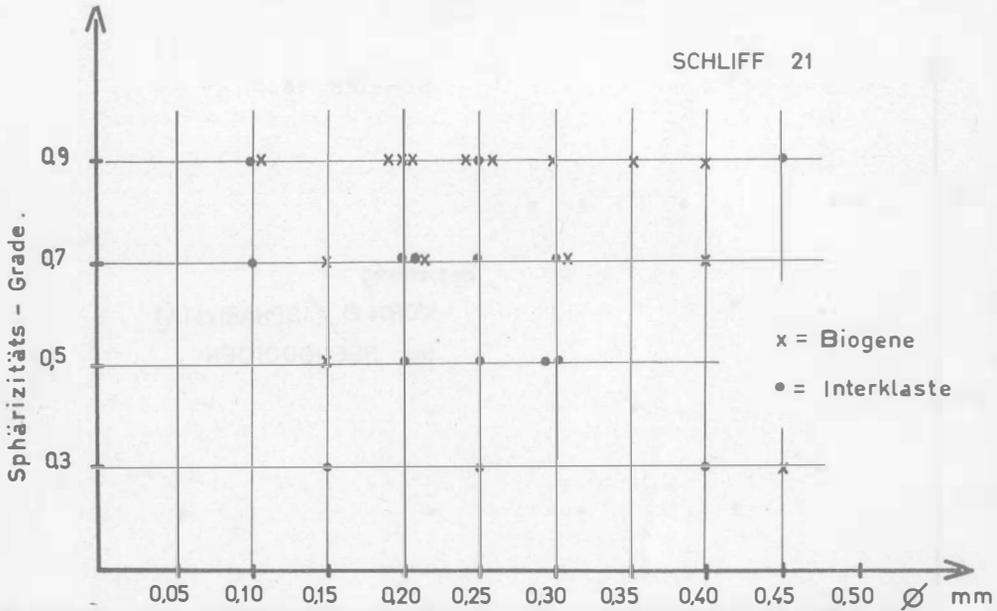


Abb. 7. Beziehung von Korndurchmesser und Sphärität bei Biogenen und Intraklasten.

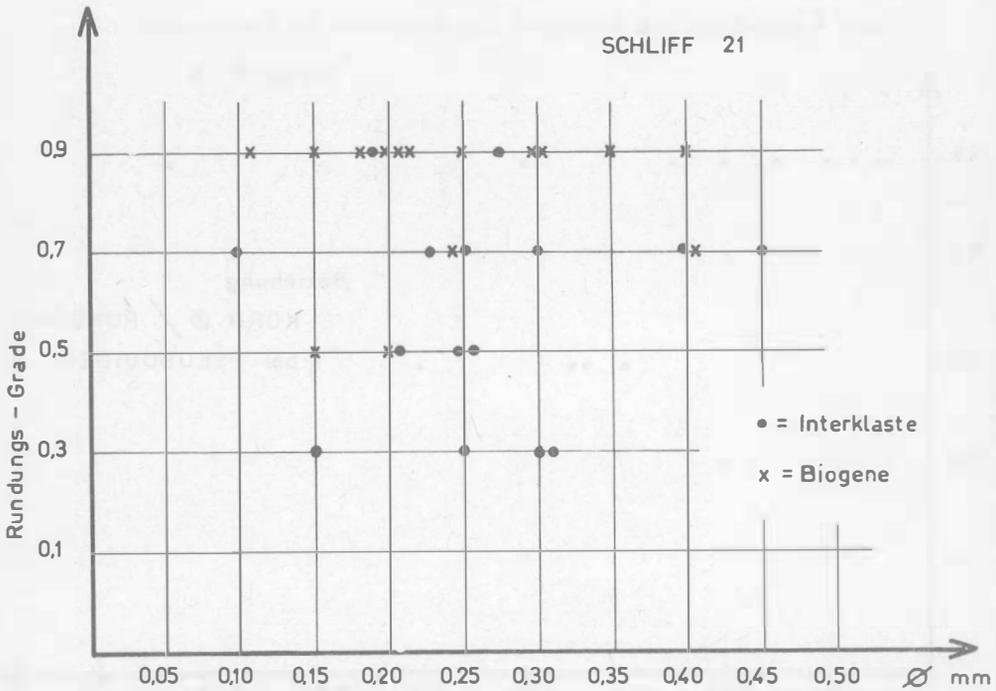


Abb. 8. Beziehung von Korndurchmesser und Rundung bei Biogenen und Intraklasten.

Die hier durchgeführte Verwendung der Begriffe Rundung und Sphärizität weicht von der ursprünglichen Definition etwas ab, entspricht aber der in der Praxis meist unterlegten Ausdruckskraft, wonach unter Rundung die Abnahme der Kanten und unter Sphärizität die Annäherung an die Kugelgestalt verstanden wird.

(e) Häufigkeitsverteilung

Die Häufigkeit der verschiedenen Komponenten untereinander und das quantitative Verhältnis Komponenten : Grundmasse wurde einerseits nach dem Vorschlag von CAROZZI (1958) durch die Auszählung der Komponenten auf einer gleichbleibenden Flächeneinheit (64 qmm) bestimmt und andererseits mit Hilfe des Point-Counter-Okulars (CHAYES 1949) ausgezählt. Die Anwendbarkeit dieses Meßokulars wird aber durch die Größe der Komponenten der Riffkalke und durch die hohe Zahl der zur Erreichung einer genügenden Wahrscheinlichkeit notwendigen Messungen beeinträchtigt. Daher wurde das relative Häufigkeitsverhältnis der Komponenten untereinander nach der Methode von CAROZZI festgestellt, wobei sich für 100 Schliffe ein Verhältnis Biogene (bzw. Biogene + Intraklaste) : Intraklaste : Pseudooide = 60:30:10 ergab. Biogene und Intraklaste sind nicht immer gut unterscheidbar. Die Pseudooide treten im Vergleich mit den anderen Komponenten stark zurück.

In vielen Schliffen nimmt die Grundmasse etwa 50% der Schlifffläche ein, z. B. bei einem repräsentativen Schliff (Fpt. 96, Saurwand-Südflanke, Schliff 111) nach Auszählung mit dem Point-Counter-Okular (150 Okularpunkte) 62 % (36% Sparit in Form von Hohlraumfüllung und 26% Mikrit); der Rest fällt auf postdiagenetische Calcitadern (12%) und auf biogene Komponenten (26%).

Die Häufigkeit der verschiedenen Biogene wird im nächsten Abschnitt besprochen (S. 50).

Ein weitere, quantitative Angabe stellt der „Offenheitsgrad“ (SANDER 1951) dar, der sich aus der Zahl aller Komponenten/Zahl der sich berührenden Komponenten ergibt. Als Bezugsfläche wurden 64 qmm gewählt, die Auszählung erfolgte unter dem Binokular bei 100-facher Vergrößerung. Der Wert kann einerseits zur Kennzeichnung des Verhältnisses Komponenten : Grundmasse herangezogen werden, andererseits ermöglicht er eine Aussage über der Verteilung der Komponenten. Bei den Proben von der W-Flanke der Saurwand liegt der Offenheitsgrad zwischen 8 und 17, meist zwischen 8 und 10, die Werte sind bei allen Proben dieses Raumes auffallend gleichförmig. Stark abweichend ist der Offenheitsgrad von Proben vom Stockerbauerkogel, in welchen der erhaltene Wert bei 2 liegt; es handelt sich um einen, auch durch andere Merkmale unterschiedenen, abweichenden Mikrofazies-Typus („*Angulodiscus*-Kalk“).

(C) Hohlraum-Füllungen

(a) Riffschutt-Sedimentation und Spatbildung

Auf Tafel 2 und 3 sind einige charakteristische, in den Riffkalcken auftretende Hohlraum-Füllungen abgebildet. In Kalcken mit biogener Anlagerung finden sich Kleinhöhlen, welche durch mechanische Interanlagerung geschlossen werden. Als Füllmaterial treten meist Pseudooide auf (vgl. auch Abb. 9). Kleinhöhlen mit chemischer Interanlagerung sind relativ häufig; meist sind diese primären Hohlräume jedoch nicht vollkommen geschlossen (vgl. Fig. 4, Taf. 3). Vereinzelt konnte die von SANDER (1936) und KOCH (1959) als „Sandfang“ beschriebenen Geopetalgefüge beobachtet werden. Ebenso fanden sich Kleinhöhlenfüllungen, die den von BATHURST (1959) beschriebenen Strukturen entsprechen.

Im allgemeinen konnten Hohlraum-Füllungen nur in Proben aus dem mittleren Abschnitt der Sauwand festgestellt werden; sie fehlen an der Sauwand-Westflanke.

Auffallend ist der Umstand, daß Großoolithe, wie sie nach LEUCHS (1928) für die Riff-Fazies bezeichnend sein sollen, im Riffkalk der Sauwand nahezu völlig fehlen.

(b) Rotpelit-Sedimentation

Wie an anderer Stelle ausgeführt wird, treten in primären Hohlräumen des Riffkalkes Einlagerungen von Rotpelit auf. Diese Sedimente stammen aus einem dem eigentlichen Riff-Bereich fremden Ablagerungsraum (vgl. S. 82).

(D) Resedimentation

Umgelagerte und mehrfach sedimentierte Sedimenteile und Fossilreste fanden sich in etwa 60 % der Schriffe. Vor allem in Proben von der Südflanke der Sauwand (Fpt. 38/5, 73, 91 u. a.) zeigen in Intraklasten eingeschlossene Ostrakoden und Molluskenreste mit Sparithauben durch ihre wirre Lagerung Resedimentation an. Sehr häufig sind Geopetalgefüge, insbesondere gradierte Sedimenteile, verstellt.

Ein instruktives Beispiel eines derartigen verstellten und resedimentierten Geopetalgefüges ist auf Abb. 9 schematisch dargestellt:

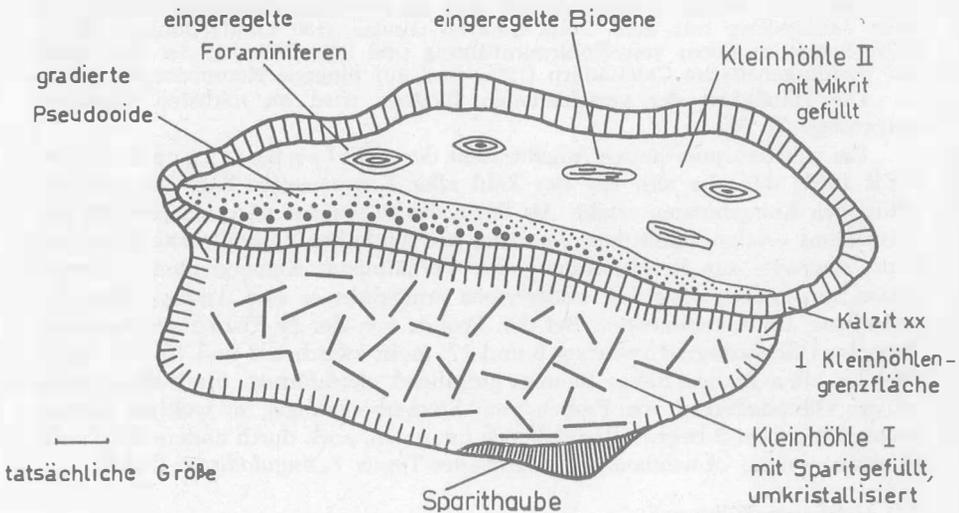


Abb. 9. Kleinhöhlen-Sedimentation und Geopetalgefüge im Riffkalk.

In einer primären Kleinhöhle sind gradierte Pseudooide und darüber Mikrit mit nach ihrer Längsachse eingeregelt Biogenen zu erkennen. Die Wand der Kleinhöhle wird von Calcitkristallen gebildet, die auf der Grenzfläche des Hohlraumes senkrecht aufgewachsen sind. An diese Kleinhöhle schließt sich ein zweiter Hohlraum an, der vollkommen von Sparit erfüllt ist, und nur an seiner Basis einen schmalen Saum von nicht umkristallisierten Mikrit erkennen läßt.

In beiden Kleinhöhlen sind Geopetalgefüge vorhanden (gradierte Pseudooide bzw. Calcithaubenbildung), die für das ursprüngliche „Oben“ jedoch entgegengesetzte Richtungen angeben. Die Erklärung dafür liegt darin, daß zunächst die Kleinhöhle 2 mit Sediment gefüllt wurde; dann kam es zur Umlagerung des Sedimentes und Kleinhöhle 1 wurde zum Teil mit Pseudooiden gefüllt.

Orientierte Schriffe lassen insbesondere im S- und W-Teil der Sauwand das häufige Auftreten von Resedimenten erkennen.

Hier muß auch kurz auf die „Vorriff-Blöcke“ hingewiesen werden — lose, mit Fossilien erfüllte, im Schriff aus eckigen Trümmern aufgebaute Blöcke, deren mikrofazielle und geochemische Merkmale dafür sprechen, daß sie in dem dem fore-reef benachbarten Meeresteil sedimentiert wurden (vgl. S. 53). (E) Para- bis postdiagenetische Bildungen

Hierher sind Mikrostylolithen zwischen Fossilfragmenten oder zwischen Resedimenten zu stellen, wobei die Fugen dieser Drucksuturen häufig durch Erz deutlich gemacht sind. Die Entstehung dieser Strukturen, die sich auch in Kalken der Mürztaler Schichten finden, ist auf im Laufe der Diagenese erfolgte Drucklösung zurückzuführen (v. ENGELHARDT 1960).

Ferner finden sich in vielen Schriffen limonitische Substanzen (Goethit) auf Zwillingslamellen und Spaltrissen des Calcits, wobei häufig winzige, verfilzte Stäbchen zu erkennen sind.

2. 1. 2 Mikrofazies-Typen

Auf Grund dieser Merkmale und mehrmaliger, eingehender Schriffvergleiche lassen sich die Proben aus den Riffkalken 7 Mikrofazies-Typen zuweisen:

(A) Definitionen

(a) Mikrofazies 1 (Taf. 1, Fig. 1—4)

Mikrit bzw. Sparit mit großen, nicht zerkleinerten und wenig transportierten Fossilresten (Spongien, Solenoporaceen, Korallen, Würmer), die fast immer biogene Anlagerungen durch sessile Foraminiferen (Nubecularien) und von *Microtubus communis* zeigen.

Material und Vorkommen:

| | Fundpunkt | Schriff |
|------------------|-------------------------------------|---------|
| Sauwand-NW | 85 NW-Flanke der Sauwand | 68 |
| Herterbauerkogel | 110 Herterbauerkogel-Ostflanke | 65 |
| Sauwand-E | 31 NW Eibelbauer | 35 |
| | 31 NW Eibelbauer | 23 |
| | 96 SE-Flanke der Sauwand | 111 |
| Sauwand-Plateau | 5 NW Alpenrosenhütte | 4 |
| | 9 Weg Eibelbauer-Alpenrosenhütte | 32 |
| | 1 Sauwand-Kamm, östlicher Vorgipfel | 33 |
| Sauwand-N | 76 Plateau der Alpenrosenhütte | 77 |
| | 15 Weg Alpenrosenhütte-Kogler | 19 |
| | 78 Weg Alpenrosenhütte-Kogler | 136 |

(b) Mikrofazies 2 (Taf. 4, Fig. 1—4, Taf. 5, Fig. 1—2, Taf. 6, Fig. 1—2)

Gut sortierter Biosparit, meist Fein-Detritus. Als Komponenten ± gleichgroße (0,2—0,5 mm) Biogene und Intraklaste, Offenheitsgrad 8—10. Pseudo-oide sind selten.

Material und Vorkommen:

| | Fpt. | | |
|-------------------|------|-----------------------------------|------|
| Sauwand-W | 45 | Profil W-Flanke der Sauwand | |
| Sauwand-NW | 80 | Sauwand-NW | 109 |
| | 82 | Sauwand-NW | 88 |
| | 13 | Promenadenweg | 50 |
| Sauwand-W | 51 | 30 m E über Promenadenweg | 96 |
| | 2 | Sauwand-Kamm, westlichster Gipfel | 21 |
| Stockerbauerkogel | 30 | Stockerbauerkogel-Kamm | 25 |
| | 30 | Stockerbauerkogel-Kamm | 13 B |

(c) Mikrofazies 3 (Taf. 2, Fig. 2—3)

Mikrit und Sparit mit großen Fossilresten mit biogenen Anlagerungen (Spongiostromen etc.) \pm verschiedenartig sortiertem Detritus, zum Teil mit Pseudoiden.

Material und Vorkommen:

| | | | |
|-------------------|------|-----------------------------------|-----|
| Sauwand-N | 79 | Sauwand-N | 57 |
| Herterbauerkogel | 68/5 | Herterbauerkogel | 108 |
| | 95 | Sauwand-SE | 67 |
| Sauwand-E | 7 | Sauwand-E, E Alpenrosenhütte | 36 |
| | 5 | NW Alpenrosenhütte | 6 |
| Alpenrosenhütte | 5 | NW Alpenrosenhütte | 10 |
| Sauwand-Kamm, E | 3 | Sauwand-Kamm, östlicher Vorgipfel | 34 |
| Stockerbauerkogel | 30 | Stockerbauerkogel | 27 |

Dieser Mikrofazies-Typus unterscheidet sich von Mikrofazies 1 durch das gemeinsame Auftreten von großen biogenen Komponenten (Korallen, Spongien, Rotalgen) und von unterschiedlich sortiertem Detritus.

Von besonderem Interesse sind die Schiffe 27 und 34, da sie Übergänge zu Mikrofazies 2 erkennen lassen: Schliff 27 vom Stockerbauerkogel zeigt große Fossilreste (*Stellispongia* etc., Brachiopoden-Reste, *Angulodiscus*) und Grob-Bio-Detritus, der in der typischen Mikrofazies 2 vorliegt; das Auftreten von zahlreichen Individuen von *Angulodiscus* stellt eine Verbindung zu Mikrofazies 7 her. — Schliff 34 vom Kamm der Sauwand zeigt ebenfalls große Fossilreste (Spongien) und Biodetritus, der als Mikrofazies 2 entwickelt ist.

(d) Mikrofazies 4 (Taf. 2, Fig. 1, Taf. 7, Fig. 1—4, Taf. 10)

Mikrit mit großen Fossilresten (Korallen, Spongien, Algen), die durch chemisch abgesetzten Calcit getrennt werden und deutliche Anzeichen von Resedimentation zeigen. Zwischen den Fossilbruchstücken häufig Pseudooide, die oft gradierte Lagerung besitzen.

Material und Vorkommen:

| | | | |
|-----------------|------|-------------------------------------|------|
| Sauwand-E | 8 | Weg Eibelbauer-Sauwand | 8 |
| | 8 | Weg Eibelbauer-Sauwand | 45 |
| | 49 A | Block unterhalb der Stockerbaueralm | 74 Q |
| | 49 A | Block unterhalb der Stockerbaueralm | 120 |
| Stockerbaueralm | 100 | Block N Gehöft Stockerbauer | 138 |
| | 100 | Block N Gehöft Stockerbauer | 140 |

(e) Mikrofazies 5 (Taf. 8, Fig. 4)

Intramikrit bis -sparit mit großen, eckigen Intraklasten von schlechter Sphärität und geringer Rundung; deutliche Resedimentation. Meist keine Biogene. Vgl. S. 53!

Material und Vorkommen:

| | | | |
|-----------|------|--|-----|
| | 19 | Riffkalk NW K-Graben | 5 |
| | 91 | Sauwand-S bei K.K. 37 | 102 |
| Sauwand-S | 38/5 | Sauwand-S bei K.K. 34 | 104 |
| | 73 | Sauwand-S bei K.K. 34 | 105 |
| | 24 | Sauwand-S, N-Begrenzung des Herterbauersattels | 41 |

Dieser Mikrofazies-Typus ist durch das Fehlen der Biogene und durch die wirr gelagerten, schlecht gerundeten Intraklaste deutlich von den anderen Typen unterschieden.

(f) Mikrofazies 6

Mikrit mit viel chemisch abgesetztem Calcit, keine Komponenten.

Material und Vorkommen:

| | | | |
|------------|------|--|-----|
| Sauwand-NW | 86 | Sauwand-NW | 103 |
| Sauwand-W | 13 | Promenadenweg | 14 |
| Sauwand-S | 37/1 | S-Flanke der Sauwand, NW Herterbauerkogel | 46 |

Dieser Typus stellt einen seltenen Sonderfall dar.

(g) Mikrofazies 7 (Taf. 8, Fig. 3)

Mikrit mit zahlreichen als Sparit erhaltenen Schalen von *Angulodiscus*, großen Ostrakoden und Kleinforaminiferen. Riffbildende Organismen fehlen.

Material und Vorkommen:

| | | |
|-------------------|--------------------------------|------|
| Stockerbauerkogel | 30 Kamm des Stockerbauerkogels | 13 A |
|-------------------|--------------------------------|------|

Dieser Mikrofazies-Typus wurde nur in Proben vom Stockerbauer-Kogel gefunden. Die Dimensionen der recht typischen *Angulodiscus*-Gehäuse liegen bei (Länge × Breite) 1,7×0,8, 1,3×0,54, 0,9×0,4, 0,7×0,3 und 2,8×1 mm.

(B) Verbreitung der Mikrofazies-Typen

Die räumliche Verteilung dieser Mikrofazies-Typen ist aus Abb. 10 ersichtlich.

Insgesamt wurden über 100 Proben untersucht, von denen 114 Dünnschliffe angefertigt wurden. Im Zusammenhang mit der Typisierung der Mikrofazies wurden nur jene Dünnschliffe angeführt, welche alle wesentlichen Merkmale gut erkennen lassen.

II/3 Paläontologie

3. 1 Fossilinhalt der Riffkalke

Die paläontologische Bestimmung erfolgte im Rahmen der monographischen Bearbeitung der obertriadischen Riff-Fauna und -Flora (E. FLÜGEL 1963 a), wo sich auch Beschreibung und Abbildung der nachfolgend angeführten Formen aus dem Riffkalk der Sauwand findet.

Die kurze Charakteristik der einzelnen Fossilgruppen ist daher nicht als Beschreibung gedacht, sondern als palökologische und systematische Erläuterung zur Faunen- und Florentabelle (Tab. 5).

Der in der Tabelle nach seiner räumlichen Verbreitung und nach den Mikrofazies-Typen zusammengestellte Fossilinhalt wurde durch Untersuchung von über 100 Mikrofazies-Schliffen, 42 Schliffen von Proben vom Plateau der Sauwand (alte Aufsammlung, näherer Fundpunkt unbekannt) und durch Bestimmung der Makrofossilien festgestellt.

Unter den Foraminiferen sind Kleinforaminiferen, insbesondere Milioliden und knäuelartig gewundene, sehr kleine Glomospiren im gesamten Riff-Komplex weit verbreitet, wobei diese Formen vor allem in Proben vom Mikrofazies-Typus 1 und 3 auftreten. Bei den Glomospiridae finden sich zum Teil ähnliche Formen, wie sie KRISTAN-TOLLMANN (1962) aus obertriadischen Riffkalcken beschrieben hat. Ebenfalls sehr verbreitet sind trochospirale Gehäuse mit schaufelradförmigem Querschnitt der Spiralseite, welche zu den Rotaliidea gehören. Andere, nicht seltene Großforaminiferen sind mit der von WEYNSCHENK (1951) als *Labyrinthina mirabilis* beschriebenen, etwas problematischen Art identisch, die als großwüchsige Lituloiden-Art gedeutet wird. Die Opthalmidiidae sind durch *Angulodiscus*, *Involutina* und durch Trocholinen vertreten, wobei nur *Angulodiscus* cf. *communis* in gehäufte Form vorliegt (Mikrofazies 7, Stockerbauerkogel).

Diese Art des Vorkommens von *Angulodiscus* entspricht den Feststellungen bei OHLEN (1959) und FABRICIUS (1960 d), wonach diese Foraminiferengattung innerhalb der obertriadischen Riff-Komplexe im Bereich von einseitigen biomonischen Bedingungen (lagunäre Fazies ? back-reef-Bereich) auftritt (vgl. S. 57).

Von Interesse ist das Auftreten von Triasinen. Diese Großforaminiferen wurden von MAJZON (1950, 1952) aus dem Dachsteinkalk von Ungarn beschrieben und in der Zwischenzeit an verschiedenen ungarischen (VEGH 1960), österreichischen (KRISTAN-TOLLMANN 1962, mündl. Mitteilung R. OBERHAUSER - Rhätikon) und italienischen Fundpunkten (MICROFACIES ITALIANE 1959, irrtümlich als *Pseudolacazina* bestimmt, Taf. 31!) festgestellt. Die charakteristische Gattung ist bisher aus norischen und rhätischen Schichten bekannt geworden (Dachstein-Kalke, norischer Plattenkalk, rhätische Riffkalke). LEMOINE & RAOULT (1962) haben *Triasina* cf. *hantkeni* auch aus dem Rhät (Infralias) von Marokko beschrieben.

Bei den meisten Foraminiferen der Riffkalke handelt es sich um frei bewegliche Organismen. In Proben mit dem Mikrofazies-Typus 1 und 3 finden sich aber auch Strukturen, die sich aus dachziegelförmig übereinandergelagerten Blasenzügen aufbauen und die nach Vergleichen mit sessilen Foraminiferen aus oberjurassischen Riffkalcken (CUSHMAN 1929, FRITZ 1958) als festsitzende Foraminiferen(kolonien ?) vom Typus der (auch aus der Trias bekannten, vgl. CHAPMAN 1909) Nubecularien anzusehen sind.

Derartige Foraminiferen sind aus verschiedenen alten Riffkalcken bekannt und finden sich häufig gemeinsam mit Algen als biogene Anlagerungen um Riffbildner (vgl. ADAMS 1962).

Obwohl die Spongien in der Gesamtfauuna quantitativ an erster Stelle stehen dürften, ist die Schwamm-Fauna zwar sehr individuenreich, aber auffallend artenarm. Es ist dies eine Erscheinung, die auch in anderen obertriadischen Riffen in den Nordalpen festzustellen ist. Alle im Riffkalk der Sauwand festgestellten Kalkschwämme gehören zu den ungegliederten Inozoen; die häufigste Form ist *Peronidella communis*, eine kurze, zylindrische Form, die stellenweise koloniebildend auftritt. Eine im allgemeinen größere Art mit differenzierterer Wandstruktur wurde als *Peronidella fisheri* unterschieden. Es ist anzunehmen, daß ein Großteil der als Spongien indet. bezeichneten Formen zu einer der Arten von *Peronidella* gehört. — Eine mit *Peronidella* nah verwandte Form mit abweichendem Wandbau ist als Spongien-Typus y verzeichnet; eine sehr charakteristische, aber seltene Art gehört zu *Stellispongia*.

Auffallend ist das Fehlen von Sphinctozoen, die in anderen obertriadischen Riffen im allgemeinen gut vertreten sind.

Die palökologische Deutung der Spongien-Vorkommen muß berücksichtigen, daß sich die Individuen von *Peronidella* sehr häufig in mikritischer, feinschlammiger Matrix finden und offensichtlich auch ökologische Nischen bewohnen, die von Coelenteraten gemieden werden mußten. Bei einer Übertragung der Beobachtungen von LAUBENFELS (1936) an rezenten Schwämmen, wonach die Gestalt der Schwämme und die Ausbildung der Osouli von den Strömungsverhältnissen beeinflußt werden, müßte man die Existenz von nur schwachen und im allgemeinen nicht gerichteten Strömungen annehmen (insbesondere für den Bereich Sauwand-S und Plateau der Sauwand).

Die Hydrozoen sind durch ramosen Coenostea von *Spongiomorpha ramosa* und durch sehr typische laminare Kolonien von *Stromatomorpha rhaetica* vertreten, wobei die letztere Art durch die im Aufschluß gegen oben gewölbten Latilaminae anzeigt, daß die Kolonien in normaler Lebensstellung erhalten sind. Im Gegensatz zu anderen Coelenteraten und auch zu Spongien sind die

Kolonien dieser Hydrozoe nie von Spongiostromen umkrustet oder von sessilen Foraminiferen bewachsen, das Sediment ist meist arm an anderen Organismenresten.

Dies scheint die Beobachtung von OHLEN (1959) zu bestätigen, wonach *Stromatomorpha rhaetica* beim Aufbau des Riff-Komplexes eine besondere Rolle zukommt.

Die in anderen obertriadischen Riffbildungen sehr häufige *Lamellata wöhneri* konnte in den Kalken der Sauwand nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Unter den Korallen stehen quantitativ die Thecosmilien an der Spitze, deren Kolonien aber in den meisten Fällen unbestimmbar sind. *Thecosmilia clathrata* ist mit der kleineren Wuchsform vertreten und findet sich sowohl in normaler Lebensstellung (Coralliten von einer schmalen Basis gegen außen radial divergierend) als auch in überkippter Lage, wobei geopetale Gefüge im umhüllenden Sediment zeigen, daß nicht die fossilführende Schicht disloziert wurde, sondern der Korallenstock allein. Diese Erscheinung ist auch von anderen Obertrias-Riffen (Sonnwendgebirge, Gossaukamm) bekannt. — Die Einzelkorallen (*Montlivaultia*, *Stylophyllopsis*) sind durch typische Riff-Formen vertreten, die im allgemeinen kleiner als in der Mergel-Fazies der korallenreichen Zlambach-Schichten (FRECH 1890) sind. Meist werden die Kelche vollkommen oder einseitig von Spongiostromen oder von Problematikum 3 umhüllt. — Rasenförmige Kolonien und flach-kuppelartig gewachsene Formen wie *Thamnastrea* und *Astrocoenia* sind selten.

Unter den Bryozoen ist als persistierende Form der Trepostomata *Paramotrypella styriaca* auffällig. Andere Bryozoen lassen sich nur nach Gruppen trennen, wobei als Unterscheidungsmerkmal der ϕ der Zoocien in statistisch faßbaren Zahlen verwendet wurde (vgl. E. FLÜGEL 1963 a). Es ist wahrscheinlich, daß neben echten Bryozoen in den Riffkalken auch Tabulaten vorkommen, die unter dem neutralen Sammelbegriff Tabulozoen (KÜHN 1942) zusammengefaßt wurden. Die Unterscheidung Bryozoen/Tabulaten ist in den meisten Fällen subjektiv, da trepostome Bryozoen in Schliffen den gleichen Bautypus zeigen wie Chaetetiden. — Die Bryozoen sind im Riffkalk der Sauwand recht häufig, meist aber nur durch unvollkommene, deutlich zerkleinerte Zoarien überliefert; sie finden sich in Kalken mit Mikrofazies 1, 3 und auch in Proben aus den „Vorriff-Blöcken“.

Brachiopoden konnten nur an einer Stelle mit mehreren Individuen gefunden werden (SE-Fuß der Sauwand, Fpt. 47, NW Eibelbauer). Es handelt sich um kleine Exemplare von Rhynchonellen, die größte Übereinstimmung mit *R. fissicostata* haben.

Auch die Überreste von Mollusken sind selten, wenn man von den im gesamten Riff-Komplex verbreiteten, nicht näher typisierbaren Trümmern von Muschelschalen absieht, die in Schliffen stellenweise sehr häufig sind. Bei den Lamellibranchiaten finden sich kleine Megalodonten, deren unbestimmbare Querschnitte insbesondere in den Kalken der Sauwand-Südflanke (Fpt. 38 und Umgebung) häufig sind.

Der geringe ϕ von nur 30 mm ist im Zusammenhang mit den Überlegungen von ZAPFE (1959) und OHLEN (1959) von Interesse, wonach auffallend kleine Megalodonten eventuell durch ungünstige Salinitätsverhältnisse bedingt sind.

Gastropoden wurden nur in Schliffen festgestellt, die bis 10 mm hohen Kleinformen entsprechen dem Bautypus nach Pleurotomarien. Die

Schnitte dieser Kleingastropoden sind recht charakteristisch und in obertriadischen Riffkalcken relativ häufig.

Als Reste von Würmern wurden kreisförmige Querschnitte von etwa 0,5 mm im ϕ messenden Röhren, zum Teil mit charakteristischer Wandstruktur (W. J. SCHMIDT 1951), festgestellt, die zur Sammelgattung *Serpula* gehören und insbesondere im Bereich von Mikrofazies 1 und 2 vorkommen.

Echinodermen sind durch Seeigel-Stachel mit charakteristischen und sich wiederholenden Querschnittsbildern (Typus A, FLÜGEL 1963 a), als Stielglieder von Crinoiden und selten als Holothurien-Platten vertreten.

Die Flora der Riffkalke ist durch Kalkalgen charakterisiert, unter welchen quantitativ die Rotalgen an erster Stelle stehen. Die nodularen Thalli von *Solenopora endoi* sind bis auf den W-Teil der Saurwand in allen Bereichen des Riffkomplexes anzutreffen und durch ihre gleichbleibenden Zelldimensionen leicht zu bestimmen. Hingegen ist *Parachaetetes johnsoni* selten anzutreffen, was auch dem Häufigkeitsverhältnis in anderen Riffkalcken entspricht. Die Solenoporaceen sind ebenso wie die Grünalgen häufig deutlich transportiert und resedimentiert. Die Codiaceen sind durch nur mm-große kugelförmige und nodulare Kolonien von *Garwoodia* und *Boueinea* vertreten, wobei die zweite Gattung sehr selten ist. Die Bestimmung von *Boueinea*, die bisher nur aus der Unterkreide und aus dem Lias bekannt ist (fraglich auch aus dem Perm) ist auf Grund der Codiaceen-Revision von KONISHI (1961) gesichert.

Relativ häufig finden sich in den Schliffen schön erhaltene Dasycladaceen, die auch der Wirtelstellung der Gattung *Macroporella* angehören; nach Poren- ϕ , D, d und Anzahl der Poren handelt es sich um eine bisher unbekannte Art.

Das Auftreten der in ihrer Ökologie und Stratigraphie durch PIA gut durchforschten Wirtelalgen in den Riffkalcken ist für paläoklimatische Schlußfolgerungen von Interesse, vgl. S. 70.

Maximal 15 mm dicke, biogene Anlagerungen an und um Korallen, Spongien und Bryozoen dürften auf Kalkabscheidungen durch Blau-Grünalgen (Spongiostromen) zurückzuführen sein. Die geringen Dimensionen und das Fehlen von gleichartigen Wuchsformen sprechen gegen eine Benennung derartiger Strukturen als Stromatolithen (CLOUD 1942, MASLOV 1960 b). Vereinzelt treten auch ovale, dicht gelagerte Strukturen auf, die sich in Dünnschliffen zu verschieden geformten, aus unterbrochenen Elementen bestehenden, konzentrischen Lagen auflösen und wahrscheinlich ebenfalls auf die Tätigkeit von Cyanophythen zurückzuführen sein dürften. Diese Strukturen sind besonders in Proben vom Mikrofazies-Typus 1 und 3 vertreten, während sie in Mikrofazies 2 völlig fehlen.

Unter die Problematika wurden die aus tonnen- und schüsselförmigen Elementen bestehenden, zum Teil gegabelten Individuen von *Cheilosporites tirolensis* eingereiht, das neuerdings von A. G. FISCHER (1962) als Foraminifere gedeutet wurde und von stratigraphischem Wert zu sein scheint.

Als *Microtubus communis* wurden kleine gebogene, im ϕ 0,10 mm messende Röhrchen bezeichnet, die zu den häufigsten Fossilien der Riffkalke gehören und wahrscheinlich Wurmröhren darstellen (E. FLÜGEL 1963 a).

Diese Reste scheinen einen bestimmten, sehr feinkörnigen Sedimenttypus zu bevorzugen. Sie finden sich in besonders großer Zahl angelagert an Einzelkorallen oder an Schwämme, wobei die einzelnen Röhren durch Sediment oder Spongiostromenkrusten voneinander getrennt werden.

Biogene Krusten auf Sedimentpartikeln und auf Fossilien, die sich aus verschieden geformten Lagen mit eingeschlossenen Höhlungen mit perforierten Wänden zusammensetzen, wurden als Problematikum 3 bezeichnet. Die syste-

Tabelle 6: Ökologische Merkmale der riffbildenden Gruppen der Sawand

| | Foraminiferen | Spongien | Hydrozoen | Korallen | Bryozoen | Algen | <i>Cheilosporites</i> | <i>Microtubus</i> |
|----------------------------|---|----------------------------------|---|--|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|
| Gestalt und Wuchsform | gestreckt trochispiral, z. T. in Kolonien | zylinderförmig, meist gerade | ramos und laminar | meist büschelartige Kolonien, plattige Formen selten | Zoarien meist nodular | nodular und als Krusten | bäumchenförmig, gegabelt | gebogene Röhren im Sediment um Coelenteraten und Spongien |
| Relative Größe | Kleinforam. häufig, normal große Großforaminiferen | meist kurz | Normalgröße | Kolonien von Normalgröße, Einzelkorallen klein | meist sehr klein | Normalgröße | Normalgröße | gleich groß |
| Erhaltung | Kolonien z. T. in Lebensstellung; z T. verfrachtet | häufig unvollkommen, verfrachtet | in Lebensstellung | in Lebensstellung und verfrachtet | meist verfrachtet | in Lebensstellung und verfrachtet | in Lebensstellung | in Lebensstellung |
| Verteilung im Riff-Komplex | im gesamten Riffbereich, <i>Angulodiscus</i> ortsgelunden | fehlen im W | <i>Stromatopora rhaetica</i> isoliert, fehlt im W | fehlen im W und am Stockerbauerkogel | fehlen im W | im E hervortretend | nur Sawand-S | in allen Riff-Teilen, gehäuft auftretend |
| Sediment | Calcarenit Calcilit | Calcarenit | Calcarenit bis Calcilit | Calcarenit bis Calcilit | Calcarenit | Calcarenit | Calcarenit | Calcilit und Calcarenit |

matische Deutung dieser in obertriadischen Riffkalken verbreiteten Strukturen ist völlig offen.

Gerade bis schwach gebogene Schnitte einer „leiterartigen“ Struktur aus kettenförmigen aneinanderliegenden, \pm rechteckigen, zum Teil leicht abgerundeten Zellen (\varnothing unter 0,04 mm) wurden als Mikroproblematikum A bezeichnet. Diese Strukturen sind insbesondere in Proben vom Plateau der Sauwand häufig. Möglicherweise handelt es sich um Algen.

Wie die Tabelle 5 zeigt, treten in Proben mit den Mikrofazies-Typen 1, 3 und 4 die gleichen Fossilien auf. Mikrofazies-Typus 2 ist auch faunistisch durch das Fehlen von Coelenteraten und Spongien deutlich unterschieden. In Proben der Mikrofazies-Typen 5 und 6 fehlen im allgemeinen Fossilreste, während Mikrofazies 7 durch eine artenarme Foraminiferen-Fauna gekennzeichnet ist.

In Tab. 6 sind die ökologischen Daten der riffbildenden Organismengruppen der Sauwand zusammengestellt, wobei Gestalt bzw. Wuchsform, relative Größe, Erhaltung (Lebensstellung, Thanatocoenose etc.), Verteilung innerhalb des Riff-Komplexes und der Sedimentcharakter berücksichtigt wurden.

3. 2. Stratigraphische Einstufung

Die stratigraphische Datierung der Dachsteinriffkalke der Sauwand als Rhät ergibt sich durch Vergleich des Fossilinhaltes mit der Fauna und Flora anderer obertriadischer Riffe und gleich alter Mergelserien (Zlambach-Schichten, Kössener Schichten) — Tab. 7:

Die Angaben über die Verbreitung der Arten beruhen auf der Untersuchung von Fossilmaterial (E. FLÜGEL 1963 a) und auf der Durchsicht der Literatur (Oberrhätische Riffkalke: Sonnwendgebirge — WÄHNER 1903, SPENGLER 1935, WEYNSCHENK 1951, Röteland — SIEBER 1937, Steinplatte — VORTISCH 1926, OHLÉN 1959; Dachsteinriffkalke: Westlicher Gosaukamm — FLÜGEL 1963 a, südliche Karawanken (Begunjsica-Gebirge) — E. FLÜGEL & A. RAMOVŠ 1961).

Die Datierung der oberrhätischen Riffkalke ist durch die Lagerung der Kalke im Profil (über den Kössener Schichten) gesichert, das Alter der Proben vom W-Ende des Gosaukammes (Donnerkogel-Gruppe) und aus den Süd-Karawanken kann nach Vergleichen mit dem Fossilinhalt der Oberrhätischen Riffkalke ebenfalls als (höheres ?) Rhät angenommen werden.

Die Angaben über die Zlambach- und Kössener Schichten ergaben sich aus der Untersuchung von Vergleichsmaterial aus den korallenführenden Mergeln am W-Ende des Gosaukammes und von der Fischerwiese bei Alt-Aussee, Steiermark, sowie durch Vergleich mit den Faunenlisten der Kössener Schichten des westlichen Österreich (FRECH 1890, HAHN 1910 u. a.); hierbei wurden auch die rhätischen Kalke der Scesaplana, Vorarlberg (KÜHN 1942) in den Vergleich einbezogen.

Tab. 7: Stratigraphische Datierung der Sauwand Riffkalke. 1 — Sonnwendgebirge, Rofan, 2 — Rötelwand bei Hallein, 3 — Steinplatte bei Weidring, 4 — Westende des Gosaukammes, Dachsteingebiet, 5 — WSW-Kamm des Begunjsica-Gebirges, S-Karawanken, 6 — Zlambach-Schichten von Oberösterreich, Steiermark und Niederösterreich, 7 — Kössener Schichten von Westösterreich; Kalke der Scesaplana, Vorarlberg. Vgl. Abb. 1.

| Dachsteinriffkalk der Sauwand | Oberrhät. Riffkalk | | | Dachsteinriffkalk | | Zlambach-Schichten | Kössener-Schichten |
|--|--------------------|---|---|-------------------|---|--------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <i>Angulodiscus cf. communis</i> KRISTAN | | | — | — | — | — | |
| <i>Involutina cf. liassica</i> (JONES) | | | | — | — | — | |
| <i>Labyrinthina mirabilis</i> WEYNSCHENK | — | | | — | — | — | |
| Rotaliidea (Form A FLÜGEL 1963) | — | | | — | — | — | |
| <i>Peronidella communis</i> FLÜGEL | | — | | — | — | — | |
| <i>Peronidella fischeri</i> FLÜGEL | | — | | — | — | — | |
| <i>Spongiomorpha ramosa</i> FRECH | | | — | — | — | — | — |
| <i>Stromatomorpha rhaetica</i> KÜHN | | | — | — | — | — | — |
| <i>Astrocoenia cf. waltheri</i> FRECH | | | | — | — | — | — |
| <i>Montlivaultia alpina</i> FLÜGEL | — | | | — | — | — | |
| <i>Montlivaultia pseudomarmorea</i> FLÜGEL | | — | | — | — | — | |
| <i>Stylophylloopsis polyactis</i> FRECH | | | | — | — | — | |
| <i>Thamnasteria norica</i> FRECH | | | | — | — | — | |
| <i>Thecosmilia clathrata</i> (EMMRICH) | — | | | — | — | — | — |
| Bryozoen Gruppe 1 FLÜGEL 1963 | | — | | — | — | — | |
| Bryozoen Gruppe 2 FLÜGEL 1963 | | — | | — | — | — | |
| <i>Paramonotrypella styriaca</i> FLÜGEL | | | | — | — | — | |
| <i>Rhynchonella fissicostata</i> SUESS | | | | — | — | — | — |
| <i>Solenopora endoi</i> FLÜGEL | — | | | — | — | — | |
| <i>Macroporella</i> sp. (n. sp.) | — | | — | — | — | — | |
| <i>Cheilosporites tirolensis</i> WÄHNER | — | | — | — | — | — | |
| <i>Micotubus communis</i> FLÜGEL | — | | | — | — | — | |

Auf Grund dieser Vergleiche sind die Riffkalke der Sauwand als Rhät einzustufen. Für eine derartige Datierung sprechen insbesondere folgende Arten:

Labyrinthina mirabilis WEYNSCHENK
Peronidella communis FLÜGEL
Peronidella fischeri FLÜGEL
Spongiomorpha ramosa FRECH
Stromatomorpha rhaetica KÜHN
Montlivaultia pseudomarmorea FLÜGEL
Stylophyllopsis polyactis FRECH
Thecosmilia clathrata (EMMRICH)
Paramonotrypella styriaca FLÜGEL
Rhynchonella fissicostata SUESS
Solenopora endoi FLÜGEL
Cheilosporites tirolensis WÄHNER
Microtubus communis FLÜGEL

Alle diese Arten treten außer in Dachstein-Riffkalken in den Oberrhätischen Riffkalken der Salzburger und Nordtiroler Kalkalpen auf. Einige Arten finden sich auch in Rätolias-Riffkalken der Bayrischen Alpen (Material FABRICIUS).

Innerhalb der Dachstein-Riffkalke ist eine stratigraphische Gliederung bisher noch nicht befriedigend durchgeführt worden (vgl. S. 87). Auf Grund der Mollusken-Fauna ist es wahrscheinlich, daß außer rhätischen Dachstein-Riffkalken auch mächtige norische Riffkalke vorhanden sind (Hohes Brett, Berchtesgadener Alpen — ZANKL 1962; Gosaukamm — ZAPFE 1962 b). Die riffbildenden Organismen dieser durch Ammoniten in der Zeitskala fixierten Fundpunkte sind noch nicht untersucht. Es ist daher derzeit nicht bekannt, ob in der qualitativen oder quantitativen Zusammensetzung der Riffbildner-Fauna und Flora ein wesentlicher Unterschied zwischen den sicher rhätischen, bisher bearbeiteten Riffkalken und den orthochronologisch einstuftbaren norischen Riffkalken besteht.

II/4 Geochemie

Die geochemische Untersuchung (SrCO_3 - und MgCO_3 -Gehalt, Paläotemperaturen) der Dachsteinriffkalke ermöglicht durch den Vergleich mit rezenten Karbonaten Aussagen zur Sedimentologie und zum Bau des Sauwand-Riffes.

4. 1 Probenauswahl

Der SrCO_3 -Gehalt wurde in 60 Proben aus den Riffkalken bestimmt, der MgCO_3 -Gehalt in 10 Proben. Paläotemperatur-Bestimmungen liegen für 4 Proben aus den Riffkalken vor. Die Lage der Probeentnahmestellen geht aus den Tabellen 8, 9, 10 hervor.

Zur Untersuchung wurden nach Möglichkeit Kalke ohne starke Umkristallisation (Calcitadern u. ä.) ausgewählt; alle Proben wurden auch durch Dünnschliffe untersucht.

Die Proben stammen aus allen Teilen des Sauwand-Riffes.

4. 2 Bestimmung von Dolomit, Calcit und Aragonit

Da eine Dolomitisierung den SrCO_3 -Gehalt von Kalken beeinflusst (KULP, TUREKIAN & BOYD 1952, GRAF 1960), erschien es vorteilhaft, einen Teil der Proben am Röntgendiffraktometer auf Dolomit zu untersuchen. Es zeigte sich, daß nahezu alle Riffkalk-Proben aus Calcit bestehen. An einer einzigen

Tab. 8: SrCO₃-Gehalte des Riffkalkes

| Probe | | Lokalität | Calcit | Dolomit | SrCO ₃ ppm | Atome Sr/Ca × 1000 |
|-----------|---|---|--------|---------|--------------------------|-----------------------|
| 54 | Kammregion und W-Flanke der Sauwand (B 1 — P 16 Profil) | Bundesstraße Gußwerk-Mariazell, KK 1 | | | 275 | 0,19 |
| 13 | | Promenadenweg Gußwerk-Mariazell | | | 240 | 0,16 |
| 51 | | etwa 30 m E über dem Promenadenweg | | | 335 | 0,23 |
| B 1 | | Sauwand-Westflanke, 20 m über Promenadenweg | × | | 310 | 0,21 |
| C 2 | | Westflanke der Sauwand | | | 255 | 0,17 |
| D 3 | | Westflanke der Sauwand, Profil Fpt. 45 | | | 390 | 0,26 |
| E 4 | | Westflanke der Sauwand, Profil Fpt. 45 | | | 295 | 0,20 |
| F 5 | | Westflanke der Sauwand, KK 3, Fpt. 45 | | | 275 | 0,19 |
| G 6 | | Westflanke der Sauwand | | | 300 | 0,20 |
| H 7 | | Westflanke der Sauwand | | | 218 | 0,15 |
| I 8 | | Westflanke der Sauwand, KK 1/A, Fpt. 45 | | | 335 | 0,23 |
| J 10 | | Westflanke der Sauwand, Jagdsteig | × | | 255 | 0,17 |
| K 11 | | Westflanke der Sauwand, Profil | | | 250 | 0,17 |
| L 12 | | Westflanke der Sauwand, Profil, Fpt. 45 | | | 240 | 0,16 |
| M 13 | | Westflanke der Sauwand, rote Markierung | × | | 225 | 0,15 |
| N 14 | | Westflanke der Sauwand, KK 8 | | | 250 | 0,17 |
| O 15 | | Westflanke der Sauwand, KK 9 | | | 235 | 0,16 |
| P 16 | Westflanke der Sauwand, Kammregion | | | 300 | 0,20 | |
| A 14 | Sauwand, Kammregion, Ende der Markierung | | | 385 | 0,26 | |
| 17 | S-Flanke der Sauwand | Wiese oberhalb Bundesstraße Gußwerk-Wegscheid, W HK. — Graben | | | 270 | 0,18 |
| V (18) | | Wiese NW HK. — Graben | × | | 290 | 0,20 |
| 63 | | E-W streichende Felswand W Herterbauersattel | | | 240 | 0,16 |
| 64 | | Felswand W Herterbauersattel | | | 280 | 0,19 |
| III/ (20) | | Waldsteig W Herterbauersattel | | | 255 | 0,17 |
| 66 a | | S-Flanke der Sauwand W Herterbauersattel | | × | 360 | 0,25 |
| 66 b | | S-Flanke der Sauwand | | | 645 | 0,44 |
| 66 c | S-Flanke der Sauwand | | | 760 | 0,52 | |

Tab. 8: SrCO₃-Gehalte des Riffkalkes (Fortsetzung)

| Probe | | Lokalität | Calcit | Dolomit | SrCO ₃ ppm | Atome Sr/Ca × 1000 |
|------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|---------|--------------------------|-----------------------|
| 61 | Herterbauerkogel | W-Flanke des Herterbauerkogels | | | 310 | 0,21 |
| 67 | | N-Flanke des Herterbauerkogels | | | 300 | 0,20 |
| 68/47 | | Kamm des Herterbauerkogels, P. 47 | | | 295 | 0,20 |
| 68/5 | | Kamm des Herterbauerkogels, 100 m E P. 47 | | | 370 | 0,25 |
| 68/1 | | Kamm des Herterbauerkogels, P. 43 | | | 425 | 0,29 |
| V 37/1 | SE-Flanke der Sauwand | N-Begrenzung des Herterbauersattels | | | 320 | 0,22 |
| Y 37/3 | | W Herterbauersattel, 50 m W 37/3 | | | 345 | 0,23 |
| 71 | | NE Herterbauersattel | | | 320 | 0,22 |
| 73 | | S-Flanke der Sauwand KK 34 | | | 280 | 0,19 |
| 38 | | S-Flanke der Sauwand | | | 350 | 0,24 |
| Z 38/5 | | S-Flanke der Sauwand, KK 38 | | | 395 | 0,27 |
| 91 | | Südflanke der Sauwand, KK 37 | | | 420 | 0,29 |
| 96 | | Südflanke der Sauwand, W Probe xx U 47 | | | 280 | 0,19 |
| U 47 | | Südflanke der Sauwand, NW Eibelbauer | | | 318 | 0,22 |
| V II (3 ⁹) | | | Stockerbauerkogel, P. 1114 m | | | 315 |
| IV (10) | E-Flanke, Alpenrosenhüttenplateau | P. 1082 N Eibelbauer | | | 460 | 0,31 |
| 75 | | Weg Eibelbauer-Alpenrosenhütte | | | 925 | 0,63 |
| W 9 | | Weg Eibelbauer-Alpenrosenhütte, W Weggabelung Poller | | | 470 | 0,32 |
| I/(8) | | Weg Eibelbauer-Alpenrosenhütte, SE Hütte | | | 1120 | 0,78 |
| IX/(6) | | Wiese E Alpenrosenhütte | × | | 490 | 0,33 |
| 77 | Plateau der Alpenrosenhütte | | | 310 | 0,21 | |
| V III (15) | NW-Flanke N-Flanke | Weg Alpenrosenhütte-Kogler | × | | 750 | 0,51 |
| 78 | | Weg A.R.H.-Kogler | | | 420 | 0,29 |
| 79 | | Weg A.R.H.-Kogler | | | 475 | 0,32 |
| 80 | | Weg A.R.H.-Kogler | | | 465 | 0,32 |
| 81 | | Weg A.R.H.-Kogler | | | 430 | 0,29 |
| 86 | | NW-Flanke der Sauwand | | | 330 | 0,22 |
| 83 | | NW-Flanke der Sauwand | | | 375 | 0,25 |
| 84 | | NW-Flanke der Sauwand | | | 340 | 0,23 |
| 85 | | NW-Flanke, rotmarkierter Jagdsteig | | | 495 | 0,34 |
| a-Flock | Lesesteine | Lesestein, S Stockerbaueralm | | | 3400 | 2,36 |
| 100 | | Lesestein, N Stockerbauer | | | 2820 | 1,91 |
| 99 A | | Lesestein, Stockerbaueralm | | | 2050 | 1,39 |

Stelle, an der S-Flanke der Sauwand im Westen des Herterbauerkogels (Probe III/20), Fpt. 20, am Jagdsteig) wurde das linsenförmige Auftreten von reinem Dolomit im Riffkalk beobachtet und auch röntgenographisch bestätigt.

Das Dolomit-Vorkommen hat eine Ausdehnung von etwa 2 m und eine Mächtigkeit von ca. 50 cm; es ist durch seine starke Verwitterung von den umgebenden Kalken deutlich unterschieden, die in Schlieren die typischen Merkmale der Riffkalke zeigen. U. d. M. läßt der Dolomit eine mittelkörnige, granoblastische Textur erkennen. Fossilien fehlen.

Wie am Röntgendiffraktometer festgestellt wurde, läßt sich in keiner Riffkalkprobe Aragonit nachweisen; sämtliche getesteten Kalke bestehen aus Calcit, der als Tief-Mg-Calcit ausgebildet ist. Auch in sehr fossilreichen Proben der Riffkalke (z. B. Q-Block, S Stockerbaueralm) konnte kein Aragonit nachgewiesen werden.

4. 3 SrCO₃-Gehalte

Durch die insbesondere in den USA und in der UdSSR in den letzten Jahren erfolgten Untersuchungen über die Verteilung von Spurenelementen in rezenten und fossilen Sedimenten scheinen Anhaltspunkte für die sedimentologische Interpretation der Sr-Gehalte der Riffkalke vorzuliegen. Ein erster derartiger Versuch im Bereich der alpinen obertriadischen Riffkalke stammt von STERNBERG, FISCHER & HOLLAND (1959).

4. 3. 1 Bestimmungsmethode und -genauigkeit

Der Sr-Gehalt wurde durch Röntgenfluoreszenz-Analyse bestimmt und in den Tabellen als SrCO₃ angegeben. Zur Eichung wurde eine Mischungsreihe von SrCO₃ und CaCO₃ (MERCK-Präparate p. A.) durchgemessen und der Nullpunkt der Eichkurve in bekannter Weise korrigiert.

Der Fehler in der Bestimmung des SrCO₃-Gehaltes bewegt sich in der Grenze von $\pm 3\%$ des gemessenen Wertes.

4. 3. 2 SrCO₃-Gehalte der Riffkalke

Tab. 8 zeigt die Sr-Verteilung in den Riffkalken der Sauwand, des Herterbauerkogels und des Stockerbauerkogels, wobei die Proben — im W beginnend — im entgegengesetzten Sinn des Uhrzeigers angeordnet sind. Die ungefähre Lage der Probeentnahme-Punkte und die unterschiedlichen SrCO₃-Gehalte zeigt Abb. 10.

4. 4 MgCO₃-Gehalte

Insbesondere von jenen Proben, die für Isotopen-Bestimmungen ausgewählt wurden, wurde MgCO₃ gravimetrisch als Mg₂P₂O₇ ermittelt (Tab. 9.). Die MgCO₃-Werte der Riffkalke liegen mit einem Mittel von 1,32 Gew.-% innerhalb von Größenordnungen, wie sie von nichtdolomitisierten Riffkalken bekannt sind (CHAVE 1954 b).

Auch mit Alizarin-S-Tests (WARNE 1962) konnte keine Dolomitierung der Riffkalke nachgewiesen werden.

4. 5 Isotopen-Bestimmung

Um festzustellen, inwieweit die SrCO₃-Gehalte der Kalke im Laufe der Diagenese verfälscht wurden (DEGENS 1959 a, STEHLI & HOWER 1961), wurden von Herrn Dozent Dr. E. T. DEGENS in entgegenkommender Weise Isotopen-Analysen zur Feststellung der Paläowassertemperaturen durchgeführt. Die Ergebnisse der am Massenspektrometer des California Institute of Technology in Pasadena vorgenommenen Untersuchung zeigt Tab. 10.

Tab. 9: MgCO₃- und SrCO₃-Gehalte der Rifflalke

| Probe | Lokalität | MgCO ₃ Gew.-% | SrCO ₃ ppm | Atome Sr/Ca × 1000 |
|-------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| B 1 | Sauwand-Westflanke, KIK 3 | 1,07 | 310 | 0,21 |
| F 5 | Sauwand-W | 0,84 | 275 | 0,19 |
| Z 38/5 | Sauwand-S | 0,81 | 395 | 0,27 |
| U 47 | Sauwand-S | 1,28 | 318 | 0,22 |
| W 9 | Sauwand-E | 0,92 | 470 | 0,98 |
| I (8) | Sauwand-E | 2,53 | 1120 | 0,78 |
| VIII/ 15 | Sauwand-N | 1,55 | 750 | 0,52 |
| Q- Block | Stockerbaueralm | 1,88 | 3400 | 2,36 |
| 13 | Sauwand-W | 0,93 | 240 | 0,16 |

Die Paläotemperaturen wurden nach der Formel von EPSTEIN, BUCHSBAUM, LOWENSTAM & UREY (1953) relativ zum Belemniten-Standard der Universität Chicago (CRAIG 1957) berechnet.

Die gegenwärtigen Fehlergrenzen von Paläotemperaturbestimmungen liegen bei $\pm 1^\circ \text{C}$; VALENTINE & MEADE (1961) haben gezeigt, daß zwischen den durch Isotopen-Bestimmungen ermittelten Temperaturen und den durch paläokologische Daten festgestellten Temperaturbereichen weitgehende Übereinstimmung besteht.

Tab. 10: Isotopen und Paläowassertemperaturen (nach E. T. DEGENS)

| Probe | Lokalität | MgCO ₃ Gew.-% | SrCO ₃ ppm | ¹⁸ O | ¹³ C | Wasser- temperatur in °C |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| 13 | Promena- denweg Sauwand-W | 0,93 | 240 | - 1,38 | + 2,22 | 22,7° |
| W 9 | Sauwand-E | 0,33 | 470 | - 1,48 | + 1,57 | 23,2° |
| I (8) | Sauwand-E | 2,53 | 1120 | - 2,23 | + 1,34 | 26,9° |
| Q- Block | S Stocker- baueralm | 1,88 | 3400 | - 1,90 | + 0,68 | 25,2° |

III. AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE

III/1 Fazielle Gliederung des Dachsteinriffkalkes der Sauwand

1. 1 Aussagewert von mikrofaziellen, paläontologischen und geochemischen Daten

1. 1. 1 Mikrofazielle Daten

Der Aussagewert der einzelnen mikrofaziellen Merkmale wird gesondert besprochen, um abschließend auf die Aussage der Mikrofazies-Typen einzugehen.

(A) Grundmasse

Mikrit stellt nach FOLK (1959) das Ergebnis rascher chemischer oder biochemischer Kalkschlamm-Sedimentation in einem, nur durch schwache Strömungen gestörten Ablagerungsmedium (environment) dar. Andere Bildungsmöglichkeiten sind durch Abrasion der Skelett-Teile kalkschalliger Rifforganismen (Great Barrier Reef, WOLF 1960 a), physiologische Kalkfällung durch Algen (algal dust, WOOD 1941) und Bakterien (HADDING 1958) gegeben.

Bei andauernden Auswaschungen des abgelagerten Kalkschlammes durch starke Strömungen bildet sich durch primäre Ausfüllung der derart geschaffenen Hohlräume Sparit (simple pore-filling cement, FOLK 1959). WOLF (1961) unterscheidet in Anlehnung an NEWELL (1955) zwischen fibrösem, primär abgesetzten Sparit und zwischen granularem, durch Umkristallisation entstandenen Sparit. Letzterer nimmt in permischen Riffkalken nur 2—3% des Gesteinsvolumens ein und bildet sich insbesondere in Höhlungen, deren Wände zuerst mit fibrösen Calcit ausgekleidet werden, an welchen sich organogener Detritus anlagert; dann erst kam es (nach NEWELL 1955) möglicherweise durch im Riff zirkulierende Lösungen zur Abscheidung von granularem Calcit.

FOLK hat darauf hingewiesen, daß in manchen Karbonatgesteinen Sparit auch durch Umkristallisation von feineren Körnern oder von mikrokristallinem Calcit (Mikrit) entstehen kann. Diese Art der Sparitbildung ist auch in den Kalken des Sauwand-Riffes zu erkennen (Mikrofazies-Typus 6), tritt aber anscheinend zu Gunsten einer im Sedimentationsverlauf noch sehr frühzeitigen Sparit-Entstehung quantitativ stark zurück, wofür insbesondere zwei Punkte zu sprechen scheinen:

In den meisten Proben der Mikrofazies-Typen 1, 3 und 5 tritt Sparit neben Mikrit auf. Sofern eine Umkristallisation vorhanden war, kann sie daher nur stellenweise wirksam gewesen sein (vgl. S. 54).

Mikrofazies 2 hat eine sparitische Grundmasse und ist durch gut gerundete Komponenten mit hoher Sortierung gekennzeichnet. Hinweise für eine beginnende Umkristallisation (z. B. randliche Calcitsäume, vgl. MAXWELL 1962, NEWELL 1955) fehlen. Die Entstehung der sparitischen Grundmasse erklärt sich derart, daß der Kalkschlamm, in welchem die Komponenten nach ihrem Transport abgesetzt wurden, ausgewaschen und die so gebildeten Zwischenräume durch primären Sparit erfüllt wurden. Wie CAROZZI (1960) festgestellt hat, müßte ein durch Umkristallisation gebildeter Sparit Reliktstrukturen erkennen lassen.

Diese Deutung des Mikrofazies-Typus 2 stimmt mit der von BERGEN-

BACK & TERRIERE (1953) und GLOVER (1955) gegebenen Erklärung für gleichartige Calcarenite mit gut gerundeten und sortierten Komponenten in sparitischem Zement (clear interstitial calcite) überein, wie sie an den Riff-Flanken bzw. an der dem back-reef-Bereich zugewendeten Seite ihre größte Verbreitung haben (vgl. S. 109).

Die verschiedenartige Verteilung von Sparit und Mikrit im Sauwand-Riff (vgl. S. 13) dürfte demnach zum Teil auf primäre Unterschiede im Ablagerungsmedium zurückzuführen sein, d. h. auf unterschiedliche Wasserbewegung insbesondere im Westen (Mikrofazies 2, starke Wasserbewegung) und in den anderen Teilen der Sauwand, wo mikritischer Kalkschlamm nur durch schwächere Strömungen transportiert oder gar nicht resedimentiert (Mikrofazies 7) wurde.

Die Farbe der Riffkalke ist auffallend gleichartig (verschieden intensives Grau). Ausnahmen bilden lediglich einige Proben aus dem Ost-Teil der Sauwand, wo grauschwarze, grobklastische Kalke und graue Kalke mit rötlich-braunen bis roten Scherben auftreten.

Inwieweit die dunkle Färbung mancher Riffkalke mit einem erhöhten Bitumengehalt zusammenhängt, wurde nicht untersucht. Nach BUCHTA, LEUTNER & WIESENEDER (1963, Tab. 3) konnte in einer vom Plateau der Sauwand stammenden Probe nur 44 ppm extrahierbare organische Substanz nachgewiesen werden.

(B) Komponenten

Der Aussagewert der Komponenten ist im wesentlichen von der spezifischen Bestimmung und von der räumlichen Verteilung (Sortierung, Transport) abhängig.

Die spezifische Bestimmung bzw. die genetische Deutung der als Pseudooide und Intraklaste bezeichneten Komponenten geht nach Möglichkeit von der Beobachtung an rezenten Sedimenten aus. Hier sind es insbesondere die Untersuchungen im Bereich der Bahama-Bank und an den Riffen des Pazifik, durch welche wertvolle Vergleichsdaten gewonnen wurden. Aber auch Arbeiten über fossile Riffe und Karbonatablagerungen liefern wesentliche Vergleichsmöglichkeiten.

(a) Genetische Deutung der Pseudooide und Intraklaste des Sauwand-Riffes

Der Begriff *Pseudooide* wurde von BORNEMANN (1886) vorgeschlagen und kürzlich neu definiert (FLÜGEL & KIRCHMAYER 1962). Er bezeichnet heute gut gerundete, struktur- und schalenlose Gefügekörner, deren Entstehung auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden kann, in den meisten Fällen aber nicht sicher erklärbar ist.

Die ursprüngliche Erklärung durch BORNEMANN bezog sich auf im Wasser abgerollte Kalktrümmer.

Von mehreren Autoren (TAKAHASHI & YAGI 1929, H. B. MOORE 1939, MORET 1940, DAPPLES 1942, WOLF 1960 a, MASLOV 1960 a) wurden die Pseudooide als „faecal pellets“ mariner Invertebraten gedeutet, wobei als Urheber der Koprolithen insbesondere Echinodermen und Gastropoden angesehen wurden. Wie KORNICKER & PURDY (1957) festgestellt haben, sind rezente Koprolithen im Bereich der Bahama-Bank nur dann erhaltungsfähig, wenn sie — was selten geschieht — rasch eingesedimentiert werden.

Die Deutung der Pseudooide als biochemische Produkte niederer Pflanzen (Bakterien — WOLF 1961, Algen — WOOD 1941, HADDING 1959) kann wohl nur in Einzelfällen verwendet werden (vgl. CAROZZI 1960).

Eine interessante Erklärung gab FRITZ (1958), der die Pseudooide als Stadium der Umkristallisation deutete, was auf Grund der Beobachtungen an subfossilen und rezenten Karbonaten (MAXWELL 1962) für eine Gruppe von Pseudooiden zutreffen könnte.

Auf die Deutung als Bahamite wird weiter unten eingegangen.

Im Bereich des Sauwand-Riffes spielen die Pseudooide im Vergleich mit den übrigen Komponenten nur eine untergeordnete Rolle (vgl. S. 25). Sie sind im wesentlichen an zwei Mikrofazies-Typen gebunden (Mikrofazies 3 und 4), wobei sie häufig eine deutliche Gradierung erkennen lassen (vgl. S. 26). Die durchschnittliche Korngröße zwischen 0,04 und 0,10 mm liegt weit unter den von CAROZZI (1960) angegebenen Durchschnittswerten von 0,05—5 mm, was zum Teil wohl dadurch bedingt ist, daß die Benennung dieser Karbonat-Komponenten noch nicht sehr einheitlich gehandhabt wird.

Die im allgemeinen gute Sortierung in Verbindung mit der guten Rundung und Sphärizität der Pseudooide spricht für eine Deutung als Koproolithen, da Algen-Abscheidungen oder anorganische Körner schwerlich ohne längerem Transport einen derart guten Sortierungsgrad erreichen, wie er bei den primär abgerundeten „faecal pellets“ möglich ist. (Vgl. Abb. 4).

Gegen einen Transport der Pseudooide spricht auch das Fehlen jedes Anzeichens von Ooid-Bildung; im Sinne der Vorstellung von CAROZZI (1957, 1960) würde dies bedeuten, daß die lokale Wellenbewegung für einen Transport der Pseudooide zu schwach war.

Im allgemeinen scheinen Pseudooide nur selten weit transportiert zu werden; meist werden sie offenbar im Entstehungsbereich sedimentiert. In fossilen Riffen finden sie sich in auffallender Regelmäßigkeit in dem durch geringe Wellenbewegung und ruhige Sedimentation gekennzeichneten back-reef-Bereich der Lagunen (PAPIU-CORVIN & KIZYK 1958, CASSINIS 1960, DIMITRIJEVIC 1961 u. a.).

Die Deutung der Intraklaste ist mit ähnlichen Schwierigkeiten verbunden wie die der Pseudooide:

Durch FOLK (1959) wurden als Intraklaste Kalkschlamm-Fragmente bezeichnet, die parasedimentär (penecontemporaneous) in gering konsolidiertem Zustand am Meeresboden aufgearbeitet und ohne besonderen Transport wieder resedimentiert worden sind. Dieser Deutung hat sich PETERSON (1962) angeschlossen, der von intraformationellen Bildungen spricht.

Nach WOLF (1961) können sich Intraklaste im speziellen Fall auch bilden, wenn eine submarine Auslaugung des die Kalksedimentations-Basis unterlagernden Gipses und damit ein Zusammenbruch der Mikritlagen erfolgt.

SANDER (1963) hat derartige intraformationelle Bildungen bereits mehrfach beschrieben und als paradiagenetische Erscheinungen, verursacht durch Wellenwegung, Organistentätigkeit etc. gedeutet.

Auch im Laufe der Umkristallisation kann es zu Bildungen kommen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit Intraklasten besitzen (MAXWELL 1962). Dies hat bereits W. VORTISCH (1951) erkannt, der die „subklastische Textur“ mancher oberrhätischer Riffkalke der Nordtiroler Alpen als Aufarbeitung von etwas verfestigtem Schlamm mit anschließender Umkristallisation erklärte.

Wie FOLK (1959) betont hat, umfaßt der Ausdruck Intraklast auch die durch ILLING (1954) von der Bahama-Bank beschriebenen, in situ gebildeten Karbonatkörner-Aggregate, welche durch BEALES (1956, 1958) als Bahamite auch aus fossilen Karbonatbildungen bekannt gemacht wurden und die SCHWARZACHER (1961) auch aus einem fossilen Riff beschreiben konnte. FOLK möchte Intraklast und Bahamite begrifflich nicht gleichsetzen, da Bahamite ein genetischer und Intraklast ein beschreibender Begriff ist.

Die Bedeutung, die durch CAROZZI (1960) den Bahamiten als selbständigem, auch in fossilen Ablagerungen weitverbreitetem Typus der Karbonatsedimentation zugemessen wird, macht es notwendig, die spezifischen Merkmale der Bahamite (zusammengestellt bei BEALES 1958) mit den Merkmalen der Intraklaste von der Sauwand zu vergleichen, um eventuelle Übereinstimmungen feststellen zu können (Tab. 11):

Tab. 11: Vergleich von Bahamiten und Intraklaste-führenden Kalken der Sauwand.

| Merkmale rezenter und fossiler Bahamite (BEALES 1958) | Intraklaste der Sauwand |
|---|--|
| (1) Reine Kalke, unlöslicher Rückstand gering (0,9—1,5 Gew. %)o | Unlöslicher Rückstand sehr gering (unter 0,01 Gew. %)o |
| (2) Körner mineralogisch einheitlich (Aragonit, Calcit). Gleichartige Entstehung | Körner mineralogisch einheitlich (Calcit) |
| (3) Struktur und Textur: mikrokristalline Körner, meist zu Aggregaten verbunden Größe: Silt- bis Feinsand-Größe | Meist als Sparit vorliegend Nicht zu Aggregaten verbunden. Größe: Fein- bis Mittel-sand. |
| (4) Gleichförmige Fazies über weite Flächen bei variablen Mikrofazies | Fazies gegliedert, Verzahnung der Mikrofazies |
| (5) Körner organogenen Ursprungs sowie Makrofossilien treten quantitativ stark zurück | Biogene oft gleich häufig wie Intraklaste |
| (6) Porosität sehr gering | nicht untersucht |
| (7) Anhydrit und Gips | nicht festgestellt |
| (8) Kreuzschichtung fehlt | nicht festgestellt |
| (9) Ooide selten | Ooide fehlen |

Zu Tab. 11 ist folgendes zu bemerken:

Die wesentlichen Unterschiede zwischen Bahamiten und den Proben von der Sauwand liegen in den Punkten (2), (3), (4) und (5). Insbesondere die verschiedene Größe und die abweichende Textur sowie das häufige gemeinsame Vorkommen mit Biogenen in einem gegliederten Ablagerungsraum sprechen gegen eine Deutung der Sauwand-Intraklaste als „bahamite grains“. Im Gegensatz zu den nur mit einer artenarmen Fauna und Flora vergesellschafteten Bahamiten der fossilen Riffe (vgl. SCHWARZACHER 1961) finden sich die Intraklaste der Sauwand zusammen mit Resten der verschiedensten Riffbauer- und bewohner.

Wie Tab. 3 zeigt, ist die Sortierung der Intraklaste im W-Teil der Sauwand auffallend gleichförmig. Die Sphärizität ist gut, der Rundungsgrad verschiedenartig ausgebildet. Die Korngestalt ist von der Korngröße anscheinend \pm unabhängig (Abb. 7, 8).

Die Verteilung der Intraklaste im Riffbereich ist auf zwei Mikrofazies-Typen beschränkt, bei welchen in Mikrofazies-Typus 2 Biogene und Intraklaste gemeinsam und gleichartig sortiert und gerundet auftreten, während in Mikrofazies 5 Biogene meist fehlen und die wirr gelagerten Intraklaste eine nur geringe Rundung zeigen. Mikrofazies 2 ist auf den W- und NW-Teil des untersuchten Gebietes sowie auf den Kamm des Stockerbauerkogels beschränkt; Mikrofazies 5 konnte nur an der Süd-Flanke der Sauwand festgestellt werden.

Im Sinne der von FOLK (1959) und SANDER (1936) gegebenen Erklärungen dürften die Intraklaste beider Mikrofazies-Typen auf intraformationelle bis paradiagenetische Bildungen zurückzuführen sein, wobei im West-Teil der Sauwand Transport und Resedimentation erfolgten, während an der Süd-Flanke Resedimentation (bzw. redeposition im Sinne von FOLK) ohne Verfrachtung vorsichtig.

(b) Bedeutung der Korn-Größen von Biogenen und Intraklasten

Untersuchungen über die Größe der „skeletal grains“ der rezenten Riffe des südlichen Florida haben gezeigt, daß verschiedene Ablagerungsmedien (Florida bay sediments und Reef tract bzw. die einzelnen Teile des Riffes) durch die Größe der meist organogenen Sedimentpartikeln und durch die verschiedene qualitative Zusammensetzung des organogen gebildeten Sedimentes erkannt werden können (GINSBURG 1956):

Die entlang von mehreren Traversen durch das Riffareal aufgesammelten Proben wurden in Dünnschliffen mit Hilfe der Point-Counter-Methode ausgemessen, wodurch — wie GINSBURG ausdrücklich betont — die Möglichkeit gegeben ist, die durch Schliffuntersuchungen an fossilen Riffen gewonnenen Resultate mit rezenten Verhältnissen zu vergleichen. Es ist klar, daß derartige Vergleiche nur Näherungswerte liefern können und daß Übereinstimmung der absoluten Werte nicht erwartet werden kann.

Nach GINSBURG liegt der Grenzwert, durch welchen die Korngrößen der verschiedenen Ablagerungsmedien prozentuell getrennt werden, bei 0,12 mm. Abb. 8 bei GINSBURG (1956) zeigt die Variation der Korngrößen im Riffareal, wobei fore-reef und back-reef durch hohe Prozentzahlen von Korngrößen kleiner als 0,12 mm ausgezeichnet sind, während die dazwischen liegende Über-

Tab. 12: Prozentuelle Häufigkeit von Biogenen und Intraklasten mit Durchmesser zwischen 0,20 und 0,30 mm in Proben verschiedener Mikrofazies-Typen

| Mikrofazies | Fundpunkt | Häufigkeit der Werte zwischen 0,20 und 0,30 mm in % |
|-------------|---------------------------------|---|
| 4 | Block unterhalb Stockerbaueralm | 0,5 |
| 4 | Block N Gehöft Stockerbauer | 0,5 |
| 4 | Weg Eibelbauer-Sauwand | 0,5 |
| 4 | Weg Eibelbauer-Sauwand | 0,5 |
| 2 | Sauwand — W, Fpt. | 14 |
| | 45/1 | |
| 2 | 45/2 | 11 |
| 2 | 45/3 | 38 |
| 2 | 45/4 | 24 |
| 2 | 45/5 | 29 |
| 2 | 45/6 | 25 |
| 2 | 45/8 | 24 |
| 2 | Promenadenweg | 13 |
| 2 | Stockerbauerkogel | 42 |
| 1 | NW Alpenrosenhütte | 32 |
| 1 | Weg Eibelbauer—Alpenrosenhütte | 28 |
| 3 | Sauwand — Kamm | 24 |
| 3 | Herterbauerkogel | 13 |
| 3 | Sauwand — SE | 21 |

gangszone geringere Prozentzahlen aufweist. Deutlicher als der Unterschied der Korngrößen ist die qualitative Zusammensetzung (fore-reef: Rotalgen, outer-reef-arc: Korallen, Rotalgen, *Halimeda*, back-reef: *Halimeda*).

Im Bereich des S a u w a n d - R i f f e s wurden nach Auswertung der durch Meßkularauszählung gewonnenen Daten folgende Verhältnisse festgestellt (vgl. Tab. 12):

Bei einem Klassenintervall von 0,10 mm liegen die am häufigsten gefundenen Werte zwischen 0,20—0,30 mm, wobei bei etwa 70% aller untersuchten Proben die Maximalwerte mit den am häufigsten vertretenen Werten zusammenfallen. Das Klassenintervall zwischen 0,20 und 0,30 mm wird daher als Grenzwert betrachtet, dessen prozentuelle Häufigkeit innerhalb der Grundgesamtheit zur Charakterisierung der verschiedenen Ablagerungsmedien herangezogen werden kann.

Als auffallenden Unterschied gegenüber den anderen Mikrofazies-Typen zeigt Mikrofazies 4 (Sauwand-E und Lesesteine im Bereich der Stockerbaueralm) nur sehr geringe Prozentsätze, was darauf zurückzuführen ist, daß es sich bei diesen Proben um Calcirudite handelt, deren Komponenten meist Größen zwischen 1,0 und 2,0 mm erreichen.

Die Prozentsätze in Proben vom Mikrofazies-Typus 2 schwanken zwischen 11 und 42%, wobei sich niedrige Prozentsätze (11, 13 und 14%) nur in Proben finden, in welchen das Klassenintervall 0,20—0,30 ausnahmsweise nicht auch den häufigsten Wert der Probe repräsentiert. Läßt man diese Proben beiseite, so ergeben sich für Mikrofazies 2 Prozentsätze zwischen 24 und 42, wobei die Gleichförmigkeit in einzelnen Teilen des an der Sauwand-Westflanke aufgenommenen Profiles auffallend ist.

Die Werte für die Biogene und Intraklaste der Mikrofazies-Typen 1 und 3 schwanken zwischen 13 und 32%, zeigen also gegenüber Mikrofazies 2 keine signifikanten Unterschiede, wenn man von geringen Maximalwerten absieht.

Die Größen-Messungen ergeben Resultate, die sich mit den von GINSBURG (1956) gewonnenen Ergebnissen nur teilweise vergleichen lassen: Im Gegensatz zu den Verhältnissen an rezenten Riffen, wo die Schuttareale des back-reef- und des fore-reef-Bereiches durch gleich hohe Prozentzahlen von Körnern ausgezeichnet sind, deren ϕ unter dem Grenzwert liegen, ist bei den diesen Bereichen entsprechenden Mikrofazies-Typen des Sauwand-Riffes ein deutlicher Unterschied zwischen den Calcareniten von der Sauwand-Westflanke bzw. vom Stockerbauerkogel und zwischen den Calciruditen der Sauwand-Ostflanke gegeben (Tab. 13).

Tab. 13: Prozentuelle Häufigkeit der unter und über den Grenzwert (0,20—0,30 mm) messenden Biogene und Intraklaste in Proben der Mikrofazies-Typen 1—4 (jeweils 30 Proben)

| Mikrofazies-Typus | Verbreitung | Prozentsätze < Grenzwert 0,20—0,30 | Prozentsätze > Grenzwert 0,20—0,30 |
|-------------------|---|--|--|
| 1 und 3 | Zentralteil der Sauwand, Herterbauerkogel | 20% | 50—80% |
| 2 | Sauwand-W und Stockerbauerkogel | 20% | 70—85% |
| 4 | Sauwand-E | 0% | 95,5% |

Tab. 14: Verbreitung der Faunen- und Florenelemente des Sauwand-Riffes im Bereich der verschiedenen Mikrofazies-Typen

| Gruppe | Ökologische Typen bzw. Großgruppen | Mikrofazies-Typen | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|-------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 2 | 4 | 7 |
| Foraminiferen | <i>Angulodiscus</i> | | | | | + |
| | Glomospiren | + | + | + | | |
| | Milioliden | + | + | + | + | |
| | Nodosarien | + | | + | | |
| | Opthalmidiiden | + | | + | | |
| | Rotalien | + | + | + | | |
| | Labyrinthinen | + | + | + | + | |
| | Nubecularien | + | + | | | |
| Spongien | Triasinen | | | | + | |
| | <i>Peronidella</i> | + | + | | + | + |
| | Spongien Typus Y | + | | | | |
| | Unbestimmbare Spongienreste | + | + | | + | |
| Hydrozoen | <i>Spongiomorpha</i> | + | | | | |
| | <i>Stromatomorpha</i> | + | | | | |
| Korallen | Astrocoenien | + | | | | |
| | Thamnasterien | + | | | | |
| | Palaeastreen | + | | | + | |
| | Thecosmilien | | + | | | |
| | Montlivaultien | + | | | | |
| | <i>Stylophyllopsis</i> | + | | | | |
| Bryozoen und Tabulozoen | Bryozoen Gruppe 1 | + | | | | |
| | Bryozoen Gruppe 2 | + | + | | | |
| | <i>Paramonotrypella</i> | + | + | | + | |
| | Tabulozoen | + | | + | | |
| Brachiopoden | Rhynchonelliden | + | | | | |
| | Schalen-Reste | + | | + | + | |
| Lamelli-branchiaten | Megalodonten | + | | | | |
| | Schalen-Reste | + | + | + | | |
| Gastropoden | Kleingastropoden | + | | + | | |
| Ostrakoden | Unbestimmbare Formen | | | + | | |
| | Würmer | + | | + | | |
| Echinodermen | Seeigel-Stachel | + | | + | | |
| | Crinoiden-Reste | + | + | + | | |
| | Holothurien-Platten | + | + | + | + | |
| Kalkalgen | Solenoporaceen | + | + | | + | |
| | Codiaceen | + | + | + | | |
| | Dasycladaceen | + | + | | + | |
| | Spongiostromen | + | | + | | |
| Problematika | <i>Cheilosporites</i> | + | | | | |
| | <i>Microtubus</i> | + | + | + | + | |
| | Problematikum 3 | + | + | | | |

Wie GINSBURG betont, ist der Übergang zwischen den einzelnen Riffbereichen — was die Größe der Sedimentpartikel betrifft — ein gradueller, während die qualitative Zusammensetzung der das organogene Material liefernden Fauna und Flora einen nach verschiedenen Ablagerungsmedien abgestimmten, progressiven Wechsel erkennen läßt. Der Umstand, daß zwischen den im Riff lebenden, sediment-erzeugenden Organismen und zwischen den organogenen Resten der Schuttareale große qualitative Gemeinsamkeiten bestehen, wird von GINSBURG dahin gedeutet, daß kein besonderer Transport in und zwischen den „sub-environments“ stattfindet.

(c) Verbreitung der biogenen Komponenten

Tab. 5 zeigt die Verbreitung der im Dachsteinriffelkalk der Sauwand festgestellten Fossilreste, aufgegliedert nach Mikrofazies-Typen. In Tab. 14 sind die Ergebnisse der paläontologischen Untersuchung nochmals dargestellt, wobei die Fossilien nach Gruppen und ökologischen Typen zusammengefaßt sind:

In Tab. 14 wurde die Verbreitung von 41 Faunen- und Floren-Elementen innerhalb der Mikrofazies-Typen dargestellt. Davon treten 38 (= 93%) in Mikrofazies-Typus 1 auf, 18 Elemente (44%) sowohl in Mikrofazies 2 als auch in Mikrofazies 3, 12 Elemente (39%) in Mikrofazies 4 und nur 2 Elemente (5%) in Mikrofazies 7 auf. Trotzdem diese Auszählung insofern ungleichwertig ist, als Fossilgruppen und Fossilgattungen miteinander verglichen wurden, lassen sich aus der Tabelle die faunistischen und floristischen Übereinstimmungen und Unterschiede zwischen den einzelnen Mikrofazies-Typen gut ablesen:

Tab. 15 zeigt die Anzahl der den Mikrofazies-Typen gemeinsamen biogenen Elemente. Bedingt durch die Ungleichwertigkeit der der Tabelle zugrunde

Tab. 15: Anzahl der den Mikrofazies-Typen gemeinsamen Faunen- und Floren-Elemente

| Mikrofazies | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 |
|-------------|----|----|----|----|---|
| 1 | 38 | | | | |
| 2 | 16 | 18 | | | |
| 3 | 17 | 9 | 18 | | |
| 4 | 11 | 5 | 9 | 12 | |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 |

liegenden Daten ist eine statistische Korrelation nicht möglich. Eine einfache Auszählung der gemeinsamen Elemente darf jedoch die qualitativen Unterschiede unter den Biogenen der einzelnen Mikrofazies-Typen nicht vergessen, wie sie aus Tab. 14 ersichtlich sind:

Mikrofazies 1 und Mikrofazies 4: Beiden Mikrofazies-Typen gemeinsam sind unter den Foraminiferen nur Labyrinthinen und Milioliden, unter den Korallen nur Palaeastreen und unter den Bryozoen nur *Paramonotry-*

PELLA; Spongien, Brachiopoden-Schalen, Holothurien-Reste, Solenoporaceen und Dasycladaceen sowie *Microtubus* finden sich in beiden Mikrofazies-Typen.

Nur auf Mikrofazies 1 beschränkt sind Nodosarien, Ophthalmidiiden, Rotalien, Nubecularien, Hydrozoen, die meisten Korallen, Bryozoen der Gruppen 1 und 2, Rhynchonelliden, Megalodonten, Kleingastropoden, Serpeln, Ostrakoden, Seeigel-Stachel und Crinoiden-Stielglieder, Codiaceen, Spongiostromen, *Cheilosporites* und Problematikum 3.

Mikrofazies 1 und Mikrofazies 3: Hier finden wir weitgehende Übereinstimmung unter den Foraminiferen, Spongien, Bryozoen, Muschel-Resten, Crinoiden- und Holothurien-Fragmenten, Kalkalgen und *Microtubus*; keine gemeinsamen Elemente finden sich unter den Hydrozoen, Brachiopoden, Kleingastropoden, Ostrakoden, Würmern, Seeigel-Stacheln, *Cheilosporites* und Problematikum 3.

Mikrofazies 3 und Mikrofazies 4: Übereinstimmung besteht unter den Milioliden und Labyrinthinen, den Spongien und *Paramonotrypella*, Muschel-Schalen, Holothurien-Platten, Dasycladaceen und *Microtubus*. In Mikrofazies 4 fehlen im Vergleich mit Mikrofazies 3 Glomospiren, Rotalien, Nubecularien, alle Korallen, verschiedene Bryozoen, Codiaceen und Problematikum 3.

Mikrofazies 4 und Mikrofazies 2: Diese beiden Mikrofazies-Typen haben nur Milioliden, Labyrinthinen, Brachiopoden-Schalen, Holothurien-Platten und *Microtubus* gemeinsam, während unter Schwämmen, Korallen, Bryozoen und Algen keine Gemeinsamkeiten bestehen.

Mikrofazies 2 und Mikrofazies 3: Gemeinsam sind Glomospiren, Milioliden, Rotalien, Labyrinthinen, Muschel-Schalen, Crinoiden- und Holothurien-Reste, Codiaceen und *Microtubus*. Keine Übereinstimmung besteht bei Nodosarien und Ophthalmidiiden, Nubecularien, Spongien, Korallen, Bryozoen, Brachiopoden, Kleingastropoden, Ostrakoden, Würmern, Seeigel-Stacheln, Solenoporaceen, Dasycladaceen, Spongiostromen und Problematikum 3.

Die Mikrofazies-Typen 1 und 7 bzw. 3 und 7 haben an Faunenelementen nur *Peronidella* gemeinsam. Auf Mikrofazies 7 allein beschränkt ist *Angulodiscus*, was auf einseitige bionomische Bedingungen schließen läßt.

Räumlich gesehen verzahnen sich Kalke vom Mikrofazies-Typus 2 mit Kalcken vom Typus 1 und 3 (an der Westflanke der Sauwand, im NW-Teil der Sauwand und in der Gipfelregion des Stockerbauerkogels); Kalke vom Mikrofazies-Typus 1 und Kalke vom Mikrofazies-Typus 3 finden sich in enger räumlicher Nachbarschaft, insbesondere im zentralen Teil der Sauwand und am Herterbauerkogel. Mikrofazies 1 verzahnt sich im Ostteil der Sauwand mit Mikrofazies 4. Im Bereich des Stockerbauerkogels stoßen Kalke der Mikrofazies-Typen 2 und 7 einerseits und 3 andererseits aneinander (vgl. Abb. 10).

Die benachbarten Mikrofazies 2 und 1 bzw. 3 haben Foraminiferen, Mollusken- und Echinodermenreste, sowie Codiaceen und *Microtubus* gemeinsam, wobei letzterer in Proben vom Mikrofazies-Typus 2 quantitativ stark zurücktritt. In auffälliger Weise fehlt in Mikrofazies 2 die eigentliche riffbauende Fauna und Flora wie Korallen, Bryozoen, Spongien, Solenoporaceen, die in den Mikrofazies-Typen 1 und 3 in reicher Individuenzahl vertreten ist. Desgleichen fehlen in Mikrofazies 2 sessile Organismen wie Spongiostromen und Problematikum 3.

Wie Tab. 3 zeigt, weisen die Komponenten in Proben vom Mikrofazies-Typus 2 eine gleichmäßige gute Sortierung auf. Die Intraklaste und Biogene be-

sitzen eine verschiedenartige Sphärizität und Rundung. Der hohe Offenheitsgrad (8—10) spricht für einen Transport der Komponenten vor deren Zementierung und auch die sparitische Grundmasse läßt sich in diesem Sinne deuten (vgl. S. 44).

Unter der Berücksichtigung der qualitativen Zusammensetzung der biogenen Komponenten von Mikrofazies 2 und unter Beachtung der textuellen Merkmale dieser Calcarene läßt sich das Ablagerungsmedium der Kalke vom Mikrofazies-Typus 2 folgendermaßen kennzeichnen:

Sedimentation von Biogenen, die aus dem Riffbereich stammen, aber eine Sonderung und Verfrachtung hinter sich hatten. Dafür sprechen das Fehlen der im zentralen Riffbereich häufigen Faunen- und Florenelemente, die gute Sortierung und der hohe Offenheitsgrad sowie das gemeinsame Vorkommen mit transportierten und resedimentierten Intraklasten. Durch stärkere Wasserbewegung wird der Kalkschlamm, in welchem die Komponenten abgesetzt wurden, ausgewaschen und es bildet sich zwischen den Biogenen und Intraklasten primärer Sparit.

Ob die Biogene vor ihrer Sedimentation weit oder weniger weit transportiert wurden, läßt sich nicht sicher sagen. Die verschiedene Rundung und Sphärizität sowie die bestehenden Gemeinsamkeiten mit den Faunen- und Florenelementen der Mikrofazies-Typen 1 und 3 könnten dafür sprechen, daß nur eine geringe räumliche Verfrachtung erfolgte. Eine derartige Deutung würde der von GINSBURG (1956) gegebenen Erklärung entsprechen (vgl. S. 50).

Die hier geschilderten Ablagerungsbedingungen entsprechen den Sedimentationsverhältnissen, wie sie in rezenten Riffgebieten im Bereich der back-reef-Bereiche herrschen (vgl. GOLDMANN 1926, CRICKMAY 1945, FAIRBRIDGE 1951, McNEIL 1954, JOHNSON 1957, CLOUD 1959, KORNICKER & BOYD 1962 etc.) und wie sie auch in charakteristischer Weise aus fossilen Riffen bekannt sind (z. B. HENSON 1950, NEWELL et al. 1953, OHLEN 1959 u. a.). Vgl. S. 109!

Auch die Deutung des **Mikrofazies-Typus 4** muß von den Gemeinsamkeiten und Unterschieden unter den Biogenen dieses Mikrofazies-Typus und der mit ihm verzahnten Mikrofazies-Typen, insbesondere 1, ausgehen. Beiden Mikrofazies-Typen gemeinsam sind Spongien, Brachiopoden-Schalen, Holothurien-Reste, Solenoporaceen, Dasycladaceen und *Microtubus*. In ähnlicher Weise wie beim Versuch von Mikrofazies 1 bzw. 3 und Mikrofazies 2 fehlen auch bei Mikrofazies 4 wesentliche riffbildende Elemente, wie Thecosmilien, sessile Foraminiferen, Spongiostromen, *Cheilosporites* etc. Es handelt sich um einen Calcirudit mit verhältnismäßig großen, nicht oder nur gering gerundeten biogenen Komponenten, die in eine dunkle, mikritische Matrix eingelagert sind (vgl. S. 28 und Taf. 7). Bereits im Gelände fällt die grauschwarze Farbe der Kalke auf.

Mit Mikrofazies 2 bestehen nur bei jenen Biogenen Gemeinsamkeiten, die in den meisten Mikrofazies-Typen auftreten (Milioliden, Brachiopoden-Schalen, Holothurien-Platten, *Microtubus*). Die unterschiedliche Textur trennt die beiden Typen klar voneinander.

Mikrofazies 4 ist nur im Ost-Teil der Sauwand verbreitet. Proben aus dem Anstehenden stammen aus dem Bereich östlich der Alpenrosenhütte, Weg Sau-

wand-Eibelbauer; Lesesteine, die als große, abgerollte Blöcke von bis zu 50 cm ϕ vorliegen, wurden an drei Stellen unterhalb der Stockerbaueralm — bereits im Areal der anstehenden Mürztaler Schichten — gefunden. Mit in der Farbe ähnlichen Mürztaler Kalken ist weder mikrofazial noch geochemisch eine Verwechslung möglich. Das Schliffbild entspricht dem der aus dem Anstehenden stammenden Proben. Es ist daher wahrscheinlich, daß diese Proben synsedimentär aus dem Riffbereich gelöste Teile darstellen, die vor der Riffkante in Kalkschlamm des tieferen Wassers sedimentiert wurden.

Der Umstand, daß sich in den Höhlungen zwischen den nicht abgerollten und nicht transportierten Fossilresten und Biogenen dieser Blöcke gradierte Pseudooide finden (vgl. S. 21), scheint dafür zu sprechen, daß nach Ablagerung der Biogene eine ungestörte Sedimentation erfolgte, wie sie im Anschluß an tektonische Beben oder Sturmfluten im großen (KUENEN 1959) und im kleinen Bereich (CAROZZI 1960) als Gradierung der Sedimentkörner auftritt.

Ein rezentes, möglicherweise als Analogon zu wertendes Ereignis haben HOUTZ & WELLMAN (1962) aus Riffen der Fidschi-Inseln beschrieben, wo eine durch tektonische Beben verursachte Absenkung des Riffee zur Sedimentation von mehreren Hundert Kubikmetern grobblockigem Material vor der Riffaußenkante führte, in deren Anschluß Trübeströmungen und Korngradierungen auftraten.

Die Textur und qualitative Zusammensetzung der Komponenten weisen darauf hin, daß es sich bei den Kalken vom Mikrofazies-Typus 4 um Ablagerungen des fore-reef-Bereiches handelt, um Riff-Brekzien, wie sie bei rezenten Riffen an den, dem offenen Meer zugewandten Außenrand auftreten und wie sie auch von fossilen Riffen beschrieben wurden (z. B. DIMITRIJEVIC 1961).

Die Deutung der übrigen Mikrofazies-Typen erfolgt im Zusammenhang mit der Zusammenfassung aller vorliegenden Aussagen (vgl. S. 55).

(d) Auswertung der Geopetalgefüge und der Resedimente

Geopetale Gefüge treten in verschiedener Form auf (S. 21). Ihre Auswertung für die sedimentologische Interpretation geht von der Verbreitung und relativen Häufigkeit aus:

Die meisten orientiert entnommenen Proben, in welchen als Geopetalgefüge verwendbare Strukturen festgestellt wurden, zeigen an, daß keine normale Lagerung („gewölbt oben“, „Sparthaube“, normale Korngradierung etc.) vorhanden ist und daß das Sediment resedimentiert wurde. Besonders Proben vom Mikrofazies-Typus 5 von der Süd-Flanke der Sauwand erweisen sich als Resedimente, wobei auch Mehrfachsedimentation im Sinne von WEYNSCHENK (1949) auftritt, was darauf zurückzuführen sein dürfte, daß dieser Mikrofazies-Typus durch intraformationell gebildete und durch stärkere Wasserbewegung aufgearbeitete Intraklaste gekennzeichnet ist.

Wie Abb. 10 zeigt, fanden sich Proben mit Mikrofazies 5 insbesondere an den südlichen Steilwänden der Sauwand sowie an den den Herterbauerkogel und die isolierten Riffkalk-Vorkommen westlich des Herterbauerkogels begrenzenden Felswänden. Bei diesen Riffkalk-Vorkommen und beim Herterbauerkogel handelt es sich offensichtlich um Gebiete, welche von Störungen begrenzt sind (vgl. E. FLÜGEL 1963 c). Es wäre daher denkbar, daß Mikrofazies 5 nicht

auf sedimentäre Anlage sondern auf tektonischen Ursprung zurückzuführen ist und daß die Intraklaste Bestandteilen von tektonischen Feinbrekzien entsprechen. Für eine derartige Deutung konnten jedoch, außer der Lage der Probenpunkte an Störungen, keine Hinweise (wie z. B. das Auftreten von Mylonitisierung, durch Calcit verheilte Fugen höherer Ordnung etc.) gefunden werden.

Ein Versuch, die Geopetalgefüge zur Feststellung der ursprünglichen Riff-Flanken-Neigung heranzuziehen, führte zu keinen befriedigenden Ergebnissen. Im Ost-Teil der Sauwand, in der Nähe des fore-reef-Bereiches, konnten in Kalken vom Mikrofazies-Typus 3 vereinzelt verstellte Wasserwaagen sowie gefüllte Kleinhöhlen beobachtet werden, die eine ursprüngliche Sediment-Neigung von etwa 20 Grad anzudeuten scheinen. Die nur in wenigen Proben vorliegenden Beobachtungen lassen jedoch keine sicheren Aussagen zu.

Die weite Verbreitung der verstellten und gestörten Geopetalgefüge in Proben vom Mikrofazies-Typus 1 und 3 spricht dafür, daß im Sedimentationsbereich dieser Kalke verhältnismäßig starke und unterschiedliche (gleichmäßige Verteilung von Mikrit und Sparit, vgl. S. 14) Wasserbewegung geherrscht hat. Offenbar kam es aber nicht zur Verfrachtung und zu weitreichender Transportierung der Komponenten, da diese bei den Mikrofazies-Typen 1 und 3 meist nicht zerkleinert, nicht abgerundet und schlecht sortiert sind. Außerdem treten häufig biogene Anlagerungen von Foraminiferen und Algen auf, wie sie im Lebensbereich der Riffbildner üblich sind (z. B. Nubecularien, vgl. FRITZ 1958).

(C) Umkristallisation und Diagenese

Die Schliffuntersuchung lieferte einige Daten, die Aussagen zum Grad der Umkristallisation und über para- bis postdiagenetische Erscheinungen in Riffkalken ermöglichen.

Die Vorstellungen über den Gang der Umkristallisation von Karbonaten sind noch wenig einheitlich (vgl. SCHWARZACHER 1961).

Die folgenden Vergleiche stützen sich auf die Untersuchungen von MAXWELL (1962) an subfossilen und rezenten Karbonaten im australischen Barriere-Riff und auf die Beobachtungen von NEWELL et al. (1953), BEALES (1956), SUJKOWSKI (1958), BATHURST (1958) und SCHWARZACHER (1961) an fossilen Karbonaten.

In den Riffkalken der Sauwand treten, allerdings nur selten, Höhlenfüllungen auf, deren Gefügebilder den von SCHWARZACHER (1961) beschriebenen Strukturen gleichen. Calcitrasen kleiden die Wände von Kleinhöhlen aus, die noch zu Lebzeiten des Riffes offen gewesen sein müssen, da die Höhle nachträglich mit Pseudoiden und Biogenen gefüllt und dann erst durch Sparit verschlossen wurde.

Feine calcitische Säume um Komponenten, wie sie als bezeichnend für fortgeschrittene Diagenese angesehen werden (vgl. NEWELL et al. 1953, BEALES 1956), konnten in Schliffen aus den Sauwand-Kalken nicht beobachtet werden.

Die von MAXWELL als opake Zusammenballungen bezeichneten Bildungen haben nach der Abbildung Ähnlichkeit mit manchen Intraklasten (vgl. S. 45). Die Größe der Intraklaste in den Proben von der Sauwand und das Vorkommen in einer anscheinend nur wenig umkristallisierten Mikrofazies sprechen jedoch gegen eine derartige Deutung.

Relativ selten zeigen die Riffkalk-Schliffe deutliche Umkristallisation in

Form von Kornvergrößerung und Zwillingsamellierung (insbesondere Mikrofazies 6 und 5).

Der Grad der Umkristallisation der Sauwand-Riffelkalke scheint im gesamten Untersuchungsbereich gleich gewesen zu sein. Dafür spricht der in allen Teilen des Riffes gleichförmige Verlust an Sr im Laufe der Diagenese. Die Untersuchungen von STEHLI & HOWER (1961) haben gezeigt, daß fossile Riffe im Vergleich mit rezenten Riffen bedingt durch die Diagenese der Sedimente Sr verloren haben, wobei jedoch die relative Verteilung im Riff-Komplex unangetastet bleibt.

Die zwischen Fossilresten auftretenden Mikrostylolithen reichen nie in die Grundmasse hinein. Insbesondere Proben vom Mikrofazies-Typus 4 zeigen dies deutlich und sprechen für die von BERGENBACK & TERRIERE (1953) und CAROZZI (1960) gegebene Deutung ähnlicher Verhältnisse, wonach die Mikrostylolithen-Bildung an den Grenzen der eckigen Komponenten eine schon vor der Sedimentation dieser Komponenten weit fortgeschrittene Lithifikation voraussetzt, d. h., daß das Riff während des Wachstums kontinuierlich lithifiziert wurde. Die syndimentäre Entstehung der Mikrostylolithen im Anschluß an die Verfestigung der Gesteinskomponenten wird auch von YOUNG (1953) und RYBAKOV (1959) vertreten.

Fig. 4 auf Taf. 2, Fig. 4 auf Taf. 3 und Fig. 2 auf Taf. 8 zeigen Hohlräumfüllungen, welche die unterschiedliche Stärke der Diagenese andeuten (offene und geschlossene Kleinhöhlen).

(D) Aussage der Mikrofazies-Typen

Während bisher im wesentlichen die Aussagekraft der einzelnen Mikrofazies-Merkmale besprochen wurde, sollen im folgenden jene Aussagen behandelt werden, die sich aus den Mikrofazies-Typen ergeben.

Auf die regionale Beständigkeit von Mikrofazies-Typen innerhalb gleicher Sedimentationsräume soll hier nicht eingegangen werden, diese Frage ist bei E. FLÜGEL (1963 b) besprochen und in positivem Sinn beantwortet (vgl. auch FAIRBRIDGE 1954, REY 1954, CUVILLIER 1961).

Wie die Auswertung der mikrofazialen Merkmale gezeigt hat, lassen sich innerhalb des Sauwand-Riffes gleichartige, genetisch ähnliche Mikrofazies-Typen (1 und 3) und verschiedenartige, genetisch ungleiche Mikrofazies-Typen (2, 4, 5, 7) sowie ein Typus (6) unterscheiden, der möglicherweise das Ergebnis von Veränderungen im Laufe der Umkristallisation ist. Mikrofazies 2 und 4 stellen verschiedenartige Schutt-Bildungen dar, während sich die Mikrofazies-Typen 1 und 3 auf Ablagerungsräume beziehen lassen, in denen die aufbauende Aktivität der Organismen die natürliche Zerstörung und Abtragung des Riffes übertraf. Mikrofazies 5 stellt insofern eine Sonderentwicklung dar, als hier frühdiagenetische Störungen der Sedimentation angezeigt sind (vgl. S. 56).

Die räumliche Beziehung der Mikrofazies-Typen (Abb. 10) läßt zwischen Mikrofazies 1 und 3 enge Zusammenhänge erkennen, die auch durch die Auswertung des Fossilinhaltes bestätigt werden (S. 51). Bei beiden Mikrofazies-Typen handelt es sich auf Grund der geringen Transportierung und Zerkleinerung der biogenen Komponenten um Sedimente, welche in einem von verschiedenen starken, meist wohl geringen Strömungen erfüllten Ablagerungsmedium abgesetzt werden, wobei die im Kalkschlamm sedimentierten organogenen Fragmente häufig von biogenen Anlagerungskrusten umhüllt wer-

den (Spongiostromen, Nubecularien, Problematikum 3). Dies deutet (a) auf einen Mangel an Substrat, welches den Organismen als Unterlage dienen konnte und (b) auf geringe Wassertiefen, da Algen etc. in ihrer bathymetrischen Verteilung starken Beschränkungen unterworfen sind (vgl. S. 58).

Die Sedimentation im Bereich der Mikrofazies-Typen 1 und 3 scheint demnach durch folgendes zeitliches Schema charakterisiert zu sein:

(a) Ansiedlung von riffbauenden Organismen (Spongien, Korallen, Solenoporaceen, Hydrozoen, Bryozoen) in einem, von verschiedenen starken Strömungen erfüllten Flachmeerareal. (b) Submarine Abtragung der lebenden Riffbildungen und Sedimentation des Detritus in Nachbarschaft der Liefergebiete, noch im Bereich der Wirksamkeit von Photosynthese und (c) Verwertung der sedimentierten Biogene als Substrat für Algen und sessile Foraminiferen. Die in Proben vom Mikrofazies-Typus 1 und 3 besonders häufigen Röhren von *Microtubus* könnten dafür sprechen, daß in der Umgebung der eigentlichen Riffbildner eine intensive Durcharbeitung des feinschlammigen Sedimentes durch Würmer erfolgte.

Der in Schriffen feststellbare hohe Prozentsatz von resedimentierten Biogenen spricht dafür, daß die eigentlichen, sessilen Riffbildnern im gesamten Ablagerungsraum von Mikrofazies 1 und 3 nur eine geringe Fläche einnahmen. Diese Vermutung wird auch durch die Feldbeobachtung unterstützt, wonach riffbildende Organismen in situ und in größerer Zahl nur selten festzustellen sind. Die Umgebung derartiger Riffbildner ist schon in einer Entfernung von wenigen Metern durch Kalke gekennzeichnet, die im Schliff deutliche Resedimentation erkennen lassen.

Das Ablagerungsmedium von Mikrofazies 2 wurde bereits charakterisiert:

(a) Sedimentation von qualitativ gesonderten Biogenen, die aus dem Bereich der Mikrofazies-Typen 1 und 3 stammen. Die Ablagerung erfolgt nach Transport und Sortierung der Komponenten in einem dem zentralen Riff-Areal benachbarten Gebiet. (b) Auswaschung des Kalkschlammes und Füllung des derart entstandenen Porenvolumens mit sparitischem Zement.

Mikrofazies 4 erlaubt folgende Aussagen:

(a) Ansiedlung riffbildender Organismen (insbesondere Spongien und Solenoporaceen) am Riff-Außenrand. (b) Zerstörung dieser Riffpartien und Sedimentation der „Riff-Brekzien“ in tieferem Wasser vor der Steilkante der fore-reef-Flanke. (c) Sedimentation von Feinschlamm und Pseudooiden zwischen dem grobblockigen Riffschutt.

Mikrofazies 5 scheint für frühdiagenetische Störungen des noch nicht konsolidierten Sedimentes in einem Ablagerungsmedium zu sprechen, das durch abweichende bionomische Bedingungen (und zu starke Wellenbewegung) ohne Organismen war. Eine andere Deutung wird auf S. 53 gegeben.

Mikrofazies-Typus 6 ist durch Umkristallisation entstanden.

Von besonderem Interesse ist Mikrofazies-Typus 7, ein Mikrit mit zahlreichen Resten von *Angulodiscus*, Ostrakoden und Kleinforaminiferen und ohne riffbildende Organismen. Mikrofazies 7 ist nur auf den Stockerbauerkogel beschränkt und verzahnt sich hier mit Kalken vom Mikrofazies-Typus 2 und mit solchen vom Typus 3 (vgl. S. 57).

Wie OHLEN (1959) und FABRICIUS (1960 a) festgestellt haben, scheint die ursprünglich aus der Mergel-Fazies beschriebene Foraminiferengattung

Angulodiscus (KRISTAN 1957) in der Kalk-Fazies ein bestimmtes Ablagerungsmedium zu charakterisieren, das durch ein feinschlammiges, calcilitisches Sediment und durch eine sehr artenarme und meist allein auf *Angulodiscus* beschränkte Fauna gekennzeichnet ist. Das Fehlen von mikrofazialen Merkmalen, die für die Resedimentation sprechen, weist darauf hin, daß im Bereich der Kalke vom Mikrofazies-Typus 7 eine gleichmäßige, ungestörte Sedimentation erfolgte, wie sie in geschützten Teilen der Lagune möglich ist (vgl. McKEE 1957).

Die Verknüpfung von Mikrofazies 7 mit Mikrofazies 2 unterstützt diese Erklärung und bestätigt die von FABRICIUS (1960 a) gegebene Deutung der *Angulodiscus*-Kalke als back-reef-Sedimente.

1. 1. 2 Paläontologische Daten

(A) Palökologische Analyse

Der palökologische Aussagewert der paläontologischen Daten wird in Anlehnung an das von CLOUD (1959) gegebene Schema der palökologischen Analyse besprochen. Nach CLOUD werden bei palökologischen Untersuchungen folgende Methoden verwendet:

- (a) Vergleich der in Gegenwart und Vergangenheit gleichartig ausgebildeten Litho- und Biofazies (parallel associations)
- (b) Allgemeiner Vergleich der Lebensbedingungen fossiler und rezenter Organismen (gross functional analogy)
- (c) Deutung der Morphologie fossiler Organismen auf Grund des Baues einzelner Organe (adaptive characters)
- (d) Erkennung von funktionellen Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt, die sich als Regeln dokumentieren (gradient relationships)
- (e) Auswertung geochemischer Daten (geochemical evidence)
- (f) Auswertung sedimentologischer Daten (sedimentological evidence)

Die zuletzt angeführte Methode deckt sich mit der mikrofazialen Analyse, die Auswertung geochemischer Daten erfolgt im nächsten Abschnitt (vgl. S. 61). Als ergänzender Untersuchungsgang wird in der nachfolgend gegebenen palökologischen Analyse der Vergleich mit fossilen Organismen angeschlossen.

Allgemeiner Vergleich der Lebensbedingungen fossiler und rezenter Organismen.

Diese am häufigsten angewandte palökologische Methode ist mit zahlreichen Unsicherheitsfaktoren verbunden, auf welche kürzlich TEICHERT (1958) und CLOUD (1959) hingewiesen haben. Bei dem Vergleich der Lebensbedingungen rezenter Organismen mit den vermuteten Lebensbedingungen der fossilen Formen ist darauf zu achten, daß (a) die Vergleiche innerhalb der selben Biotope gezogen werden (also Vergleich rezente Riffkorallen/fossile Riffkorallen) und (b), daß an rezenten Organismen gewonnenen ökologischen Daten nur dann auf die fossilen Formen übertragen werden können, wenn auch die Ergebnisse anderer palökologischer Untersuchungsmethoden dafür sprechen.

Von den im Sawand-Riff vertretenen Organismen-Gruppen können nur Kalkschwämme und Korallen mit rezenten Formen verglichen werden, da die rezente ökologischen Daten der anderen Gruppen (Hydrozoen, Echinodermen) nur unspezifische Aussagen zulassen oder weil verschiedene Organismengruppen (Foraminiferen, Algen) quantitativ eine zu untergeordnete Rolle spielen, als daß an die aus Vergleichen mit rezenten Form gewonnenen Ergebnisse größere Schlußfolgerungen geknüpft werden könnten.

Generell gesehen finden sich die rezenten Vertreter auch dieser Gruppe in warmen, gut durchlichteten Flachwasser-Bereichen, wie aus den Angaben für

Codiaceen (KONISHI 1961), Dasycladaceen (CLOUD 1952) und Spongiostromen (GINSBURG & LOWENSTAM 1958) hervorgeht.

Tab. 16 zeigt die ökologischen Merkmale rezenter Kalkschwämme und Korallen aus Riff-Biotopen. Durch die von de LAUBENFELS (1957) und WELLS (1957) gegebenen Übersichten erscheinen die mitgeteilten Daten weitgehend bestätigt und können als Angaben über die durchschnittlichen bzw. extremen ökologischen Verhältnisse der rezenten,

Tab. 16: Ökologische Merkmale rezenter riffbildender Kalkschwämme (nach J. WALTHER 1893/94, BURTON, 1948, de LAUBENFELS 1936, 1957) und Korallen (nach VAUGHAN & WELLS 1943, CLOUD 1952, WELLS 1957, GOREAU 1961)

| | Kalkschwämme | Korallen |
|---------------------------|---|--|
| Wassertiefe | meist geringer als 100 m, optimal 4—18 m | bei hermatypischen Arten maximal 90 m, oft weniger als 50 m und optimal geringer als 20 m. Tiefengrenze für aktives Riff-Wachstum bei 46 m, optimales Riffwachstum 26 m. |
| Wassertemperatur | Warmwasser, geringe Toleranz | Jahresminimum nicht unter 18° C, minimaler Durchschnitt des kältesten Monats nicht unter 22° C. Maximaltemperatur 36°, Optimum 23—29° C |
| Wasserbewegung | optimal Strömungen von 2—3 km/h, stagnierendes oder stark bewegtes Wasser sehr ungünstig | verschieden stark, lebensnotwendig zur Nahrungszufuhr und Abwehr der Verschlammung |
| Durchlichtung des Wassers | fast immer gut, aber für die Standortwahl nicht ausschlaggebend | lebensnotwendig, optimale Photosynthese bei 4 m Wassertiefe |
| Salinität | normal, Toleranzgrenze gering | Toleranz 27—40‰, optimal 34—38‰ |
| Durchlüftung des Wassers | gut | sehr gut |
| Sedimentation | starke Sedimentation von Feinschlamm sehr ungünstig | Sedimentation in Suspensionsform tolerierbar, starke Sedimentation sehr ungünstig |
| Substrat | harte Unterlage erforderlich (Felsen, Skelette anderer Invertebraten oder auch von Schwämmen) | harte Unterlage erforderlich (Felsen oder Skelettreste) |

hermatypischen Korallen und der in gehäufte Form auftretenden Kalkschwämme gewertet werden.

Im Sauwand-Riff finden sich Korallen und Spongien zum Teil wohl im gleichen Ablagerungsmedium (Mikrofazies-Typus 1 und 3), meist aber sind in Proben und auch im Felde entweder fast ausschließlich Spongien

oder nur Korallen zu beobachten. Dies spricht dafür, daß bei Gleichartigkeit der wesentlichen ökologischen Faktoren (Wassertiefe, Wassertemperatur, Substrat, Salzgehalt und Durchlüftung des Wassers) bei einigen ökologischen Faktoren Unterschiede vorhanden waren, die unterschiedliche Habitate bedingten. Wie aus Tab. 16 hervorgeht, können diese Unterschiede in abweichender Durchlichtung und abweichender Wasserbewegung liegen — was bedeuten würde, daß die durch die mikrofazielle Analyse veranlaßte Annahme einer verschieden starken Wasserbewegung im Bereich der Ablagerungsmedien 1 bzw. 3 (vgl. S. 55) auch durch rezentökologische Daten bestätigt wird.

Im allgemeinen sprechen die rezentökologischen Daten für einen Lebensraum, der durch warmes, mäßig und verschieden stark bewegtes, gut durchlichtetes und durchlüftetes Wasser von nomaler Salinität und einer Tiefe von wahrscheinlich nur wenigen Metern charakterisiert war.

Ökologische Deutung der morphologischen Merkmale

Auch diese Methode beinhaltet Unsicherheitsfaktoren, da sie voraussetzt, daß rezente Umweltsbedingungen sich in der Morphologie fossiler Organismen in gleicher Weise widerspiegeln wie in der von rezenten Formen. Änderungen, wie sie im Laufe von Ökogenesen (DAVITASCHVILI 1947, GEKKER 1957) auftreten können, werden durch diese Methode nicht berücksichtigt.

Unter den Foraminiferen zeigen die Labyrinthinen Gehäuseformen, die sich mit Schalen von Foraminiferenarten rezenter Riff-Biotope vergleichen lassen (vgl. PHLEGER 1960). Diese Foraminiferen leben in Gebieten mit starker Wasserbewegung und besitzen eine kriechende bis inkrustierende Lebensweise.

Bei den Spongien läßt die Gestalt und die Art der Verankerung am Untergrund Schlüsse über die Lebensweise zu, wenn man die von BIDDER (1923), de LAUBENFELS (1936) und NESTLER (1961) an rezenten Kalkschwämmen gemachten Beobachtungen auf die fossilen Formen überträgt, wonach wesentliche Änderungen in den Strömungsverhältnissen von den Schwämmen durch einen Umbau der Körpergestalt bzw. der Mündungsregion des Osculum beantwortet werden. Da das durch das Osculum ausgestoßene Wasser bei geringer Strömung durch die Prosoporen wieder aufgenommen werden könnte, bildet sich ein schornsteinartig erhöhtes Osculum, wodurch das verbrauchte Wasser bei seinem Austritt aus der näheren Umgebung der Prosoporen entfernt wird. Derartige Formen mit schornsteinartig erhöhten Osculi sind daher für Stillwasserbereiche charakteristisch. Bei einseitiger Strömung neigt sich der Schwamm stromabwärts, bei stark wechselnder Strömung entstehen kugelförmige und inkrustierende Wuchstypen.

Die im Sauwand-Riff häufigen Peronidellen besitzen weder schornsteinartig ausgebildete Osculi noch treten in gehäufte Form inkrustierende Arten auf. Die gleichmäßig zylindrischen Wuchsformen sprechen für die Existenz von schwachen, ungerichteten Strömungen.

Die Korallen zeigen zum Teil kennzeichnende Wuchsformen, die für bestimmte Umweltsbedingungen charakteristisch zu sein scheinen (VAUGHAN & WELLS 1943): Unter den Thecosmilien tritt die hochzylindrische Kolonieform zu Gunsten von mäßig hohen und breiten, patelloiden Kolonien zurück. Hohe Wuchsformen fehlen auch bei *Astraeomorpha* und *Thamnasteria*,

wo flach-scheibenartige Kolonien entwickelt sind. Nahezu alle koloniebildenden Korallen des Sauwand-Riffes gehören zu den Typen b, d und e von VAUGHAN & WELLS (1943), lassen sich also mit rezenten Arten vergleichen, die ihren Lebensraum in bewegtem bis stark bewegtem Wasser haben.

Einzelkorallen, wie *Montlivaultia* und *Stylophyllopsis*, lassen vereinzelt an den Coralliten konzentrische Zuwachszonen erkennen, wie sie bei rezenten Korallen als jahreszeitlich bedingte Erscheinungen gedeutet wurden (vgl. SCHWARZBACH 1961). Der gleichmäßige Abstand der Zuwachszonen könnte für gleichförmige Temperaturintervalle sprechen, jedoch erscheint eine sichere Aussage bei dem wenigen zur Verfügung stehenden Material ohne statistische Messungen nicht möglich.

Parallel laufende litho-biofazielle Assoziationen

Die Gleichsetzung einer fossilen mit einer rezenten litho-biofaziellen Assoziation setzt voraus, daß zwischen Organismen und Sediment eine Lithokongruenz (SLOSS 1958) gegeben ist, d. h., daß ein Sedimenttypus durch die im gesamten Ablagerungsmedium gleichbleibende Verknüpfung mit einem charakteristischen Faunenelement ausgezeichnet ist.

Im Falle des Sauwand-Riffes ist dies bei den *Angulodiscus*-Kalken der Mikrofazies 7 gegeben, wo Vergleiche mit ähnlich artenarmen, feinkörnigen back-reef-Sediment rezenter Riffe möglich sind.

Auch die relative Häufigkeit von Milioliden und Rotalien in Kalken vom Mikrofazies-Typus 2 besitzt ein rezentes Analogon in der Häufigkeit der gleichen Foraminiferen-Gruppen im back-reef-Areal der Florida Keys (W. E. MOORE 1957).

Funktionelle Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt

Gleichförmige und wechselseitige Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt dokumentieren sich in der Verbreitung bestimmter Arten in gleichen Fazies-Bereichen.

Als Beispiele können unter den Foraminiferen die Glomospiren angeführt werden, die nach KRISTAN-TOLLMANN (1962) für die Kalk-Fazies charakteristisch sein sollen. Bei den Hydrozoen ist *Stromatomorpha* an einen bestimmten calcilitischen Sedimenttypus gebunden (vgl. S. 33), was für abweichende ökologische Verhältnisse innerhalb des gesamten Ablagerungsmediums (Mikrofazies 1) spricht. Auch *Microtubus* ist mit einem sehr feinkörnigen Sediment verknüpft (S. 34), was auf eine — insbesondere im Bereich der Mikrofazies-Typen 1 und 3 gleichbleibende Bodensedimentation deutet, bei welcher auf einer verhältnismäßig großen Fläche gleichartige Sedimente abgelagert und von bodenbewohnenden Organismen (Würmern) durchgearbeitet wurden.

Vergleich mit fossilen Organismen

In einigen Fällen sind palökologische Aussagen durch Verwendung der an fossilen Organismen auf verschiedene Weise — meist durch Vergleiche mit rezentökologischen Verhältnissen — gewonnenen Daten möglich:

Auf das Vorkommen von *Angulodiscus* in gleichen Ablagerungsmedien im Steinplatte-Riff und in den Riffen der Bayrischen Alpen wurde schon hingewiesen (S. 30). *Involutina* gilt nach WICHER (1952) im Bereich der Kalk-Fazies als Indikator für den zentralen Riff-Teil, was nach dem Vorkommen der Gattung im Areal der Mikrofazies 1 zutreffen würde.

Bryozoen und Spongien schließen sich im Sauwand-Riff häufig aus. Eine gleichartige Erscheinung wird von LOWENSTAM (1950) und NEWELL et al. (1953) aus silurischen und permischen Riffen be-

schrieben und dahin gedeutet, daß die beiden Organismen-Gruppen in verschiedener Stärke und an verschiedenen Plätzen als Rahmen-Bauer (frame-builders) tätig waren.

Im Westteil und an der Südflanke der Sauwand treten im Bereich der Mikrofazies-Typen 2 und 1, bzw. 3 sehr vereinzelt und nie gehäuft Megalodonten auf, die auffallend kleine Querschnitte besitzen. Wie bereits ausgeführt (S. 33), hat OHLEN die geringe Größe von Megalodonten im backreef-Bereich Steinplatte-Riffes mit anormalen Salinitätsbedingungen in Zusammenhang gebracht; ZAPFE (1959) erklärt das Massenvorkommen von Megalodonten im sonst fossilarmen Hauptdolomit und Dachsteinkalk der Nordalpen durch Hypersalinität, indem er Vergleiche mit den Sedimentationsverhältnissen der Bahama-Bank zieht.

Auf Grund des reichen benthonischen Lebens im Bereich von Mikrofazies 1 und 3 und des in der Umgebung der Megalodonten auftretenden Korallen und Spongien ist für eine Annahme einer anormalen Salinität keine Möglichkeit gegeben. Eventuell wäre dies im Ablagerungsmedium von Mikrofazies 2 möglich, es fehlen jedoch zwingende Beweise.

Auf palökologische Auswertungen der Dasycladaceen wird später eingegangen (S. 70).

JOHNSON (1942) hat festgestellt, daß in permischen Riffen von New Mexico Solenoporaceen insbesondere im Bereich der Riff-Plattform quantitativ in Erscheinung treten und daß an der Riffaußenkante Solenoporaceen häufig sind. Beides trifft auch im Sauwand-Riff zu, wo Solenoporaceen in Proben vom Mikrofazies-Typus 4 mit schönen Kolonien erhalten (Sauwand-E, Fpt. 8) und in Kalken der Mikrofazies-Typen 1 und 3, also im zentralen Riff-Teil, nicht selten anzutreffen sind.

1. 1. 3 Geochemische Daten

(A) Dolomit im Riffkalk

An einer einzigen Stelle des Sauwand-Riffes (Südflanke der Sauwand W des Herterbauersattels) wurde das linsenförmige Auftreten von reinem Dolomit innerhalb normal ausgebildeter Riffkalke vom Mikrofazies-Typus 1 beobachtet (S. 41). Die dolomitführenden Lagen des Riffkalkes liegen im Profil fast unmittelbar an der Basis der Riffkalke bzw. wenige Meter über deren Ablagerung auf den Mürtzaler Kalken.

Die Bedeutung, die seit der Bohrung im Funafuti-Atoll (DAVID & SWEET 1904) dem Vorkommen von Dolomiten in Riffablagerungen zugemessen wird, läßt eine Diskussion dieses Dolomites als zweckmäßig erscheinen:

Nach den Untersuchungen von E-AN-ZEN (1960) und SIEGEL (1961 b) läßt sich die Dolomitentstehung auf (a) synsedimentäre Vorgänge, (b) auf paradiagenetische Veränderungen und (c) auf postdiagenetische Umwandlungen zurückführen. Die erste Möglichkeit scheint in der Gegenwart räumlich stark beschränkt zu sein (Lagunen im Barriere-Riff Australiens, ALDERMANN & SKINNER 1957, ALDERMANN & BORCH 1961) und wie die Überlegungen von SIEGEL (1961 b) und die Untersuchung der Isotopen-Verhältnisse DEGENS & EPSTEIN 1962, DEFFEYES & MARTIN 1962) zeigen, läßt sich für fossile Dolomite synsedimentäre Entstehung im Sinne der Protodolomit-Bildung (GRAF & GOLDSMITH 1956) nicht nachweisen. Fall (b) wird von E-AN-ZEN (1960) für die in Bohrungen rezenter Riffe angetroffenen Dolomite vermutet, wobei Ionenaustausch mit dem umgebenden Medium vorausgesetzt wird, da der $MgCO_3$ -Gehalt der Riffkalke zu gering ist, als daß er durch einfache Umkristallisation

des primären Hoch-Mg-Calcites erklärt werden könnte. Die Dolomitbildung durch Umkristallisation von feinkörnigem Hoch-Mg-Calcit wird von DE KOSTER (1962) postuliert. Postdiagenetische, metasomatische i. w. S. Umwandlungen scheinen für die Erklärung des Dolomites in den Riffkalken der Sauwand nicht herangezogen werden zu können, da alle Kennzeichen für „mottled limestones“ (BEALES 1953, OSMOND 1956) fehlen und auch die geringen, an verschiedenen Stellen des Riffes \pm gleichen $MgCO_3$ -Gehalte der Kalke gegen eine derartige Deutung sprechen.

Als brauchbarste Erklärung für den Dolomit im Sauwand-Riffkalk dürfte die Deutung als paradiagenetische Bildung anzusehen sein, bei welcher Kalkschlamm, der lokal mit Hoch-Mg-reichen Karbonatmineralen angereichert war (etwa durch Zusammenschwemmung von Rotalgen, vgl. CHAVE 1954 a), dolomitisiert und die Dolomit-Bildung durch Umkristallisation verstärkt wurde (DE KOSTER 1962).

Proben des Dolomites werden gegenwärtig von E. T. DEGENS (Pasadena, Calif.) auf ihr $^{18}O/^{16}O$ -Verhältnis überprüft. Die bisherigen Untersuchungen an über 100 Dolomitproben von verschiedenem geologischen Alter haben ergeben, daß alle als „primär“ angesehenen Dolomite nicht direkt abgeschieden wurden, sondern diagenetisch bis epigenetisch aus Calciten entstanden sind (DEGENS & EPSTEIN 1962).

(B) $MgCO_3$ -Gehalte der Riffkalke

Wie bereits festgestellt wurde, zeigen die $MgCO_3$ -Gehalte der Sauwand-Riffkalke Werte, die denen von nichtdolomitiserten Riffkalken entsprechen, wie sie CHAVE (1954 b) zusammengestellt hat. Die $MgCO_3$ -Gehalte scheinen in allen Mikrofazies-Bereichen \pm gleich zu sein, etwas höhere Werte als der Durchschnitt finden sich in einer Probe aus Kalken vom Mikrofazies-Typus 4. CHAVE hat darauf hingewiesen, daß die Häufigkeitsverteilung der $MgCO_3$ -Gehalte von Kalken und rezenten Kalksedimenten — was die gleichartigen Maxima im Bereich der geringen Prozentsätze betrifft — sehr ähnlich ist; das würde dafür sprechen, daß der $MgCO_3$ -Gehalt der Kalke primär von dem der skelettbauenden Organismen des Riffes abhängig ist. Für eine derartige Erklärung sprechen auch die Untersuchungen im Gebiet der Bermuda-Inseln (CHAVE 1962), wo im Riff-Komplex eine deutliche Abhängigkeit der karbonatischen Sedimente von der Mineralogie der Organismen-Skelette feststellbar war.

(C) Calcit und Aragonit

Auch das Calcit/Aragonit-Verhältnis rezenter Riff-Gebiete wird von der Mineralogie der Organismen kontrolliert. Hierbei ist die polymorphe Ausbildung der Karbonatskelette mariner Organismen in erster Linie von der Wasser-Temperatur abhängig. Im allgemeinen tritt mit zunehmender Temperatur Aragonit statt Calcit auf. Der Grad und der Umfang dieses Temperatur-Effektes sind jedoch weitgehend artgebunden (LOWENSTAM 1954 a), wobei sich die rezenten Organismen nach der in dem Mineralbestand ihrer Karbonatskelette ausgedrückten Antwort auf die Temperatur-Erhöhung in vier Gruppen zusammenfassen lassen (LOWENSTAM 1954 b):

Die rezenten Vertreter der unter den Organismen des Sauwand-Riffes quantitativ bedeutenden Gruppen gehören zur Gruppe I (Korallen — Aragonit) oder zur Gruppe II (Rotalgen — Aragonit oder Calcit, Formen mit Aragonit-

skeletten immer in Warmwasser); für rezente Spongien liegen keine Angaben vor.

Es erhebt sich allerdings die Frage, ob man die mineralogische Zusammensetzung rezenter Invertebratenskelette auf Fossilien ohne weiteres übertragen darf. Von DEGENS (1959) wurde die Ansicht vertreten, daß — quantitativ gesehen — der Aragonit-Gehalt der Invertebratenskelette seit dem Kambrium ansteigt, während die Calcit-Menge zurückgeht. TUREKIAN & KULP (1956) vermuten an der Wende Paläozoikum/Mesozoikum einen Bruch in der Mineralogie der Skelette von marinen Organismen, der durch eine Zunahme des Ca/Sr-Verhältnisses zu einem Übergang von Calcit- zu Aragonit-Skeletten geführt haben soll. LOWENSTAM (1961) sprach sich gegen eine Erklärung dieses Bruches durch eine Änderung des Ca/Sr-Verhältnisses des Meerwassers aus, das nach den Untersuchungen des amerikanischen Autors mindestens seit dem Unter-Karbon die gleiche Zusammensetzung gehabt hat.

Untersuchungen am Röntgendiffraktometer zeigen, daß der Riffkalk der Sauwand aus Calcit besteht; Aragonit war in keiner der Testproben nachzuweisen.

Aus der Trias ist Aragonit bisher röntgenographisch nur aus dem Muschel-marmor von Bleiberg in Kärnten nachgewiesen (MAYER 1932), wo die Perlmutter-schichte von Gastropoden-Schalen aus Aragonit besteht. Mit Hilfe des Reagens nach LEITMEIER & FEIGL wurde Aragonit in Korallen aus den Zlambach-Mergeln (ZAPFE 1936) und in Hydrozoen aus den Cassianer-Mergeln (E. FLÜGEL 1960) festgestellt.

Der Vergleich mit der Mineralogie rezenter kalkabscheidender Riffbildner und die Feststellung eines allgemeinen Umschwunges in der polymorphen Zusammensetzung der Karbonatskelette der marinen Organismen an der Wende Perm/Trias (LOWENSTAM 1961) sprechen dafür, daß der in den Schalen der Riffbildner und in dem ursprünglichen karbonatischen Sediment vorhandene Aragonit infolge seiner Instabilität im Laufe der Diagenese zu Calcit umgewandelt worden ist. Hierbei ist es fraglich, ob und in welchem Verhältnis ursprünglich neben Aragonit auch Calcit gebildet wurde, wie dies bei einer Interpretation der Sr/Ca-Verhältnisse im Sinne von TRUEMAN (1952) und SIEGEL (1960) aus den verschiedenen SrCO_3 -Gehalten einiger Mikrofazies-Typen der Riffkalke geschlossen werden könnte (vgl. S. 69).

Bei einem Vergleich mit Verhältnissen in rezenten Riffen (Bikini-Atoll, EMERY, TRACEY & LADD 1954) scheint das alleinige Auftreten von Calcit zusammen mit niederen SrCO_3 -Werten für eine fortgeschrittene Umkristallisation der Sedimente zu sprechen.

(D) SrCO_3 -Gehalte der Riffkalke

Wie TUREKIAN & KULP (1956) festgestellt haben, ist der Sr-Gehalt der Sedimente von folgenden Faktoren abhängig:

(a) Sr/Ca-Verhältnis der liquiden Phase, aus welcher sich die solide Phase herleitet; (b) Vorhandensein von Calcit oder Aragonit; (c) Vital-Effekt der Organismen; (d) Wasser-Temperatur; (e) Salinität des Meerwassers; (f) Diagenetische Veränderungen.

Die palökologische Interpretation der SrCO_3 -Gehalte der Sauwand-Riffkalke muß sich von den, an rezenten und fossilen Karbonaten gewonnenen Daten über die Geochemie des Sr ableiten. Zum Verständnis der nachfolgenden Auswertung des Sr-Gehaltes der Riffkalke (vgl. S. 68) wird nachfolgend die gegenwärtige Kenntnis der Sr-Verteilung in karbonatischen Ablagerungen zusammengefaßt:

(a) Aufnahme von Sr aus dem Meerwasser durch rezente Organismen

Der durchschnittliche Sr-Gehalt in ozeanischem Wasser von normaler Salinität beträgt 8 ppm (GREEN 1959); der Sr-Gehalt des Wassers ist von der Salinität, Temperatur und von neuzeitlichen Schwankungen dieser beiden Faktoren abhängig (LOWENSTAM 1961). Graduelle oder rhythmische Änderungen im Chemismus des Meerwassers können wesentliche Umstellungen in der biochemischen Individualentwicklung der marinen Organismen haben (SCHARER 1955, LOWENSTAM 1962).

Die Aufnahme des Sr durch tierische Organismen aus dem Meerwasser kann auf verschiedene Weise erfolgen:

Das vielen marinen Invertebraten als Nahrung dienende Phytoplankton enthält beträchtliche Mengen Sr angereichert, dessen Menge z. T. von der Konzentration des Sr im Meerwasser, z. T. von der Organisationsstufe der Algen abhängig zu sein scheint (RICE 1956). Viele Algen nehmen Sr in bedeutend größeren Mengen auf, als die Konzentration dieses Elementes im Wasser des Habitates beträgt. So beträgt der Konzentrationsfaktor bei Algen 8—90, d. h. die Algen sind in der Lage, die um das 8—90fach größere als im Meerwasser enthaltene Sr-Konzentration anzuhäufen (H. B. MOORE 1958).

Wie Versuche über die Aufnahme von radioaktivem Sr durch Braunalgen gezeigt haben (SPOONER 1949), erfolgt die Anreicherung des Elementes durch Verbindung des Sr mit Komponenten des Protoplasmas, wobei Ionenaustausch auftritt.

FRETTER (1953) hat die Aufnahme von ^{90}Sr durch *Mytilus edulis* untersucht und festgestellt, daß Sr direkt aus dem Wasser aufgenommen und insbesondere in der Darmregion in die Zellschicht eingebaut werden kann.

Eine gleiche Art der Aufnahme ist für Ca bei rezenten Austern nachgewiesen (JODREY 1953). Dies könnte dafür sprechen, daß die durch den ähnlichen Ionenradius (Ca 0,99 Å, Sr 1,12 Å — AHRENS 1952) ermöglichte Vergesellschaftung der beiden Elemente schon in der ersten Anreicherung in den Zellen vorhanden ist.

Über die Menge des aus dem Wasser aufgenommenen Sr gehen die Ansichten auseinander. Während ODUM (1951 a, 1951 b) und GOLDBERG (1962) feststellen, daß sich das den Organismen zugeführte Sr/Ca-Verhältnis in der Menge des Sr/Ca-Verhältnisses der Organismen funktionell widerspiegelt, wird dies von HIYAMA (1957) bestritten, der diesen funktionellen Zusammenhang nur unter besonderen, in der Natur im allgemeinen nicht oft herrschenden Bedingungen anerkennt.

Der weitere Einbau des Sr erfolgt zusammen mit CaCO_3 , das im Blut gelöst mit Eiweißstoffen und Schleimkolloiden abgeschieden wird. Bei höher entwickelten Invertebraten wird durch besondere Drüsen Karbonat zur Schalenbildung abgesondert (MAYER & WEINECK 1932).

Als wesentliche, die SrCO_3 -Gehalte der Hartteile rezenter mariner Invertebraten quantitativ steuernde Faktoren können Wasser-Temperatur, Mineralogie der Skelette und Salinität ansehen werden:

Von verschiedenen Autoren wurde an Organismen verschiedener Ablagerungsmedien festgestellt, daß der SrCO_3 -Gehalt der Hartteile mit der W a s s e r - T e m p e r a t u r steigt (LOWENSTAM 1954 a, b, c, 1961, PILKEY & HOWER 1960 u. a.). Umgekehrt wurde hoher SrCO_3 -Gehalt von Tiefseekernen als Beweis für hohe Wassertemperaturen zur Bildungszeit des Sedimentes gewertet (TUREKIAN 1959). Die Untersuchungen von TUREKIAN & ARMSTRONG (1960) haben gezeigt, daß der SrCO_3 -Gehalt rezenter Mollusken außer durch die Temperatur auch sehr wesentlich von der generischen Assoziation abhängig ist.

Der im Vergleich mit Calciten im allgemeinen höhere Sr-Gehalt von Aragonit wurde von verschiedenen Autoren beschrieben:

Experimentelle Versuche (ZELLER & WRAY 1956) haben gezeigt, daß Sr bei der Bildung des Aragonits eine wesentliche, vielleicht die auslösende Rolle spielt.

Die Untersuchung pleistozäner Korallen von den Florida Keys ergab eine sehr gute positive Korrelation zwischen Sr-Gehalten und Aragonit-Gehalten (SIEGEL 1960). Nach TRUEMAN (1962) zeigt das Fehlen von Sr in einem Ablagerungsmedium an, ob Calcit oder Aragonit die bevorzugte Kristallform war.

Auch innerhalb der Schalenarchitektur erscheint das SrCO₃ deutlich an die aragonitischen Partien gebunden, wie dies IMREH (1959) in der Perlmutter-schicht rezenter Muscheln vom Schwarzen Meer beobachten konnte.

Auch der Salinität wird von der Mehrzahl der Autoren wesentlicher Einfluß über die quantitative und qualitative Verteilung des SrCO₃ zugewiesen:

SAID (1951) führt die im Roten Meer und in der Südsee verschiedenen hohen Sr-Gehalte derselben Foraminiferen-Arten auf höhere Salinität im Roten Meer zurück. Nach PILKEY & GOODELL (1962) zeigen Sr-Gehalte und Salinität rezenter Muscheln von der Küste Floridas und von Neu-England eine, bei allen untersuchten Formen feststellbare inverse Korrelation. Auch RUCKER & VALENTINE (1962) konnten an rezenten Austern feststellen, daß die Sr- und Mg-Gehalte von der Salinität abhängig sind, wobei aber auch beträchtliche Unterschiede nach generischen Assoziationen auftreten.

Gegen einen Einfluß der Salinität auf die SrCO₃-Gehalte wenden sich THOMPSON & CHOW (1956), da die Verhältnisse Sr/Cl und Ca/Cl konstant seien und PILKEY & HOWER (1960), die im Skelett rezenter Exemplare von *Dendroaster* keine Abhängigkeit der Sr-Menge von der Salinität des als Habitat dienenden Wassers feststellen konnten.

Der von TUREKIAN (1955) unternommene Versuch, den Sr-Gehalt von Fossilien und von Sedimenten als palökologisches Merkmal auszuwerten, wurde von ODUM (1957) kritisiert, der darauf hinwies, daß die von TUREKIAN untersuchten Proben möglicherweise umkristallisiert waren.

(b) SrCO₃-Gehalte in Hartteilen mariner Invertebraten

Eine verhältnismäßig große Zahl von Autoren hat röntgenographische und spektrographische Sr-Bestimmungen von Skeletten mariner Organismen veröffentlicht. Eine Zusammenstellung der älteren Bestimmungen findet sich bei GRAF (1960), jüngere oder bei GRAF nicht berücksichtigte Daten stammen von EMERY, TRACEY & LADD (1954), SAID (1951, Sr in Konzentrationen von 1—5% in Schalen rezenter tropischer Foraminiferen!), EMILIANI (1955, bis 0,11% Sr in calcitischen Schalen planktonischer Foraminiferen), IMREH (1959, 7—10,6% SrCO₃ in Schalen von Muscheln aus dem Schwarzen Meer), KRINSLEY (1960), NOLL (1934), TUREKIAN & ARMSTRONG (1960) und LOWENSTAM (1961).

Eine Zusammenstellung bei THOMPSON & CHOW (1956) zeigt, daß die karbonatabscheidenden marinen Organismen nach ihren Sr-Gehalten folgende Reihung besitzen (Tab. 17):

Tab. 17: Sr-Gehalte rezenter mariner Organismen
(nach THOMPSON & CHOW 1956)

| Gruppe | Durchschnittswert Sr/Ca × 1000 | Zahl der unter- suchten Proben |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Gastropoda - Opisthobranchia | 10 | 2 |
| 2 Anthozoa - Zoantharia | 9,86 | 7 |
| 3 Hydrozoa | 8,69 | 10 |
| 4 Mollusca - Amphineura | 8,06 | 15 |
| 5 Arthropoda - Decapoda | 6,17 | 7 |
| 6 Annelida - Polychaeta | 5,87 | 6 |
| 7 Arthropoda - Cirripedia | 4,45 | 17 |
| 8 Anthozoa - Alcyonaria | 4,04 | 5 |
| 9 Cephalopoda | 3,74 | 1 |
| 10 Bryozoa - Ectoprocta | 3,41 | 8 |
| 11 Corallinaceen | 3,20 | 9 |
| 12 Protozoa - Foraminifera | 3,07 | 3 |
| 13 Porifera - Calcarea | 2,99 | 3 |
| 14 Echinodermata - Holothuroidea | 2,74 | 3 |
| 15 Echinodermata - Asteroidea | 2,73 | 18 |
| 16 Echinodermata - Echinoidea | 2,70 | 12 |
| 17 Echinodermata - Ophiuroidea | 2,69 | 8 |
| 18 Echinodermata - Crinoidea | 2,56 | 1 |
| 19 Scaphopoda | 2,35 | 1 |
| 20 Pelecypoda | 1,85 | 64 |
| 21 Gastropoda - Prosobranchia | 1,68 | 53 |
| 22 Brachiopoda - Articulata | 1,36 | 5 |

Bedingt durch die unterschiedliche Zahl der untersuchten Proben vermittelt die Tabelle nur einen sehr allgemeinen Überblick über die Sr-Gehalte in Schalen von rezenten, marinen Organismen. Von Interesse ist der Umstand, daß die mit den häufigsten Riffbildnern im Sawand-Riff noch am ehesten vergleichbaren Gruppen — Kalkschwämme, Korallen und Algen — in der Gesamtreihung an 13., 2. und 11. Stelle stehen. Algen und Korallen mit aragonitischen Skeletten liefern im allgemeinen höhere Sr-Werte (ODUM 1957; bei *Halimeda* 10,86 und bei Hexakorallen 10,80).

(c) SrCO₃-Gehalte karbonatischer Sedimente

Die Ansammlung von Sr in karbonatischen Sedimenten erfolgt im wesentlichen durch Zerstörung und Sedimentation der Sr-haltigen Hartteile der marinen Organismen. Von untergeordneter Bedeutung ist (sekundäre) Mineralbildung (Strontianit, Cölestin; vgl. KATSCHENKOV 1958).

Die Durchschnittswerte für Kalke werden verschieden angegeben: 415 ppm (GREEN 1953), 610 ppm (TUREKIAN & KULP 1956), 480 ppm (GREEN 1959), 610 ppm (TUREKIAN & WEDEPOHL 1962) SrCO₃.

Die Durchschnittswerte von 59 Riffkalk-Proben von der Sawand liegen bei 497 ppm, bei Eliminierung von nur viermal auftretenden hohen Werten bei 363 ppm SrCO₃.

Auffallend sind die im allgemeinen niederen SrCO₃-Gehalte der Dolomite (Durchschnittswert der Mürztaler Dolomite 343 ppm — bei 4 Proben; Dolomit im Riffkalk — 255 ppm):

Dies ist eine weit verbreitete Erscheinung. Bereits NOLL (1934) stellte in einem Mendola-Dolomit der südalpinen Trias Sr-Mengen unter 0,02% fest.

Dolomite des Zechsteins von Thüringen enthalten nach KRÜGER (1959) 5 bzw. 7 g/t Sr. Nach GRAF (1960) enthalten paläozoische Dolomite Schottlands mit weniger als 10‰ MgO im Durchschnitt 484 ppm Sr, mit mehr als 10‰ MgO 134 ppm Sr. Durch die Anwesenheit von Cölestin kann der Sr-Gehalt der Dolomite gesteigert werden (GRAF 1960; STEINMETZ 1948).

KULP, TUREKIAN & BOYD (1952) stellten fest, daß zwischen der relativen Menge von $MgCO_3$ und $SrCO_3$ bei Proben aus paläozoischen Kalken von Indiana eine verhältnismäßig gute Korrelation bestehe. Eine derartige Korrelation ist auch in den Riffkalken der Sauwand angedeutet.

Angaben über den $SrCO_3$ -Gehalt von verschiedenen alten Kalken finden sich u. a. bei ODUM (1951 b, 1957), NOLL (1934), HEIDE & CHRIST (1953) und GRAF (1960). Analysen von triadischen Riffkalken lieferten bisher nur STERNBERG, FISCHER & HOLLAND (1959), vgl. S. 69.

Rezente oder subfossile Sedimente besitzen im Vergleich mit geologisch alten Karbonaten bedeutend höhere $SrCO_3$ -Werte, die 10mal so hoch wie die Gehalte paläozoischer oder mesozoischer Kalke sein können (vgl. STEHLI & HOWER 1961). Dies ist durch einen weitgehenden quantitativen Verlust der Spurenelemente im Laufe der Diagenese bedingt.

(d) $SrCO_3$ -Gehalte in Fossilien

Nach KULP, TUREKIAN & BOYD (1952) enthalten die Schalen von Fossilien meist so viel Sr wie die Matrix, in welcher die Fossilien eingeschlossen sind; die Erklärung hierfür könnte darin liegen, daß entweder in der Matrix chemisch abgeschiedenes Karbonat mit primär wenig Sr vorhanden war oder aber, daß die feinkörnige Matrix im Zuge der Umkristallisation einen schnelleren Sr-Verlust erfährt.

Genauere Angaben über den $SrCO_3$ -Gehalt von Fossilien liegen noch relativ wenige vor (ODUM 1951 b — kambrische, ordovicische, karbonische, permische, jurassische, kretazische, jungtertiäre und pleistocäne Fossilien, meist Mollusken und Brachiopoden; BOWEN 1956 — silurische Korallen; KRINSLEY & BIER 1959 — Pteropoden; KRINSLEY 1960 — Gastropoden; TUREKIAN & ARMSTRONG 1961 — kretazische Mollusken; LOWENSTAM 1961 — Brachiopoden ab Unter-Karbon).

Die an diesen Fossilien gewonnenen Daten haben zu verschiedenartigen Aussagen über die Konstanz des Sr/Ca-Verhältnisses im Laufe der Erdgeschichte geführt.

(e) Das Sr/Ca-Verhältnis im Laufe der Erdgeschichte

Auf Grund der Untersuchung der $SrCO_3$ -Gehalte der Karbonate der Russischen Tafel haben VINAGRADOV, RONOVIČ & RATYNSKIJ (1952) eine Zunahme des Sr/Ca-Verhältnisses im Laufe der Erdgeschichte postuliert. Auch KULP, TUREKIAN & BOYD (1952) haben diese Ansicht vertreten, ebenso BOWEN (1956) und TUREKIAN & KULP (1956). LOWENSTAM (1961) konnte durch eine genaue Untersuchung des Spurenelementgehalts, des Isotopen-Verhältnisses und der Mineralogie fossiler und rezenter Brachiopoden nachweisen, daß das Sr/Ca-Verhältnis des Meerwassers während der letzten 2.0 bis 2.5×10^8 Jahre, mindestens seit dem Unter-Karbon, gleich geblieben ist.

(f) Der Einfluß der Diagenese auf den Sr-Gehalt der Sedimente

Im Laufe der Umkristallisation sinkt der $SrCO_3$ -Gehalt der Karbonate (REVELLE & FAIRBRIDGE 1957, ODUM 1957, GRAF 1960, TUREKIAN & ARMSTRONG 1961, LOWENSTAM 1961 u. a.).

Insbesondere zwei Arbeiten zeigen die Wirkung der Diagenese deutlich:

EMERY, TRACEY & LADD (1954, nach ODUM) konnten zeigen, daß die Spurenelement-Konzentration im Laufe der Umkristallisation graduell verändert wird: Korallen und detritischer Korallensand des Bikini-Atolls mit geringer Umkristallisation besitzt Sr-Gehalte von 0,6 bis 0,9‰; Korallen und Sediment aus mikrogranularem Aragonit beinhalten ebenfalls noch viel Sr — 0,6‰. Bei fortgeschrittener Umkristallisation und Bildung von mikrogranularem Calcit beträgt der Sr-Wert 0,4‰ und bei völliger Umkristallisation und kristallinem Calcit liegt der Sr-Gehalt unter 0,03—0,1‰.

STEHLI & HOWER (1961) konnten durch Vergleich der rezenten Sedimente und pleistocäner Karbonatbildungen vor der Küste Floridas feststellen, daß die Diagenese der Karbonate mit einem deutlichen Verlust der Elemente Mg, Sr, Ba und Mn verbunden ist und daß diese Elemente im Bereich der untersuchten Karbonate keine Mineralneubildungen verursachen.

Eine Sr-Abfuhr durch „Auslaugung“ (Süßwasserdurchtränkung) von trockenengefallenen Riffen ist wenig wahrscheinlich, da Süßwasser-Karbonate genau so reich an Sr sind wie mariner Kalk (vgl. KÜBLER 1962).

(g) Sedimentologisch-ökologische Interpretation der SrCO₃-Gehalte in den

Kalken des Sawwand-Riffes

Unter Berücksichtigung des vorhin geschilderten Verhaltens des Sr im biochemischen und geochemischen Kreislauf kann angenommen werden, daß das SrCO₃ ursprünglich in den aragonitischen und calcitischen Skeletten der riffbildenden Organismen und der (fossil nur in geringer Zahl erhaltenen) Riffbewohner eingebaut war. Über die ursprüngliche Höhe des SrCO₃-Gehaltes lassen sich nur Vermutungen anstellen; die Werte mögen im Durchschnitt das Zehnfache der jetzigen Werte betragen haben. Stellenweise nach der Sedimentation, stellenweise noch im wachsenden Riff (vgl. S. 54, Lithifikation des lebenden Riffes) kam es mit der fortschreitenden Umkristallisation zu einem in allen Teilen des Riffes ± gleichförmigen Verlust an Sr. Hierbei wurden die SrCO₃-Gehalte der Riffkalke verringert, ohne daß jedoch das relative Verhältnis der Sr-Gehalte in den einzelnen Teilen des Riff-Komplexes verändert wurde. Dies geht auch aus der mit dem Sr/Ca-Verhältnis korrespondierendem Isotopen-Verteilung hervor (S. 41).

Ein Vergleich der Durchschnittswerte der SrCO₃-Gehalte verschiedener Ablagerungsmedien (Mikrofazies-Typen) zeigt Tab. 18.

In auffallender Weise unterscheiden sich die im Zentralteil des Riffes verbreiteten Mikrofazies-Typen (1, 3, 5, 6) von den SrCO₃-Werten der als für back-reef-Area und fore-reef-Bereiche als bezeichnend erkannten Mikrofazies-Typen.

Die Durchschnittswerte von SrCO₃ steigen vom back-reef-Bereich über den Zentralteil des Riffes langsam an, um dann im fore-reef-Bereich rasch ein Maximum zu erreichen (vgl. Abb. 11).

Tab. 18: Vergleich der Durchschnittswerte (arithmetische Mittel) der SrCO₃-Gehalte in verschiedenen Ablagerungsmedien des Sauwand-Riffes

| Ablagerungsmedium | back-reef-Bereich | Zentralteil des Riffes | fore-reef-Bereich |
|---|-------------------|------------------------|-------------------|
| Mikrofazies-Typus | 2 | 1, 3, 5, 6 | 4 |
| Mittlerer SrCO ₃ -Gehalt (ppm) | 283 | 483, 386, 365, 325 | 1800 |

Die gleiche Erscheinung wurde von STERNBERG, FISCHER & HOLLAND (1959) vom oberrhätischen Riff der Steinplatte bei Waidring in Tirol beschrieben, wo ebenfalls ein Ansteigen der SrCO₃-Werte vom back-reef zum fore-reef und zum Becken zu erkennen ist. Die absoluten Werte sind von denen des Sauwand-Riffes verschieden, aber der Trend ist der gleiche. Im Steinplatte-Riff ist das back-reef-Areal durch SrCO₃-Gehalte zwischen 60 und 150 ppm, das fore-reef-Areal durch Werte zwischen 150 und 420 ppm und das dem fore-reef vorgelagerte Becken (der Kössener Schichten) durch Gehalte von 380—1570 ppm gekennzeichnet.

Sedimente des Beckens sind im Bereich des Sauwand-Riffes nicht erhalten.

Die SrCO₃-Gehalte können als ausgezeichnete Indikatoren zur Kennzeichnung der Ablagerungsmedien innerhalb dieser beiden obertriadischen Riff-Komplexe verwendet werden.

Auch in rezenten Riffgebieten ist ein derartiger Trend innerhalb des Riff-Komplexes nachgewiesen. SIEGEL (1961) konnte vor der Küste Floridas feststellen, daß die SrCO₃-Gehalte des Sedimentes vom back-reef gegen das lebende Riff hin zunehmen, um dann erst im Becken wieder abzusinken.

Riffkalke von der Sauwand mit hohen und sehr hohen SrCO₃-Gehalten sind fast immer durch eine dunkle Farbe ausgezeichnet. Besonders augenfällig ist dies bei den „Vorriff-Blöcken“ der Mikrofazies 4. Es erhebt sich die Frage, ob zwischen dieser Färbung und dem hohen SrCO₃-Gehalt ein Zusammenhang besteht, bzw. ob die die dunkle Farbe bewirkenden Substanzen als Sr-Träger in Frage kommen:

Die Annahme, daß Ton oder Tonminerale für den hohen Sr-Gehalt der Proben verantwortlich sein könnten, wird durch die Feststellung widerlegt, wonach der Sr-Gehalt von Kalken mit Tongehalten gering ist (HEIDE & CHRIST 1956, ISRAELJAN 1956, TONNDORF 1959). Hingegen treten in ausgesprochen mergeligen Gesteinen hohe SrCO₃-Gehalte auf (KATSCHENKOV 1958, KATSCHENKOV & FLEGONTOVA 1956), was auch durch die hohen Werte in den Kössener Schichten bestätigt wird (STERNBERG, FISCHER & HOLLAND 1959).

Andererseits hat WEGEHAUPT (1962) nachgewiesen, daß der Sr-Gehalt mit dem Tongehalt der Sedimente wächst und daß keine Bindung zu organischen Substanzen besteht. Inwieweit sich diese an klastischen Sedimenten ge-

machte Beobachtung auf die an Tonsubstanzen im allgemeinen armen Riffkalke der Sauwand übertragen läßt, bleibt offen. Die verschiedene SrCO_3 -Verteilung im Sauwand-Riff ist möglicherweise außer auf den unterschiedlichen Sr-Einbau in den Skeletten der Riffbildner (vgl. S. 68) auch auf verschiedene Sedimentationsgeschwindigkeit in den einzelnen Arealen des Riff-Komplexes zurückzuführen (vgl. KÜBLER 1962).

(E) Bedeutung der Paläowassertemperaturen

Die Bedeutung der Isotopen-Messungen liegt auf zwei Gebieten:

(a) Die für ^{18}O und ^{13}C erhaltenen Werte (Tab. 10) ergeben Wassertemperaturen, die durchaus innerhalb der Temperaturgrenzen eines rezenten Riff-Gebietes liegen. DEGENS (1958) konnte nachweisen, daß sich das O-Isotopen-Verhältnis in den Weltmeeren seit dem Kambrium nicht wesentlich verändert haben dürfte, so daß die Paläotemperaturen mit den Wassertemperaturen rezenter Meere vergleichbar sind. Wie DEGENS (1959) betont, bietet diese Feststellung eine wertvolle Handhabe zur Beurteilung von diagenetischen Veränderungen in Karbonaten, da jede Abweichung der Paläotemperaturen nach oben oder unten nur durch eine diagenetische Überprägung oder durch nachträgliche hydrothermale Veränderung verursacht sein kann.

Der Umstand, daß die im Sauwand-Riff festgestellten Paläotemperaturen keine Abweichungen zeigen, spricht dafür, daß die heutigen SrCO_3 -Gehalte die ursprüngliche relative Verteilung im Riff-Komplex widerspiegeln.

(b) Die Paläotemperatur-Messungen zeigen ferner, daß die bisherigen Ansichten über die Temperaturen des alpinen Rhät zu revidieren sind:

PIA (1931, 1937, 1942) hat in mehreren Arbeiten die Auffassung vertreten, daß am Ende der Ober-Trias im Gebiet der Tethys ein allgemeiner Temperaturrückgang eingetreten sei, der schon im Nor begonnen habe und sich u. a. in einem Rückzug der Algenflora nach Süden während des Rhäts dokumentiere. Nach der von PIA (1942) gegebenen und von SCHWARZBACH (1961) übernommenen Zusammenstellung über die Verbreitung der Dasycladaceen im europäischen Mesozoikum liegt die Nordgrenze des Auftretens der Wirtelalgen in der Zeit Karn-Nor-Rhät am 48. Grad nördlicher Breite, also etwa auf der Höhe von Freiburg i. Br. und Baden bei Wien. Hierbei ist die Flora nach PIA durch eine auffallende Arten-Armut gekennzeichnet (3 Arten gegenüber 42 in der Mittel-Trias).

Der Rückzug der Algen nach Süden während des Rhäts wird durch die Funde häufiger Dasycladaceen, Codiaceen und Solenoporaceen in den rhätischen Riffkalcken der Nordalpen (Sonnwendgebirge, Osterhorngruppe, Tennengebirge, Hochkönig, Gosaukamm, Sauwand etc.) widerlegt (E. FLÜGEL 1963 a). Die obertriadische Algenflora ist im Vergleich mit der anisich-ladinischen Flora artenärmer, jedoch scheint der Unterschied in der Artenzahl nicht so deutlich ausgeprägt zu sein, wie dies PIA vermutete.

Damit ist ein wesentliches Argument für eine Klimaverschlechterung während des Rhäts hinfällig geworden.

Die Paläotemperatur-Werte zeigen, daß im Rhät für Riff-Biotope durchaus normale Temperaturbedingungen gegeben waren.

Die Riff-Fauna und -Flora beinhaltet keine Hinweise auf anormale Temperaturen oder auf einen sich abzeichnenden Temperatur-Umschwung an der Rhät/Lias-Grenze, wie ihn PIA (in SICKENBERG 1932) vermutete.

Paläotemperatur-Messungen müßten zeigen, ob die Seltenheit von Korallen im alpinen Lias tatsächlich im Sinne einer Temperatur-Verschlechterung gewertet werden kann.

Die Paläotemperatur-Messungen sind auch deshalb von Interesse, weil sie die ersten, durch Isotopen-Bestimmungen gewonnenen Daten für triadische Sedimente darstellen. Die bisherigen Paläotemperatur-Bestimmungen aus dem Mesozoikum stammen von oberjurassischen und kretazischen Fossilien und Sedimenten (vgl. SCHWARZBACH 1961), wobei die Meerestemperaturen des Mesozoikums zum Teil um 10° C höher liegen als die der Gegenwart. Ein derartiger Unterschied fehlt bei den Werten vom Sauwand-Riff.

1. 1. 4. Zusammenfassung der Aussagen

Fassen wir die Aussagen zusammen, die sich aus den mikrofaziellen, paläontologischen und geochemischen Daten für die fazielle Gliederung des Dachsteinkalk-Riffes der Sauwand ergeben, so kommen wir zu folgendem Ergebnis:

Tab. 19: Aussage 1 — Ergebnisse der mikrofaziellen Analyse der Riffkalke

| Mikrofazies-Typen | Wasserbewegung | Relative Wassertiefe | Besiedlung durch riffbildende Organismen | Flächenmäßiger Anteil der Ablagerungsmedien am Riff-Komplex | Ablagerungsmedium |
|-------------------|-------------------|--------------------------|--|---|----------------------|
| 1) 3) | verschieden stark | gering | gut | groß, aufgegliedert | zentrales Riff-Areal |
| 5 | stark | — | fehlt | gering | |
| 2 | stark | etwas tiefer als 1 und 3 | schlecht | groß, geschlossen | back-reef |
| 7 | gering | | fehlt | klein | |
| 4 | sehr stark | tiefere als 1, 3 und 2 | mäßig | gering, geschlossen | fore-reef |

Aussage 1 — Mikrofazies

In Tab. 19 sind die Ergebnisse der durch die mikrofazielle Analyse ermöglichten Aussage zusammengestellt, wobei Mikrofazies 6 als wahrscheinlich sekundäre Bildung nicht berücksichtigt wurde.

Aussage 2 — Paläontologie

Die paläontologischen Daten gestatten folgende Aussage über die Lebensräume des Riff-Komplexes:

Zentrales Riff-Areal — (Mikrofazies 1 und 3). Warmes, gut durchlüftetes und durchlichtetes Wasser von normaler Salinität und sehr geringer Tiefe, in dem — im Bereich verschieden starker Wasserbewegung — Spongien und Korallen als Haupt-Riffbildner leben. Andere Gruppen, wie Bryozoen, sind von geringerer Bedeutung und auf bestimmte ökologische Areale beschränkt. Sedimentation und benthonisches Bodenleben sind im gesamten Gebiet \pm gleich. Einzelne Organismen (*Stromatomorpha*) bewohnen ökologische Nischen, die aber nur eine sehr geringe Fläche einnehmen.

back-reef-Bereich — (Mikrofazies 2 und 7). Möglicherweise etwas vom normalen Salzgehalt abweichend.

fore-reef-Bereich — Mikrofazies 4. Am Übergang zum zentralen Riff-Areal zusammen mit anderen Riffbildnern quantitativ häufig Solenoporaceen-Bewuchs der Riff-Außenkante.

Aussage 3 — Geochemie

Die gleichmäßige Verteilung der $MgCO_3$ -Gehalte zeigt, daß die Riffkalke nicht dolomitisiert wurden. Der an einer einzigen Stelle auftretende Dolomit ist wahrscheinlich auf Umkristallisation von Hoch-Mg-Karbonaten zurückzuführen.

Die vermutlich an die Hartteile der Organismen-Reste bzw. an das von den Biogenen gebildete Sediment gebundenen $SrCO_3$ -Werte sind in ihrer relativen räumlichen Verbreitung nicht verfälscht und gestatten die Unterscheidung verschiedener Ablagerungsmedien innerhalb des Riff-Komplexes, wobei eine Zunahme des $SrCO_3$ -Gehaltes vom back-reef-Bereich zum fore-reef-Bereich feststellbar ist.

Paläotemperatur-Bestimmungen sprechen gegen eine Verfälschung der relativen $SrCO_3$ -Gehalte der Riffkalke durch die Diagenese. Die Wassertemperaturen des Sauwand-Riffes (back-reef $22,7^\circ C$, zentrales Riff-Areal $23,2^\circ C$ und fore-reef $26,9$ bzw. $25,2^\circ C$) entsprechen denen rezenter Riffe und ergeben keine Hinweise für eine Temperaturverschlechterung während des Rhät, wie sie von PIA auf Grund eines (nicht zutreffenden) Rückzuges der Wirtelalgen aus der nördlichen alpinen Tethys nach Süden angenommen wurde und wie sie auch FABRICIUS (1960 a) vertritt.

Abb. 10 zeigt die fazielle Gliederung des Sauwand-Riffes, dargestellt als Verbreitungskarte der Mikrofazies-Typen und der $SrCO_3$ -Gehalte der Riffkalke. Zu dieser Darstellung ist zu bemerken:

Die geologischen Verhältnisse wurden nur insofern angedeutet, als sie für die Umgrenzung des Riffkalk-Gebietes notwendig waren. Näheres findet sich bei E. FLÜGEL (1963 c).

Die ungefähre Verbreitung der Riff-Teilbereiche ist durch unterschiedliche Signatur hervorgehoben. Die Karte zeigt, daß der fore-reef-Bereich im Vergleich mit dem back-reef-Bereich und dem zentralen Riff-Areal klein ist und von Sedimenten des zentralen Riff-Areales unter- und überlagert wird. Letzteres bedeutet, daß die fore-reef-Sedimente bei einer Senkung und geringen Verlagerung

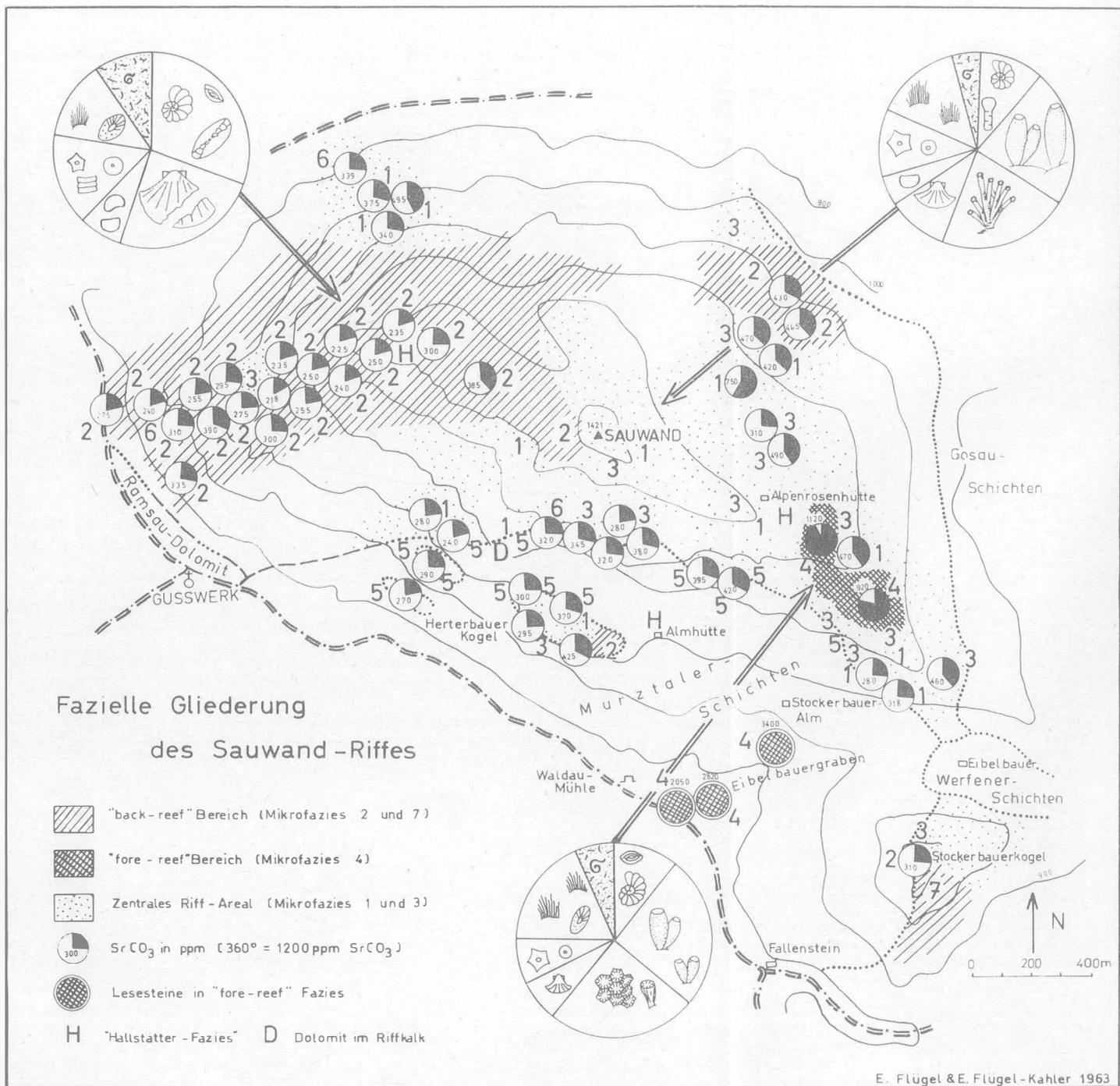


Abb. 10. Fazielle Gliederung des Sauwand-Riffes. Verteilung der Organismen.

der Riff-Basis Teile des zentralen Riffes überdeckt haben und in einer späteren Bauphase des Riffes von Riffbildnern des zentralen Riff-Areals überwachsen und mit Detritus überschüttet wurden. Die geringe Größe des fore-reef-Bereiches der Sauwand ist wohl darauf zurückzuführen, daß die östliche Fortsetzung des Riffes unter den kretazischen Gosau-Schichten verdeckt ist.

Auffallend ist die Verbreitung von Sedimenten des back-reef-Bereiches. Diese finden sich sowohl im Westen der Sauwand, wo sie eine \pm geschlossene Fläche einnehmen, als auch im Nordwesten und mit kleinen Vorkommen am Herterbauerkogel und am Stockerbauerkogel (vgl. S. 28). Diese unregelmäßige Verbreitung spricht dafür, daß für die Längsachse des zentralen Riffbereiches keine lineare Ausdehnung anzunehmen ist.

Da die für die mikrofaziellen und geochemischen Untersuchungen ausgewerteten Proben aus stratigraphisch verschiedenen hohen Lagen des Riff-Komplexes stammen, geben sie einen guten Querschnitt durch eine mehrere 100 m mächtige Riffkalk-Folge. Die Tatsache, daß trotz der verschiedenen stratigraphischen Höhe der Probeentnahmestellen Mikrofazies und Geochemie in bestimmten Bereichen des Riffes \pm einheitlich bleibt, erlaubt eine Auswertung der Fazies-Karte in Form eines Bauschemas (vgl. Abb. 11).

In Kreisdarstellung wurde auf Abb. 10 das relative quantitative Verhältnis der einzelnen biogenen Elemente in den Riff-Teilen angedeutet. Im back-reef-Bereich finden sich vorwiegend Kleinforaminiferen, vereinzelt *Angulodiscus*, und Mollusken-Reste als Detritus im gut sortierten calcarenitischen Riff-Schutt. Ferner treten kleine, glattschalige Ostrakoden, etwas häufiger Echinodermen-Fragmente, Algen (Dasycladaceen und Solenoporaceen) und schließlich noch ein kleiner Prozentsatz von anderen Biogenen (Bryozoen, vereinzelte Schwämme etc.) auf. — Im zentralen Riff-Areal ist das relative Verhältnis der Organismen stark verschoben: Foraminiferen spielen im Vergleich mit Kalkschwämmen und stockbildenden Korallen eine geringe Rolle. Bei den Foraminiferen treten neben benthonischen Kleinforaminiferen etwas häufiger freie und festsitzende Labyrinthinen auf. Die Hauptmasse der Kalkschwämme wird von ungliederten Inzozoen vom *Peronidella*-Typus gestellt. Bei den Korallen finden sich insbesondere Thecosmilien. Der Anteil der Mollusken-Reste ist im Vergleich mit dem back-reef-Bereich klein, ebenso der Anteil der Ostrakoden, bei denen sich vereinzelt große Bairdiiden finden. Auch Echinodermen-Fragmente spielen nur eine geringe Rolle im gesamten Fossilbestand. Stellenweise verbreiteter sind Algen, insbesondere Solenoporaceen. Außerdem treten noch Bryozoen, Hydrozoen und Mikroproblematika wie zum Beispiel *Microtubus* auf. — Die Verteilung der Organismen im fore-reef-Bereich ist ähnlich: Neben Foraminiferen (darunter Triasinen) konnten insbesondere Kalkschwämme und stockbildende Korallen, darunter Palaeastreen und Thamnasterien, festgestellt werden. Mollusken-Detritus und Echinodermen-Reste spielen nur eine geringe Rolle; weitaus wichtiger sind Solenoporaceen und Dasycladaceen. Vereinzelt treten Bryozoen etc. auf.

Das zentrale Riff-Areal und der fore-reef-Bereich sind also in der Zusammensetzung der Fauna und Flora wenig unterschieden. Deutliche Unterschiede bestehen jedoch im Fossilinhalt der beiden als Riffschutt-Sedimente vorliegenden Bereiche des back-reef und des fore-reef.

Außerdem wurden in der Karte noch die Vorkommen von Rotpelit (Hallstätter Fazies) in den Riffkalken und das Dolomit-Vorkommen eingetragen.

III/2 Hallstätter Fazies im Riffkalk

2.1 Rotpelite in Dachstein-Kalken

An drei Stellen fanden sich vom Riffkalk lithologisch abweichende Kalke:

(1) Ost-Teil der Sauwand, Kalke am Weg östlich der Alpenrosenhütte: cm-große, eckige rote „Scherben“ in Dachsteinriffkalken vom Mikrofazies-Typus 1 und 3 (vgl. S. 14).

(2) West-Teil der Sauwand, Kammlinie, etwa bei 1320 m Seehöhe: graue dichte Kalke, eingeschaltet in Dachsteinriffkalken vom Mikrofazies-Typus 2.

(3) Süd-Teil der Sauwand, Lesesteine oberhalb des Weges Almhütte-Herterbauersattel: Hellrote Kalke als Lesesteine in einer sonst mit Riffkalk gefüllten Schuttrinne im Bereich der anstehenden Mürtzaler Schichten. Wie Dünnschliffe zeigen, kann es sich hier nicht um Mürtzaler Kalke handeln. Der Kalkschutt läßt sich hangaufwärts bis an die Steilwände der Sauwand-Südflanke verfolgen und dürfte aus einer morphologisch auffallenden NW-SE streichenden Runse der Riffkalk-Wände stammen.

Die Lage der Vorkommen ist auf Abb. 10 durch den Buchstaben H gekennzeichnet.

Die mikrofazielle Typisierung dieser Kalke ergab folgendes Resultat:

Vorkommen 1 (Ost-Teil der Sauwand): Feinkörniger Mikrit mit dünnschaligen Resten von planktonischen Organismen (vgl. Taf. 9, Fig. 1). Neben sehr kleinen Ostrakoden treten Foraminiferen vom Bautypus der Globigerinen auf. Vereinzelt gerade oder leicht gebogene stäbchenförmige Elemente („Filamente“). Durchmesser der „Globigerinen“ 0,02—0,04 mm; es scheint sich um Formen mit nur wenigen Kammern gehandelt zu haben. — Dünnschliffe und Anschliffe zeigen, daß das vom roten Mikrit eingenommene Areal innerhalb des als Biosparit bzw. Biomikrit entwickelten Riffkalkes gegen den Riffkalk zu von einem randständigen Calcitrassen getrennt wird, wie dies bei Hohlraumfüllungen der Fall ist (vgl. SANDER 1936).

Vorkommen 2 (West-Teil der Sauwand): Feinkörniger Mikrit mit zahlreichen verschieden langen, meist gebogenen Filamenten, die keine gesetzmäßige Anordnung erkennen lassen. Die Filamente liegen stellenweise dicht beisammen und erscheinen im Dünnschliff als helle Querschnitte in der dunklen Grundmasse (vgl. Taf. 9, Fig. 3).

Vorkommen 3 (Süd-Teil der Sauwand): Feinkörniger Mikrit mit zahlreichen, gebogenen Filamenten, vereinzelt Foraminiferen (Fronicularien). Die Mikrofazies ist identisch mit der von Vorkommen 2. Taf. 9, Fig. 2.

Vorkommen 1 ist durch unregelmäßig in Riffkalken verteilte „rote Scherben“ gekennzeichnet. Bei Vorkommen 2 und möglicherweise auch bei Vorkommen 3 handelt es sich um stratigraphische Einschaltungen von lithologisch und mikrofaziell unterschiedenen Kalken in die normale Folge der in back-reef-Fazies entwickelten Riff-Kalke.

Die Diskussion dieser Kalke muß von der Verschiedenartigkeit der Vorkommen ausgehen:

Das Auftreten von Rotpeliten in obertriadischen Riffkalken ist schon lange

bekannt. Generell lassen sich nach der Lagerungsbeziehung Rotpelit/Riffkalk drei Erscheinungsformen erkennen: (a) rote Scherben, die ohne regelmäßige Anordnung im Riffkalk liegen; (b) lagenförmig angeordnete Rotpelite, deren Grenzflächen häufig parallel zu den Bankungsfugen der Kalke verlaufen und (c) Einlagerung von Rotpelit in Spalten der Riffkalke. Beim letzten Fall handelt es sich um Sedimentation in klaffenden Spalten des Riffes, wie sie von WÄHNER (1903) und FABRICIUS (1962) beschrieben wurde. Diese Erscheinung wurde am Sauwand-Riff nicht beobachtet. Diese Art von Spaltenfüllung hat mit den unter (a) und (b) angeführten Erscheinungsformen nur eine makroskopische Ähnlichkeit gemeinsam; genetisch handelt es sich bei (a) und (b) um synbis parasedimentäre Bildungen, während bei (c) Spalten in verfestigten Trias-Sedimenten durch liassische Rotpelite gefüllt wurden. Das liassische Alter der Füllung ist durch die Mikrofauna eindeutig zu beweisen (vgl. FABRICIUS 1960 a).

Fall (a), die „roten Scherben im Dachsteinkalk“, wurde bereits vor über hundert Jahren von E. SUESS (1857) beschrieben und in ausgezeichneter Weise als „schwimmende Scherben eines grellziegelroten oder ocker-gelb gefärbten Gesteins“ bezeichnet. Die Deutung dieser „Scherben“ in der Literatur ist mehr oder weniger einheitlich: J. WALTHER (1885) spricht von „durch ein heteropisches Sediment ausgefüllte Lücken“ in einem rasch lithifizierten Riff. Zu einer ähnlichen Deutung kommt E. SUESS (1901). Auf Grund der älteren Literatur und auf Grund von chemischen Analysen kommen LEUCHS & UDLUFT (1926) zur Ansicht, daß es sich bei den in den Dachsteinkalken der Nordalpen weit verbreiteten „roten Scherben“ um „nichts anderes als Ausfüllung von Hohlräumen in Riffen“ handelt. Aus den zahlreichen Angaben in der jüngeren Literatur sei hier lediglich die Beschreibung von „schwimmenden Scherben“ in oberrhätischen Riffkalcken der Lechtaler Alpen durch HUCKRIEDE (1959, S. 64) herausgegriffen:

„... am Schindlekopf findet man auch mitten in den weiß anwitternden, massigen, dunkelgrauen Oberrhätkalcken... rosarote bis rote, manchmal auch gelblich anwitternde „Schwimmende Scherben“ wie man sie gewöhnlich in den Dachsteinkalken antrifft. Hierbei kann es sich nicht um aufgearbeitete und umgelagerte Stücke eines schon vorher verfestigten rötlichen Gesteins handeln; denn sie stecken oft wie lange Schlieren im grauen Kalk oder senden in diesen lange Apophysen, die bei klastischer Entstehung auf jeden Fall abgebrochen wären. Färbungsstreifen in den „Scherben“ biegen nahe der „Scherben“-Ränder in deren Richtung ein.“

Diese Beschreibung stimmt mit den an den „roten Scherben“ des Sauwand-Riffkalckes beobachtbaren Verhältnissen vollkommen überein und entspricht auch den im oberrhätischen Riffkalk des Sonwendgebirges (Rofan-Gruppe) sichtbaren Erscheinungen.

Fall (b), „rote Lagen“ im Dachsteinkalk, wurde insbesondere aus dem Bereich der gebankten Dachsteinkalke beschrieben (z. B. LEUCHS & UDLUFT 1926, SCHWARZACHER 1948). Es handelt sich um oft bis zu mehreren cm dicken Lagen, die bankparallel dem geschichteten Dachsteinkalk eingeschaltet sind. Dünnschliffe von derartigen Kalcken aus der Umgebung der Simony-Hütte (Dachsteinplateau) zeigen folgendes Bild:

Pelsparit mit deutlicher, mehrmaliger Gradierung. Im Bereich des grauen Dachsteinkalkes erkennt man mehrere 1—2 mm dicke Lagen, deren Grenzen in senkrecht ss-geführten Schnitten deutlich hervortreten. Die Lagen zeigen einen gleichförmigen Aufbau. In einer sparitischen Grundmasse liegen an der Basis

etwa 0,20 mm große Pseudooide von guter Rundung und Sphärizität. Darüber folgen in geopetaler Anlagerung kleinere Körner, die im Durchmesser bis zu 0,03 mm abnehmen. Über dem grau gefärbten Abschnitt folgt der Bereich des Rotpelits: Hier ist die Grundmasse im wesentlichen als Mikrit entwickelt, in dem eckiger Echinodermen-Detritus und wenige Reste von schalentragenden Organismen zu erkennen sind. Vereinzelt treten isolierte größere Komponenten auf, bei denen es sich um Intraklaste oder pyritisierte Biogene handeln könnte. Sowohl im Graupelit als auch im Rotpelit sind die Komponenten in die Grenzflächen der einzelnen Lagen eingedrückt. Die Grenzflächen sind untereinander \pm parallel und verlaufen leicht wellig.

Dieses Schlibbild deutet auf eine im Rhythmus ungestörte Sedimentation, die durch Einschwemmung von Rotpelit qualitativ verändert wurde. Die Ursache der Rotfärbung kann ohne nähere Untersuchungen nicht angegeben werden. LEUCHS & UDLUFT (1926) führen die Färbung der „roten Lagen“ auf Grund von chemischen Analysen auf Einstreuung von chersogenen Stoffen vom Land her zurück. Die verschiedenartige Mikrofazies sowie die abweichenden Lagerungsverhältnisse sprechen dafür daß für die „roten Lagen“ und die „roten Scherben“ der Dachsteinkalke zumindestens in den hier mit Schlibfen untersuchten Vorkommen verschiedene Bildungsbedingungen anzunehmen sind.

Die Untersuchungen durch SANDER (1936) haben gezeigt, daß es sich bei den in den megalodontenführenden Dachstein-Kalken eingeschalteten Rotpelit-Lagen um synsedimentäre Rotschlamm-Zufuhren gehandelt hat, welche einen gewissen Sedimentationsrhythmus erkennen lassen.

2. 2 Fazielle Beziehungen zwischen Hallstätter Kalken und Dachstein-Kalken

LEUCHS & UDLUFT (1926) haben darauf hingewiesen, daß der Chemismus des Rückstandes der „roten Lagen“ in den Dachsteinkalken mit dem von Hallstätter Kalken übereinstimmt. Die beiden Autoren leiten daraus eine sehr geringe Bildungstiefe der Hallstätter Kalke ab, da die Bildungstiefe der „roten Lagen“ durch ihre enge sedimentäre Verknüpfung mit den Riffkalken feststeht. Mit diesem Gedanken wurde ein neues Argument in die Diskussion um die Bildungsbedingungen und um das Verhältnis der Ablagerungsräume der Hallstätter Kalke und der Dachsteinriffkalke geworfen:

Seit ihrer Erstbeschreibung durch HAUER (1853) ist die Debatte über die Bildungstiefe der cephalopodenführenden Hallstätter Kalke nicht abgerissen. Eine Durchsicht der Literatur zeigt, daß für den Ablagerungsraum der Hallstätter Kalke folgende Möglichkeiten erwogen wurden:

(1) Tiefseebildungen: Diese Vorstellung findet sich bereits bei MOJSISOVICS (1896) und wird von HAUG (1906), WÄHNER (1908), HEINRICH (1913) und mit Einschränkungen auch von DIENER (1925) vertreten. Die Begründung für diese Vorstellung ist paläontologischer Natur und stützt sich sowohl auf die reiche Ammoniten-Fauna der Hallstätter Kalke, als auch auf die von HEINRICH (1913) beschriebene Foraminiferen, insbesondere auf die Globigerinen.

Während die Cephalopoden auch in einem anderen Sinne ausgewertet wurden [vgl. unter (2)], dienten die „Globigerinen“ als wesentliche Stütze für die Deutung der Hallstätter Kalke als Tiefsee-Sediment:

Wie HEINRICH (1913) und SCHWARZACHER (1948) festgestellt haben, treten in den Hallstätter Kalken Foraminiferen auf, die einen den Globigerinen ähnlichen Bautypus zeigen. HEINRICH hat auf Grund dieser Globigerinen den Hallstätter Kalk mit dem Globigerinenschlamm der rezenten Meere verglichen und auf bathyale Bedingungen geschlossen. Gegen eine derartige Deutung sprechen folgende Argumente:

Schon aus der Beschreibung durch HEINRICH geht hervor, daß die Mehrzahl der in den Hallstätter Kalken beobachteten Foraminiferen zu den benthonischen Foraminiferen gehört und daß planktonische Globigerinen sehr selten sind. Eine Durchsicht der im Naturhistorischen Museum Wien aufbewahrten Originalschliffe zur Arbeit HEINRICH hat gezeigt, daß diese Angabe zu Recht besteht. Dünnschliffe von norischen Hallstätter Kalken des Salzkammergutes und aus der Umgebung von Hallein zeigen unter den im allgemeinen nicht seltenen Foraminiferen nur einen geringen Prozentsatz von Globigerinen (vgl. E. FLÜGEL 1963 e).

Globigerinen scheinen als Indikatoren des Ablagerungsmediums vielfach unrichtig ausgewertet worden zu sein. GARDINER (1903) und FUCHS (1905) haben auf das Vorkommen von Globigerinen-Schlamm im Riffbereich der Malediven hingewiesen, CRICKMAY, LADD & HOFFMEISTER (1941) machten Globigerinen-führende Sedimente aus Flachwasser-Arealen der östlichen Fidschi-Inseln bekannt und R. TODD (1961) beschrieb Globigerinen aus dem fore- und back-reef-Bereich eines Atolls der Südsee. Globigerinen können daher nicht ausschließlich zur palökologischen Kennzeichnung von bathymetrisch tieferen Meeresteilen herangezogen werden.

(2) Bildungen der Hochsee, neritische Ablagerungen: Diese Ansicht wird von DIENER (1925), SCHWARZACHER (1948) und ZAPFE (1959) vertreten. Auch hier wurden paläontologische Daten ins Treffen geführt, so zum Beispiel die Gastropoden-Fauna des Milibrunnkogels bei Goisern, in der zahlreiche Individuen mit Schalenverletzungen auftreten, was von KOKEN (1897) durch anormal starke Wasserbewegung erklärt wurde. Die Cephalopoden wurden ebenfalls als Hinweis auf ein neritisches Ablagerungsmilieu gewertet.

Durch die sedimentpetrographischen Untersuchungen SCHWARZACHER's (1948) wurde wahrscheinlich gemacht, daß als Bildungstiefe der Hallstätter Kalke 50 bis maximal 200 m anzunehmen sind.

(3) Flachwasserbildungen: Die enge Verknüpfung von Gesteinen der Hallstätter Fazies und von Dachsteinriffkalken führte J. WALTHER (1885, 1908), LEUCHS (1925 a, b, 1947) und LEUCHS & UDLUFT (1926) dazu, die Hallstätter Kalke als Ablagerungen des flacheren Wassers anzusprechen. Hierbei vergleichen LEUCHS & UDLUFT die Hallstätter Kalke und die den Riffkalken eingelagerten sonstigen roten Kalke und kommen zum Ergebnis, daß rote Kalke mit Hallstätter Versteinerungen als Hallstätter Kalke angesprochen werden, wohingegen rote Kalke ohne Hallstätter Versteinerungen nur als „rote Linsen und Lagen im Dachsteinkalk“ bezeichnet werden, obwohl sie genetisch und auch zeitlich mit den Hallstätter Kalken identisch seien. Die Autoren schlagen vor, derartige Einschaltungen in den Riffkalken als „verkümmerte Hallstätter Fazies“ zu benennen.

Neben der stellenweise engen Verknüpfung der Hallstätter Kalke mit den Riffkalken deuten auch paläontologische Faktoren auf ein Flachwassermilieu hin. Allerdings können nicht alle von ZAPFE (1959) angeführten Fossilien ohne Überprüfung als bathymetrische Marken verwendet werden:

Die von FRECH (1890) neu beschriebenen Korallen aus den Hallstätter Kalken müßten darauf hin überprüft werden, ob es sich nicht um Taphocoenosen handelt. Bei der Beschreibung von *Palaeastraea kokeni* betont bereits FRECH, daß es sich um einen „deutlich abgerollten Stock handelt“; am Original von *Montlivaultia marmorea* FRECH erkennt man um den Coralliten einen Saum von randständigem Calcit, was für eine nachträgliche Einbettung der Koralle in das feinkörnige Sediment der Hallstätter Kalke sprechen könnte. Auch der Umstand, daß bisher aus Hallstätter Kalken nur etwa insgesamt 15 Korallen bekannt geworden sind, ist als Warnung gegen eine Überbewertung dieser Vorkommen aufzufassen. — Die von KITTL (1904) und PIA (1936) aus den anischen Han-Bulog-Kalken von Bosnien beschriebenen Dasycladaceen geben hingegen infolge der engen bathymetrischen Verbreitung der Wirtelalgen eine gute Tiefenmarke ab.

Ein immer wieder angeführtes Argument für die enge räumliche Nachbarschaft der Ablagerungsräume der Hallstätter Kalke und der Dachsteinriffkalke sind die in den Riffkalken auftretenden Cephalopoden und Muscheln. Seit MOJSISOVICS (1896) die Vorkommen von Hallstätter Ammoniten im „Hochgebirgskorallenkalk“ und im Dachstein-Riffkalk der Nordalpen zusammengestellt hat, wurden derartige Funde immer wieder beschrieben, zuletzt von ZANKL (1962) aus den Berchtesgadener Alpen und von ZAPFE (1962 b) aus dem Gosaukamm. ZAPFE deutet die Möglichkeit an, daß die aus dem offenen Meer eingeschwemmten Ammoniten-Larven möglicherweise im Riff-Biotop und in Lagunen infolge ihrer abweichenden Umweltsbedingungen eine Entwicklung zu kleineren Formen durchgemacht hätten. Derart soll sich der Umstand erklären, daß die meisten aus dem Dachstein-Riffkalk bekannten Ammoniten im Vergleich mit den Ammoniten der Hallstätter Kalke kleinwüchsiger sind.

Gerade diese Beschreibung der ammonitenführenden Riffkalke zeigt, daß es notwendig ist, den Diskussionen über die Beziehungen von Hallstätter Kalken und Riffkalken eine einheitliche Definition der Hallstätter Kalke zu unterlegen:

So schreibt ZAPFE (1962 b): „Es scheint nicht angebracht, von „Hallstätter Fazies“ oder „Andeutung der Hallstätter Fazies“ im Dachsteinkalk zu sprechen, wenn dort örtlich einige Ammoniten oder eine Monotiden- oder Halobiidenlinie vorkommen... Man sollte daher besser von „Hallstätter Fazies“ nur dort sprechen, wo neben den Cephalopoden auch der typische Gesteinscharakter vorhanden oder angedeutet ist.“ TOLLMANN (1960) betont hingegen: „Hallstätter Kalke müßten durch Faziesfossilien belegt werden.“

In der ursprünglichen Fassung (HAUER 1853) handelt es sich um eine nicht zeitgebundene Gestein-Einheit. Durch die Arbeiten von MOJSISOVICS wurde der Versuch unternommen, diese Gestein-Einheit auf Grund ihrer reichen Cephalopoden-Fauna in Zeit-Gestein-Einheiten bzw. in biochronologische Zonen zu gliedern. Die Definition der Hallstätter Kalke verlagerte sich dadurch vom Gesteinscharakter auf den Fossilinhalt. Den lithologischen Habitus der Schichten bezeichnete MOJSISOVICS (1905) als „Hallstätter Entwicklung“ bzw. als Hallstätter Fazies und versteht darunter „vorherrschend lichter, meist undeutlich gebankter Kalk, gelblich, rötlich und grünlich mit dolomitischen Bänken an der Basis, hier auch eisenschüssige Rauhacken — unterster Muschelkalk, Knollenkalke, hornsteinreiche Plattenkalke, Zlambachschichten.“ Heute wird der Begriff der

Hallstätter Entwicklung häufig für die „Gesamtheit bunter, fossilreicher toniger Kalke vom Anis bis zum Rhät gebraucht“ (vgl. O. KÜHN 1962).

Geht man von der ursprünglichen Definition der Hallstätter Kalke aus, so ist es notwendig, neben dem Fossilinhalt auch die petrographischen Merkmale der Hallstätter Kalke zu berücksichtigen. Hier lassen sich durch die mikrofazielle Analyse von Hallstätter Kalken neue Vergleichsdaten gewinnen:

Die Untersuchung von Dünnschliffen norischer Hallstätter Kalke aus dem Salzkammergut (E. FLÜGEL 1963 e) zeigt, daß in den Hallstätter Kalken folgende Merkmale auftreten:

(1) Grundmasse: Feinkörniger Mikrit (i. S. der Definition von FOLK 1962). Sparit tritt im allgemeinen nur als Ausfüllung von synsedimentären Hohlräumen auf (vgl. auch SCHWARZACHER 1948). Die Korngrößen liegen bei 0,03 bis 0,05 mm. Bei der Grundmasse handelt es sich um die ursprüngliche pelitische Matrix und nicht um sekundären Zement.

(2) Komponenten: Als Komponenten konnten Biogene, Intraklaste und Pseudooide beobachtet werden, wobei die Biogene quantitativ an erster Stelle stehen. Bei letzteren handelt es sich um Foraminiferen, Radiolarien, Ostrakoden, Mollusken-Detritus und Echinodermen-Fragmente.

Außerdem treten schwach gebogene oder gerade, stabförmige Elemente auf, die in der französischen Literatur als „filaments“ beschrieben wurden (CUVILLIER 1961, PEYRE 1959). Diese Filamente sind bisher aus meist cephalopodenführenden Kalken der Trias, des Jura und der Kreide bekannt. Sie werden als genetisch ungleichwertige Strukturen angesehen (Schalenreste verschiedener Muscheln, ? Algen) und als Hinweise auf eine „pelagische Fazies“ ausgewertet (vgl. z. B. MICROFACIES ITALIANE 1959, LEISCHNER 1961).

Aus der alpinen Trias sind derartige Biogene bisher nur aus Kalken der Hallstätter Fazies bekannt geworden (Karnische und norische Hallstätter Kalke des Salzkammergutes und der Umgebung von Hallein, Engelsberger Kalk auf Blatt Wiener Neustadt, Han-Bulog-Kalk in Bosnien, obertriadische Hallstätter Kalke aus Griechenland und aus Sizilien etc.). Die Filamente sind trotz einer gewissen Ähnlichkeit mit Muschelschill-Lagen leicht von diesen zu unterscheiden und durch quantitative Daten auch gut typisier- und reproduzierbar.

Unter den übrigen Biogenen treten Foraminiferen und Echinodermen-Fragmente quantitativ hervor. Bei den Foraminiferen ließen sich sowohl benthonische als auch planktonische Arten feststellen, wobei das Häufigkeitsverhältnis (Zahl der benthonischen Individuen : Zahl der planktonischen Individuen in 24 Dünnschliffen) 6 : 1 ist. Planktonische Orbuliniiden finden sich nur in Proben aus dem norischen Hallstätter Kalk von Dürrnberg bei Hallein etwas häufiger, sonst treten sie — wie auch aus der Beschreibung durch HEINRICH (1913) hervorgeht — zahlenmäßig stark zurück und sind keinesfalls in einer Häufigkeit vorhanden, daß man von einer „Globigerinen-Fazies“ sprechen könnte, wie sie etwa im jüngeren Mesozoikum der Tethys ausgebildet ist (vgl. COLOM 1955, LEISCHNER 1959). Der von HEINRICH gebrachte Vergleich mit dem rezenten Globigerinen-Schlamm ist daher nicht zutreffend.

Gemeinsam mit verschiedenartigen Echinodermen-Fragmenten (Siebplatten, Seeigelstacheln, Holothurien-Platten) finden sich kleine Ostrakoden und stellenweise etwas häufiger Radiolarien.

Intraklaste im Sinne der Definition von FOLK (1959) sind nur selten zu erkennen; desgleichen strukturlose, gut gerundete Gefügekörner, die als Pseudooide angesprochen werden könnten.

Resedimentation und Mehrfachsedimentation ist häufig (vgl. SCHWARZACHER 1948).

Bisher wurde die Mikrofazies der Hallstätter Kalke nur in Testproben untersucht; es fehlen nähere Angaben über Sortierung, Rundung und Sphärizität sowie umfangreichere Häufigkeitsmessungen. Trotzdem sind bereits jetzt auf Grund der mikrofazialen Merkmale Aussagen über das Ablagerungsmedium dieser Hallstätter Kalke möglich, wenn man das von PLUMLEY, RISLEY, GRAVES & KALEY (1962) aufgestellte Konzept der „Energie-Indizes“ berücksichtigt:

Die von den amerikanischen Autoren vorgeschlagene genetische Klassifikation der Kalke beruht auf der durch die bei der Sedimentation wirksamen Wellen- und Strömungsbewegung, deren Abbild Sediment und Textur der Biogene sind. Die die Sedimentation beeinflussende Wasserbewegung wird durch den Energie-Index (E. I.) ausgedrückt. Als Beispiele seien die Energie-Indizes I und V angeführt:

E. I. I — Stillwassersedimentation. Merkmale: Die Komponenten treten im Vergleich mit der Grundmasse quantitativ stark zurück. Die Gestalt der Fossilreste entspricht vielfach ihrer ursprünglichen Morphologie, die Biogene sind nicht abgerundet. Sind die Biogene zerbrochen, so erscheinen sie eckig. Populationen bestehen aus vielen Individuen, aber aus wenigen Arten.

E. I. V — Sedimentation in stark bewegtem Wasser. Merkmale: Fossilbruchstücke oder Gesteinsfragmente größer als 2 mm (Calcirudite). Sortierung der Komponenten im allgemeinen gering, Rundung verhältnismäßig gut bis gut. Populationen bestehen aus verschiedenen Arten.

Zwischen diese Endglieder fügen PLUMLEY et al. die Energie-Indizes II (Ablagerung abwechselnd in bewegtem und in ruhigem Wasser), III (Ablagerung in leicht bewegtem Wasser) und IV (Ablagerung in bewegtem Wasser) ein.

Versucht man mit Hilfe der in den Schriffen der Hallstätter Kalke feststellbaren mikrofazialen Merkmale die Energie-Indizes dieser Kalke zu bestimmen, so gelangt man zu folgendem Resultat:

In den aus den norischen Hallstätter Kalken des Dürrnbergs, Sommeraukogels, Steinbergkogel und des Siriuskogel stammenden Proben wurden nur die Energie-Indizes I₁, I₂ und II₁ festgestellt.

Die Typen I₁ und I₂ sind durch eine feinkörnige Grundmasse (Korndurchmesser unter 0,06 mm) gekennzeichnet, die im Vergleich mit den Komponenten mehr als 50% der untersuchten Probe ausmacht. Die Fossilführung ist im allgemeinen gering und artenarm bei I₁, individuen- und artenreicher hingegen bei I₂. Hier treten verschiedenartige Foraminiferen auf. Beim Typus II₁ nimmt die feinkörnige Grundmasse weniger als 50% ein, die Komponenten sind relativ gut gerundet und der Fossilinhalt ist noch ziemlich eintönig. Es finden sich hier Echinodermen- und Mollusken-Reste zusammen mit Foraminiferen und Ostrakoden. Dieser Typus ist insbesondere in Proben vom Dürrenberg vertreten. Vgl. Taf. 1, Fig. 1 bei E. FLÜGEL 1963 e).

Die festgestellten Energie-Indizes der Hallstätter Kalke entsprechen Ablagerungen in ruhigem Wasser bzw. in alternierend ruhigem und bewegtem Wasser.

Über die Tiefe des Wassers sagen die hier gewonnenen Daten nichts aus. Sie ermöglichen aber den Vergleich der Hallstätter Kalke mit den im Riffkalk der Sauwand festgestellten Einlagerungen von mikrofazial abweichenden Kalken (vgl. S. 75):

Vergleichen wir Beschreibung und Abbildung der aus Vorkommen 1 stammenden Probe („rote Scherben“ im Dachsteinriffkalk) mit den bei PLUMLEY

et al. (1962) zusammengestellten Sedimentationstypen, so sehen wir, daß dieser Mikrofazies-Typus dem Energie-Index I entspricht — also Sedimentation im Stillwasser-Bereich andeutet.

Die Proben aus den Vorkommen 2 und 3 entsprechen dem Typus I bis I₃, sind also ebenfalls als Ablagerungen des ruhigen und wenig bewegten Wassers aufzufassen.

Dieser Vergleich zeigt, daß für die „roten Scherben“ im Dachsteinriffkalk der Sauwand und für die Einlagerungen von mikritischen Kalken mit Filamenten einerseits und für Hallstätter Kalke andererseits gleiche Ablagerungsbedingungen in Stillwasserbereichen bestanden.

Wie bei der Beschreibung der „roten Scherben“ aus den Sauwand-Riffkalken erwähnt wurde (S. 75), handelt es sich nach der Ausbildung der Randpartien des Rotpelits um Hohlräumfüllungen. Diese Rotpelite treten im Sauwand-Riff in Kalken vom Mikrofazies-Typus 1 und 3 auf, also im zentralen Riff-Areal (vgl. S. 55). Hier ist mit verhältnismäßig starker Wellenbewegung zu rechnen (die Energie-Indizes betragen für Proben vom Mikrofazies-Typus 1 und 3 etwa II und IV).

Das an der West-Flanke der Sauwand auftretende Vorkommen 2 liegt als stratigraphische Einschaltung in Riffkalken vom Mikrofazies-Typus 2, also im back-reef-Bereich. Hier ist starke Wasserbewegung anzunehmen (E. I. IV und V), das back-reef liegt in der Turbulenzzone (vgl. z. B. FABRICIUS 1960 a, LECOMPTE 1958). Könnte man beim Vorkommen 1 noch mit einer lokalen Stillwassersedimentation in Höhlungen eines in Bewegtwasserbereichen liegenden Riffes rechnen, so ist dies bei Vorkommen 2 nicht möglich. Hier handelt es sich um Sedimentation eines faziesfremden Elementes im Riff-Komplex. Der Gegensatz zwischen dem Mikrofazies-Typus 2 des back-reef-Bereiches und der Mikrofazies der mikritischen Kalke mit Filamenten ist evident (vgl. Taf. 4, Taf. 9, Fig. 3!). Andererseits ist auch die Übereinstimmung des Mikrofazies-Typus von Vorkommen 2 mit der Mikrofazies von typischen Hallstätter Kalken (Steinbergkogel bei Hallstatt, Siriuskogel bei Ischl), augenfällig (vgl. Taf. 9, Fig. 4 und 5!).

Dieser Gegensatz und diese Übereinstimmung lassen sich nur dahingehend erklären, daß ortsfremde Sedimente mit ortsfremden Fossilresten aus einem Ablagerungsraum mit abweichender Wasserbewegung synd sedimentär in das Riff eingeschwenkt wurden.

Da die in den „roten Scherben“ bzw. in den Feinschlammkalken vorhandenen Biogene mit Fossilresten identisch sind, wie sie für Sedimente der Hallstätter Entwicklung kennzeichnend sind (Filamente!), ist mit einer engen räumlichen Nachbarschaft der Ablagerungsräume der Dachstein-Riffkalke und der Hallstätter Kalke zu rechnen.

Mit dieser Feststellung wird durch neue Beobachtungen im Kleinbereich die von J. WALTHER (1908), LEUCHS (1925, 1947), LEUCHS & UDLUFT (1926), ROSENBERG (1958) und anderen Autoren geäußerte Ansicht bestätigt, wonach die Hallstätter Fazies eine „Neben- und Begleitfazies der Riff-Fazies“

(LEUCHS 1947) bzw. eine zwischen den großen Riffkomplexen abgesetzte Ablagerung ist.

2.3 Diskussion

Da mit dieser Anschauung altes Gedankengut erneut zur Diskussion gestellt wird, ist es notwendig, die eingangs (S. 75) zusammengestellten Daten daraufhin zu überprüfen, wie sie sich dem hier entwickelten Vorstellungsschema einfügen:

(a) Biofazielle Zusammenhänge: Es ist einleuchtend, daß sich das häufige Vorkommen von „Hallstätter Fossilien“ in Dachstein-Riffkalken bei Annahme einer engen primären Nachbarschaft der Ablagerungsgebiete leicht erklären läßt. Seit der Zusammenstellung der Vorkommen von Hallstätter Mollusken in Dachsteinriffkalken durch MOJSISOVICS (1896) hat sich die Zahl der Beobachtungen vermehrt (LEUCHS 1928, ZAPFE 1962 b, c, ZANKL 1962). Im Dachsteinriffkalk des westlichen Gosaukammes finden sich Arcestiden in Kalken, die nach dem Mikrofazies-Bild als typische Ablagerungen des zentralen Riff-Areales anzusprechen sind (biogene Anlagerungen von sessilen Foraminiferen und Algen, *Microtubus* in gehäufte Form etc.). Diese Vorkommen zeigen, daß die Hallstätter Fossilien in den Dachsteinriffkalken nicht immer mit Sedimenten vom Hallstätter Fazies-Typus verknüpft sein müssen.

(b) Lithofazielle Zusammenhänge: Einlagerungen von Gesteinen, die Hallstätter Kalken lithofaziell ähnlich sind, in Riffkalken wurden bereits öfters beschrieben und auch auf geologischen Karten dargestellt (z. B. GANSS, KÜMEL & SPENGLER 1954). Leider sind diese Vorkommen nicht näher untersucht. Wie wir gesehen haben, gestattet die Dünnschliff-Untersuchung eine nähere Typisierung dieser Einlagerungen und Einschaltungen im Riffkalk.

(c) Ablauf der Rotpelit-Einlagerungen im Riff: Die Voraussetzungen für die Einlagerung von Rotpeliten im Riff sind einerseits eine vorhandene Porosität, welche die Hohlräumfüllung ermöglicht, und andererseits ein Areal gleichmäßiger Sedimentation, wie es an der back-reef-Seite des Riffes gegeben ist. Hier können sich eingeschwemmte Rotpelite relativ ruhig einen längeren Zeitraum hindurch absetzen, sobald sie in Bereiche gelangen, in denen die Turbulenz nicht zu stark ist. Der Umstand, daß in dem feinkörnigen eingeschwemmten Sediment die Biogene aus dem Hallstätter Fazies-Bereich enthalten sind, spricht dafür, daß die Einschwemmungen nicht sukzessiv erfolgen, sondern in Form von größeren, geschlossenen Materialanlieferungen, wie sie etwa bei Sturmfluten auftreten. Da das Ablagerungsgebiet des back-reef-Schuttes in einem Raum von nur geringer Wassertiefe zu suchen ist (die Tiefe rezenter Lagunen beträgt im Maximum etwa 20 m, vgl. EMERY, TRACEY & LADD 1954, SHEPARD 1948 etc.), kann back-reef-Schutt vom Seegang aufgewirbelt und transportiert werden. Es ist anzunehmen, daß dies auch im Liefergebiet der Rotpelite der Fall war, sofern dies nicht unter 200 m, der unteren Grenzfläche der Wellenbasis, lag. Dies ist aber nach den Beobachtungen von SCHWARZACHER (1948) und z. T. auch auf Grund der paläontologischen Indikatoren (vgl. S. 79) nicht wahrscheinlich.

Bedingt durch das Bau-Schema ist die primäre Porosität des Sauwand-Riffes an der fore-reef-Seite am größten. Hier, wo Spongien, Korallen und Algen zusammen mit anderen ses-

silen und benthonischen Organismen eine wellenbrechende Struktur aufbauten, fanden sich in den Höhlungen zwischen den phaceloiden Korallenkelchen und zwischen den einzelnen Individuen der Schwämme ebenso genügend Platz für Rotpelit-Einlagerungen als auch in den bereits lithifizierten aber noch nicht vollständig diagenetisch verfestigten Kleinhöhlen des Riffes. Der Calcitrasen, welcher Rotpelit und umgebenden Biosparit des Riffkalkes trennt, läßt sich in diesem Sinne deuten (vgl. FABRICIUS 1962, BATHURST 1959). Es ist von Interesse, daß am Sauwand-Riff „rote Scherben“ in gehäufte Form insbesondere an der Ost-Seite nahe dem Areal der fore-reef-Fazies auftreten.

LEUCHS (1928) hat aus dem oberrhätischen Riffkalk des Breithorns im Steinernen Meer „rote Scherben“ und „rote Lagen“ beschrieben, die in ihrer Textur große Ähnlichkeit mit den im Sauwand-Riff festgestellten Einlagerungen haben. Die ausgezeichnete Darstellung bei LEUCHS zeigt, daß die gleiche Rotpelit-Sedimentation mit gleichen Einzelmerkmalen (vgl. Anschliff-Beschreibung bei LEUCHS 1928, S. 396, Dünnschliff-Beschreibung auf S. 397!) auch in anderen obertriadischen Rifften vorhanden ist. LEUCHS deutet die Genese der Rotpelit-Bildungen durch Füllungen von Riff-Hohlräumen mit chersogenen Stoffen. Eine derartige Erklärung scheint aber nicht bei allen Rotpelit-Lagen möglich:

(d) Das Liefergebiet der Rotpelite: LEUCHS hat angenommen, daß es sich bei den roten Lagen und Scherben in den obertriadischen Riffkalken um sporadische, mit Bodenbewegungen in Verbindung stehende Einschwemmungen von Verwitterungssedimenten von einem Land bzw. von aufgetauchten Riff-Gebieten handelt. Die von LEUCHS gegebene Deutung findet sich mehrfach in der älteren Literatur, so zum Beispiel bei GEYER (1886), welcher die „roten Schmitzen“ im Dachsteinkalk als Einschwemmungen von Terra rossa deutet. Eine derartige Erklärung kann jedoch nur für jene Fälle zutreffen, bei denen im Rotpelit keine mikrofaziell bedeutsamen Fossilreste vorhanden sind.

Es sei hier nachdrücklich betont, daß die Deutung der Rotpelite in den Sauwand-Riffkalken als Einlagerungen von Hallstätter Sedimenten nicht als einzige Erklärung für alle Rotpelit-Vorkommen in den obertriadischen Riffkalken herangezogen werden darf. Es handelt sich um genetisch ungleichwertige Bildungen.

Mit einem zeitweisen Trockenfallen von Rifften, wie wir es auch von rezenten Rifften her kennen (BAUER 1907), ist auch in der Ober-Trias durchaus zu rechnen. HARRASSOWITZ (1930) hat einige Vorkommen von siallitischen Roterden auf Kalken zusammengestellt und darauf hingewiesen, daß derartige Roterdenbildungen bereits im Zusammenhang mit silurischen Rifften bekannt sind.

In den „roten Scherben“ und in den übrigen Einlagerungen im Sauwand-Riff finden wir im Rotpelit die für die Mikrofazies des Hallstätter Ablagerungsraumes kennzeichnenden Biogene. Neben planktonischen Foraminiferen sind hier insbesondere die Filamente zu nennen (vgl. S. 80). Die gehäuft auftretenden Biogene sind ursprünglich im Stillwasser-Bereich sedimentiert worden (vgl. S. 81). Ihr Auftreten ist durch Einschwemmung vom Land her nicht erklärbar. Sie müssen aus Arealen stammen, in denen sie primär in wenig be-

wegtem Wasser sedimentiert wurden, um dann — gemeinsam mit dem mikritischen Rotpelit — in die Höhlungen der Riffe eingeschwemmt zu werden.

Wenn wir annehmen, daß das Liefergebiet dieser Rotpelite der Ablagerungsraum der Hallstätter Kalke war, so erhebt sich die Frage, auf welche Weise das dort abgesetzte Sediment an die Riffe herangeführt worden ist:

Wir haben bereits darauf hingewiesen (S. 83), daß man daran denken könnte, daß durch sporadisch auftretende Sturmwellen eine Aufschlammung des „Hallstätter“ Kalkschlammes erfolgte und daß dieser Schlamm — etwa in Form eines Suspensionsstromes — von dem porösen Riff aufgesogen wurde.

Wenn diese Deutung auch in Einzelfällen zutreffen mag, so spricht gegen eine allgemeine Auswertung dieser Erklärung die Beobachtung, daß der Wellentiefgang in rezenten Meeren im allgemeinen gering ist. BRADLEY (1958) gibt in einer Zusammenstellung die Untergrenze der marinen Abrasion mit etwa 10 m an. SHEPARD (1948) betont, daß ein wesentlicher Sedimenttransport durch Wellenbewegung unterhalb einer Tiefe von 10—13 m im allgemeinen nicht mehr erfolgt, wenn man auch vereinzelt die Wirkung von Sturmwellen bis in eine Tiefe von 65 m festgestellt hat. Akzeptiert man die von SCHWARZACHER (1948) angenommene Bildungstiefe der Hallstätter Kalke (50 bis 200 m), so können Wellenbewegungen allein nicht zur Erklärung der Einschwemmungen von Hallstätter Kalkschlamm in die Riffe herangezogen werden.

Es ist wahrscheinlicher, daß *Strömungen* für diese Aufschlammung des Sediments und für die Einschwemmungen verantwortlich zu machen sind. Die Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß lokalen Strömungen im Meer keine Tiefengrenze gesetzt ist (vgl. SHEPARD 1948, KUENEN 1950). SHEPARD berichtet über Bodenströmungen in der Umgebung von submarinen Erhebungen, wobei Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 50 cm in der Sekunde erreicht wurden. Gleichgültig, ob die Hallstätter Kalke nun in flacherem oder etwas tieferem Wasser abgesetzt worden sind, so bestand doch die Möglichkeit, daß im Sedimentationsbecken stärkere Strömungen tätig waren, welche Feinschlamm und Mikrofossilien aufgenommen und zu den benachbarten Riff-Komplexen gebracht haben können.

Hier kann die Sedimentation dieser Rotpelite in submarinen Höhlungen von Riffen erfolgt sein, die an der Oberfläche noch im Wachstum begriffen waren. Diese mit Rotpelit gefüllten Kleinhöhlen wurden dann teilweise im Laufe der Diagenese, teilweise durch Überschüttung mit Riff-Detritus geschlossen und erscheinen daher heute als „Linsen“, „Schmitzen“ oder „Scherben“. Für eine oberflächenfernere Einschwemmung spricht auch, daß starke Rotpeliteinschwemmungen in das lebende Riff dieses rasch zum Absterben gebracht hätte. LEUCHS & UDLUFT (1926) nehmen an, daß schon ein Prozentsatz von 1,2 Fe₂O₃ im Rotpelit genügt, um ein Riffwachstum unmöglich zu machen. Es sei hier darauf hingewiesen, daß die von LEUCHS & UDLUFT gegebenen Analysen nach HARRASSOWITZ (1930) zum Teil einer Überprüfung bedürfen.

SCHWARZACHER (1948) hat nachgewiesen, daß die durch reiche Schlickeröllführung, Kreuzschichtung und Schillbänkchen gekennzeichneten ungeschichteten Hallstätter Kalke (Astraturite) im Bereich von Bodenströmungen mit Geschwindigkeiten zwischen 50—150 cm/sek. abgelagert wurden. Diese Beobachtung ist ein weiterer Hinweis dafür, daß die in den Dachstein-Riffkalken eingelagerten Rotpelite durch Strömungen aus dem Ablagerungsbereich der Hallstätter Kalke zu den Riffen geschafft wurden.

(e) Zur Altersfrage der Rotpelite: Nimmt man an, daß die als „rote Scherben“ in den Riffkalken vorliegenden Rotpelite aus dem Hallstätter

Ablagerungsraum eingeschwemmt wurden, so erhebt sich die Frage, woher die Rotpelite in rhätischen Riffkalken kommen, wenn die Sedimentation der Hallstätter Kalke im Nor zu Ende geht.

Diese Frage ist mit dem Problem der zeitlichen Einstufung der Hallstätter Kalke bzw. der Hallstätter Sedimentation und der Dachstein-Riffkalke verbunden:

Nach der klassischen Cephalopoden-Gliederung durch MOJSISOVICS endet die Sedimentation der typischen Hallstätter Kalke mit dem höheren Nor. Im Bereich von Aussee und im Mitterndorfer Becken in der Steiermark ist über den norischen Hallstätter Kalken eine verschiedene große, bis in den Jura reichende Schichtlücke vorhanden. MEDWENITSCH (1958) hält eine „kurzzeitige Trockenlegung des Absatzbereiches der oberen Hallstätter Decke“ für denkbar; TOLLMANN (1960) weist darauf hin, daß es unsicher ist, ob das Rhät der Hallstätter Decke im Salzkammergut primär oder tektonisch fehlt.

In den letzten Jahren wurden auch aus dem Bereich der Hallstätter Fazies Riffkalke beschrieben: KRISTAN (1958) hat norischen Hallstätter Korallen- und Algenriffkalk von der Hohen Wand (Niederösterreich) beschrieben, TOLLMANN (1960) einen möglicherweise unternorischen Hallstätter Korallenriffkalk vom Krahstein im steirischen Salzkammergut. Ältere Angaben stammen von MOJSISOVICS (1905) und SPENGLER (in GANSS et al., 1954).

Aus den Riffkalken der Hohen Wand wurde eine Korallen-Fauna bestimmt (KRISTAN 1958). Es handelt sich um Arten, die ursprünglich aus den Zlambach-Schichten des Salzkammergutes beschrieben wurden (FRECH 1890). Wie die Untersuchung der Korallen-Fauna der obertriadischen Riffkalke gezeigt hat (E. FLÜGEL 1963 a), handelt es sich bei den Korallen der Riffkalk-Fazies zum Teil um neue Arten, die trotz Ähnlichkeiten mit Zlambach-Korallen mit diesen nicht identisch sind. Die bisher aus obertriadischen Riff-Kalken bekannten Korallen haben einen durchaus rhätischen Habitus, sie stimmen in vielen morphologischen Merkmalen mit den Korallen der rhätischen Zlambach-Mergel (über das Alter der Schichten vgl. ZAPFE 1959) überein und zeigen enge phylogenetische Beziehungen zu Korallen aus dem Lias. Soweit Korallen und riffbildende Organismen als Zeitmarken Verwendung finden können, kann die Korallen-Fauna der Wand-Kalke als Hinweis auf rhätisches Alter der Schichten angesehen werden.

Weitere Hinweise für eine derartige zeitliche Einstufung ergeben sich aus der Untersuchung einiger Dünnschliffe von Riffkalken aus dem Gebiet der Hohen Wand (Material KRISTAN-TOLLMANN, Material PLÖCHINGER). In diesen Schliffen, die von Proben aus verschiedenen Teilen der Hohen Wand stammen, fanden sich die gleichen Organismen-Gruppen wie in Proben aus dem Dachstein-Riffkalk. Es konnten Spongien, Korallen, Bryozoen bzw. Tabulozoen und Algen nachgewiesen werden. Unter letzteren ist eine *Solenopora*-Art von Interesse, die auch in rhätischen Dachstein-Riffkalken der Nord- und Südalpen weit verbreitet ist (vgl. E. FLÜGEL 1963 a). Bei Bryozoen und zum Teil auch bei den Schwämmen treten Arten auf, die mit Arten aus dem Dachstein-Riffkalk nahe verwandt sind.

Ähnliche Organismen-Reste finden sich in Schliffen aus dem Riffkalk des Krahsteins (Material Geol. Institut Univ. Graz). Allerdings liegen von dieser Lokalität nur wenige Proben vor. Es ist auffallend, daß die in den Schliffen sichtbaren Organismen wohl Ähnlichkeiten mit manchen Formen aus dem

Riffkalk der Hohen Wand zeigen, nicht aber mit Arten aus den Dachstein-Riffkalken. Nach freundlicher Mitteilung von Prof. Dr. A. G. FISCHER (Princeton University, USA) zeigen Proben aus dem Riffkalk des Krahsteins auch einen jurassischen Habitus, so daß eine Bearbeitung dieses Vorkommens dringend erforderlich wäre. TOLLMANN (1960) hat darauf hingewiesen, daß die enge Verknüpfung der Hallstätter Riffkalke des Krahsteins mit den Hallstätter Kalken in Normalfazies ein starkes Indiz für die Deutung der Hallstätter Kalke als Flachwasserbildungen angesehen werden kann.

Ergeben sich derart einige Hinweise für ein möglicherweise rhätisches Alter von Hallstätter Riffkalken, so wurden von einigen Autoren auch andere Kalke als „rhätische Hallstätter Kalke“ angesehen (vgl. CORNELIUS 1939, ROSENBERG 1959, Taf. 17).

Die Datierung der Dachstein-Riffkalke ist mit vielen Problemen verknüpft. Hier seien nur einige, für unsere Fragestellung wichtige Punkte angeführt:

Eine orthochronologische Gliederung der Dachstein-Riffkalke ist bisher nicht gelungen. Die in den Dachstein-Riffkalken auftretenden Cephalopoden stammen fast durchwegs aus „Hallstätter Einlagerungen“. Die Fossilien finden sich in Linsen, treten meist gehäuft auf und lassen sich ohne besondere Schwierigkeiten als Arten bestimmen, die sonst nur im Hallstätter Kalk auftreten (vgl. ZANKL 1962, ZAPFE 1962 b). Andere Mollusken, wie zum Beispiel Gastropoden, finden sich — gemeinsam mit riffbildenden Organismen — im eigentlichen Dachstein-Riffkalk (ZAPFE 1962 a). Bei diesen Mollusken handelt es sich um Bewohner der Riff-Biotops. Dies geht daraus hervor, daß sich Gastropoden in größerer Häufigkeit in den obertriadischen Riffen meist im back-reef-Bereich finden (OHLEN 1959, FABRICIUS 1960 a). Auch der Umstand, daß sich Gastropoden aus den Hallstätter Kalken und Gastropoden aus den Dachstein-Riffkalken bzw. Oberrhätischen Riffkalken nicht vergleichen lassen und daß — ähnlich wie bei verschiedenen Riffbildnern — auch bei den Gastropoden der Riffkalke starke Anklänge an liassische Formen vorhanden sind (ZAPFE 1962 a), spricht dafür, daß es sich bei den Gastropoden — im Gegensatz zu den Cephalopoden — um ein primäres Element der Riff-Fauna handelt.

Die zeitliche Datierung der Riffkalke mit Hilfe von Megalodonten (ARTHABER 1906) stößt auf Schwierigkeiten, die einerseits ihre Ursache in der ungenügenden Bearbeitung dieser Lamellibranchiaten haben und andererseits in dem Umstand, daß in der Riff-Fazies im engeren Sinne (Begriff nach FABRICIUS 1960 a) Megalodontiden im allgemeinen nur selten auftreten (vgl. S. 33). Die Hauptmasse der Megalodontiden findet sich in den gebankten Dachstein-Kalken. Es ist denkbar, daß eine Neubearbeitung dieser Vorkommen insofern zu einer Untergliederung auch der Riff-Kalke führen könnte, als man derart Schichten im Bereich der gebankten Dachsteinkalke in ihrem Übergang in die ungebankten Riffkalke verfolgen könnte. Die Fazies der gebankten Dachsteinkalke bietet für die Erkennung von Schichtlücken und Zeitgrenzen bessere Möglichkeiten, da sich hier die Oszillationen etc. bedeutend besser abbilden als im zentralen Riff-Bereich.

Auf die Möglichkeit, die Riffkalke mit Hilfe der riffbildenden Organismen zu datieren, hat als erster FRECH (in ARTHABER 1906) hingewiesen. Die diesem Versuch zugrundeliegenden Angaben über die Verbreitung der Korallen sind heute überholt, dergleichen viele Ansichten über die Morphologie und die phylogenetische Beziehung der obertriadischen Korallen.

Daher ist eine Gliederung der Dachstein-Riffkalke mit Korallen im Sinne von FRECH heute nicht möglich.

Unter den übrigen, quantitativ oft bedeutend wichtigeren Riffbildnern, sind einige Arten vertreten, die bisher nur aus sicher oder wahrscheinlich rhätischen Riffkalcken bekannt sind. Es handelt sich um einige Großforaminiferen, Kalkschwämme, Hydrozoen, Bryozoen, Dasycladaceen, Solenoporaceen sowie um einige Mikroproblematika. Diese Arten können als Leitformen für das Rhät angesehen werden, wenn feststehen würde, daß sie in norischen Riffkalcken nicht vorkommen.

Nachdem die orthochronologisch maßgebende Gruppe der Ammoniten fehlt bzw. nur in „Hallstätter Einlagerungen“ auftritt, ist es nicht möglich, die Fundpunkte dieser möglicherweise stratigraphisch auswertbaren Riffbildner zu eichen. Wenn wir die Möglichkeiten zusammenfassen, die sich auf Grund der hier kurz diskutierten Faktoren für die Altersfrage der Dachstein-Riffkalke und der Hallstätter Kalke bzw. für das Alter der Rotpelit-Einschwemmungen in den Riffkalcken ergeben, so gelangen wir zu folgender Übersicht:

(A) Die Sedimentation der Hallsteiner Kalke endet mit dem Nor, während die Riffkalke sowohl im Nor als auch im Rhät abgelagert wurden. In diesem Fall wäre in bezug auf die Rotpelite in den Riffkalcken folgende Erklärung möglich:

(A 1) Die Rotpelite stellen keine Einschwemmungen aus dem Ablagerungsbereich der Hallstätter Kalke dar, sondern sind auf Einschwemmungen und Einstreuungen vom Land bzw. von aufgetauchten Riffen her zurückzuführen. Diese Anschauung würde der von LEUCHS & UDLUFT für die „roten Lagen“ der Dachsteinkalke gegebenen Deutung entsprechen. Wie auf S. 84 begründet wurde, kann eine derartige Erklärung für die „roten Scherben“ in den Dachstein-Riffkalcken der Sauwand infolge der speziell entwickelten Mikrofazies nicht akzeptiert werden. Damit soll jedoch nicht abgestritten werden, daß chersogenen Einstreuungen bei der Genese der Rotpelite, insbesondere der lagenförmig und in ss eingeschaltet auftretenden Vorkommen, eine wichtige Rolle spielen, wie dies ja auch bei den Hallstätter Kalcken der Fall ist (vgl. SCHWARZACHER 1948). Wir haben beiden Rotpeliten eine verschiedenartige Genese anzunehmen — Einschwemmungen aus dem Sedimentationsbereich der Hallstätter Kalke und Einstreuungen von Verwitterungssubstanzen von einem Festland her. Diese beiden Möglichkeiten müssen streng auseinandergehalten werden; als wesentliches Unterscheidungsmerkmal ist die Mikrofazies mit den Biogenen des Hallstätter Sedimentationsraumes anzusprechen. Rückstandsanalysen können hier naturgemäß nicht weiterhelfen: der durch röntgendiffraktometrische Untersuchung festgestellte Hämatit in den „roten Scherben“ der Sauwand-Riffkalke stellt keinen bindenden Beweis für eine direkte Einstreuung vom Lande her dar, da sich Hämatit selbstverständlich ebenso im Sediment des Hallstätter Ablagerungsraumes abgesetzt hat.

(A 2) Die Rotpelite in rhätischen Riffkalcken könnten auch durch Einschwemmung von submarinen Erosionsschutt erklärt werden. Bei einer derartigen Deutung wäre es möglich, daß im Nor gebildeter Hallstätter Kalk während des Rhäts submarin erodiert und der feine Schutt als Suspension in die Höhlungen des Riffes geschwemmt wird. Gegen diese Deutung sprechen folgende Gründe: Anzeichen für submarine Erosion fehlen in den Hallstätter Kalcken. Submarine Erosion würde zudem sehr starke Strömungen voraussetzen, die mit

den im Ablagerungsraum der Hallstätter Kalke angenommenen Bodenströmungen (vgl. S. 85) nicht vergleichbar sind (vgl. SHEPARD 1948). Die in die Höhlungen der Riffe eingelagerten Rotpelite müßten dann eine detritische Textur zeigen und die Fossilreste dürften in der Erhaltung und räumlichen Verteilung nicht vollkommen denen in Hallstätter Kalken gleichen. Schließlich fände durch eine derartige Deutung das Auftreten der „Hallstätter“ Cephalopoden in den Riffkalke keine genügende Erklärung.

(B) Die Sedimentation der Hallstätter Kalke reicht, eventuell in etwas veränderter Form, aus dem Nor bis in das Rhät hinein. Riffkalke und „Liefer-sedimente“ der Rotpelite sind also gleich alt und entsprechen Magnafazies-Typen. Diese Erklärung ist aus oben dargelegten Gründen die wahrscheinlichste. Die Seltenheit von „typischen“ Hallstätter Kalken im Rhät kann nicht als Gegenargument gewertet werden, da man — abgesehen von den durch die problematische Datierung gegebenen Unsicherheitsfaktoren — damit rechnen muß, daß Teile der Hallstätter Schichtsäule durch Erosion oder tektonisch unterdrückt sind. Derart wäre es denkbar, daß an einzelnen Stellen die „roten Scherben“ die letzten Überreste einer den Riffkalke ursprünglich benachbarten Faziesentwicklung sind.

Setzt man für die Beziehungen zwischen Hallstätter Fazies und Dachstein-Riffkalk-Fazies die von MOJSISOVICS (1879) ausgearbeiteten Fazies-Begriffe ein, so gelangt man zu folgender Zusammenfassung:

Hallstätter Kalke und Riffkalke sind heteropische, heteromesische, — aber isotopische Ablagerungen; das heißt, die beiden Gestein-Einheiten wurden unter verschiedenen faziellen Bedingungen in verschiedenen Ablagerungsmedien aber innerhalb des gleichen Sedimentationsbeckens gebildet.

(f) Die Beziehungen Hallstätter Fazies — Dachstein-Kalk-Fazies im Lichte großtektonischer Deutungsversuche:

Die Frage nach dem ursprünglichen räumlichen Verhältnis der Ablagerungsräume von Hallstätter Kalken und von Dachsteinkalken ist im Zusammenhang mit deckentheoretischen Überlegungen immer wieder aufgegriffen worden:

MOJSISOVICS unterschied unter Voraussetzung der Autochthonie der Kalkalpen zwei „Hallstätter Kanäle“, von denen ein nördlicher Trog etwa der Linie Wolfgangsee — Ischl — Aussee — Mitterndorf — Phyrn entspricht, während der südlich gelegene Trog durch die Punkte Berchtesgaden — Hallein — Golling — Abtenau — Hallstatt markiert ist. In der Vorstellung von MOJSISOVICS handelt es sich bei diesen Trögen um zwei schmale, ziemlich tiefe Kanäle zwischen den Flachwasserbildungen des Hauptdolomits und des Dachsteinkalkes. Mit Abweichungen findet sich eine ähnliche Ansicht in den Arbeiten von DIENER (1925, 1926), LEUCHS (1925 a) und TRAUTH (1937).

Im Anschluß an die Übertragung der Deckenhypothese auf die Ostalpen versuchte HAUG (1906, 1912), die Beziehungen zwischen Hallstätter Fazies und Dachsteinkalk-Fazies tektonisch zu erklären. HAUG kam zu folgender Gliederung: von Süden nach Norden und von der höchsten zur tiefsten Einheit — Dachstein-Decke, Hallstatt-Decke, Salz-Decke, Toten-Gebirgs-Decke, Bayrische Decke. Die Hallstätter Zone wird in dieser Gliederung zweigeteilt (obere kalkreiche Hallstätter Decke und untere mergelreiche Salz-Decke). Diese Zweiteilung lebt in den Arbeiten von KOBER, MEDWENITSCH und TOLLMANN fort.

Die Untersuchungen von NOWAK (1911), HAHN (1913) und insbesondere durch die Arbeiten von SPENGLER (zusammengefaßt 1956) wurde dieser Gliederung eine zweite tektonische Konzeption gegenübergestellt: Nach dieser Anschauung bildet das Tirolikum (= Dachstein-Decke + Totengebirgs-Decke) ursprünglich eine Einheit, an die sich im Süden die Hallstätter Fazies anschloß.

Durch zweiphasigen Deckenschub kam es zu einer Decken-Folge (von der höchsten zur tiefsten Einheit) Hallstätter Decke, Dachstein + Totengebirgs-Decke. Demnach wird ein Sedimentationsraum angenommen, der durch eine geschlossene Entwicklung von Totengebirgs- und Dachstein-Fazies im Norden mit im Süden anschließender Hallstätter Fazies gekennzeichnet gewesen wäre.

In der Vorstellung von SPENGLER liegt der Ablagerungsraum der Hallstätter Kalke außerhalb des Sedimentationsraumes der Rifffalke bzw. schließt sich an diese im Süden an. SPENGLER hat für diese Anschauung die an verschiedenen Stellen des Dachsteins-Massivs auftretenden Verfärbungen der Dachstein-Kalke als Beweis für die ursprüngliche Position der Hallstätter Fazies herangezogen. Unter anderem bezieht er sich auch auf das von KITTL (1916) beschriebene Vorkommen von rot gefärbten Kalken mit Halorellen im Dachsteinkalk an der Nordost-Seite des Vorderen Gosausees. KITTL wies darauf hin, daß die Halorellen für eine Deutung des Vorkommens als Dachsteinkalk sprechen, daß aber eine derartige Zuordnung ohne die Existenz von Megalodontiden und Korallen nicht möglich sei.

TOLLMANN (1960) hat nun darauf hingewiesen, daß in den rotgefärbten Partien dieser Kalke auch Thecosmilien auftreten: er wertet dies gegen eine Deutung der bunten Kalke als Hallstätter Kalke bzw. als Kalke mit Anklängen an die Hallstätter Fazies: „Es handelt sich tatsächlich nur um rot verfärbten Dachsteinkalk, Hallstätter Kalke müßten durch Faziesfossilien belegt werden. Die verfärbten Kalkpartien im Dachsteinkalk sollen also nicht für solche faziellen Kombinationen verwertet werden.“ Auch in einer späteren Arbeit (TOLLMANN 1962) vertritt der Autor die Ansicht, daß die Einschaltungen von roten Kalken im Dachsteinkalk innerhalb und am Südrand der Dachsteindecke nicht als Anklänge an die Hallstätter Fazies gewertet werden können, da in diesen bunten Kalken Korallen, also Riffbildner, auftreten.

Betrachtet man die in den Dachsteinkalken auftretenden Rotpelite als primäre Einlagerungen von Hallstätter Sediment im Riff-Komplex des Dachsteinkalkes, so erscheint die von TOLLMANN vertretene Ansicht nicht stichhältig:

Es ist selbstverständlich, daß bei Rotpelit-Einschwemmungen in Riff-Höhlungen und -Untiefen Rotpelit nicht nur in den Höhlungen abgesetzt wird, sondern auch zwischen den Riffbildnern in der Umgebung der Höhlen. Das Auftreten von Thecosmilien allein kann nicht als Beweis für eine Zugehörigkeit der roten Kalke zu den Dachsteinkalken angesehen werden, solange keine Untersuchungen über Autochthonie oder Allochthonie der Korallen vorliegen. Gerade Thecosmilien werden durch starke Wasserbewegung leicht zerstört, wie dies die fragmentarischen Kolonien an der fore-reef-Seite der obertriadischen Riffe gut zeigen. Einzelne Kelche können weit verfrachtet werden und finden sich dann naturgemäß nicht nur im Schutt an den Flanken des Riffes sondern auch in natürlichen Höhlungen, wo sie eventuell von Rotpelit überschüttet werden können.

Die von TOLLMANN geforderten Faziesfossilien sind bereits in den Halorellen gegeben, wenn man die sonstige Verbreitung dieser Lamellibranchiaten berücksichtigt (vgl. ARTHABER 1906, ZAPFE 1962 b).

Trotzdem ist TOLLMANN insofern beizupflichten, als nicht alle „roten Kalke“ im Dachsteinkalk als Hinweise auf Hallstätter Fazies gewertet werden dürfen. Es ist in jedem Falle notwendig, durch Dünn- und Anschliffe die Mikrofazies festzustellen, bzw. zu untersuchen, ob kennzeichnende mikrofazielle Merkmale der Hallstätter Kalke vorhanden sind oder ob es sich um eine sporadische chersogene Einsterung handelt (vgl. S. 88). Fazielle Kombinationen, die sich auf die ungenügende Auswertung von nur

einem Merkmal stützen, müssen abgelehnt werden.

Für die Frage nach der ursprünglichen Lage der Ablagerungsräume von Hallstätter Fazies und Dachstein- bzw. Totengebirgs-Fazies ergeben sich durch die mikrofaziale Typisierung der „roten Scherben“ in den Dachstein-Riffkalken und durch die Erkennung von Einschaltungen von Hallstätter Kalken im Dünnschliff einstweilen keine neuen Hinweise. Die weite Verbreiterung der „roten Scherben“ etc. in den Riffkalken des Dachsteinmassivs, des Tennengebirges, der Osterhorn-Gruppe des Toten-Gebirges etc. spricht — ebenso wie die mikrofazialen Merkmale — dafür, daß die räumlichen Beziehungen zwischen den Ablagerungsgebieten der Hallstätter Kalke und denen der Riffkalke eng waren.

ZAPFE (1962 c) hat die ungefähre Verteilung der obertriadischen Riffe im mittleren Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen zusammengestellt. Die Darstellung zeigt in groben Umrissen, wie ein auffallend großes Lagunen-Gebiet von kranzartig angeordneten Riff-Zonen ummantelt wird. Wir erkennen zwei Ost-West verlaufende Zonen, zwischen denen riffreie Areale vorhanden sind.

Wenn man den Bau rezenter Riff-Gebiete, etwa des australischen Barriere-Riffes betrachtet, so erkennt man, daß dieser mehrere Hundert Kilometer lange Zug in zahlreiche Riff-Komplexe aufgelöst ist. Hierbei umfassen die einzelnen Riff-Komplexe im Sinne von HENSON (1950) das Areal des eigentlichen Riffes, das fore-reef-Areal mit dem Übergang zum Becken und das back-reef-Areal im weitesten Sinne. Die weit isolierten Riff-Komplexe werden durch ausgedehnte riffreie Zonen getrennt, in denen Stillwasser-Sedimentation auftritt. Die Anordnung der Riff-Komplexe ist keineswegs linear und die riffreien Zonen treten daher auch — unregelmäßig verteilt — an verschiedenen Seiten der einzelnen Riff-Komplexe auf. Es wäre denkbar, daß ähnliche Verhältnisse zur Erklärung der faziellen Beziehungen zwischen den Dachstein-Riffkalken und Hallstätter Kalken herangezogen werden könnten.

Zusammenfassend erkennen wir, daß durch die mikrofaziale Typisierung der in den Dachstein-Riffkalken auftretenden „roten Scherben“ und der sonstigen lithofaziell abweichenden Einlagerungen ein neuer, wesentlicher Hinweis auf die ursprüngliche eng-verflochtene Nachbarschaft von Hallstätter Fazies und Dachsteinkalk-Fazies gegeben ist. Neben chersogenen Einstreuungen finden wir in den Höhlungen der Riffe Rotpelit-Einschwemmungen, die aus dem Ablagerungsbereich der Hallstätter Kalke stammen. Die Hallstätter Fazies kann im Sinne von LEUCHS als „Neben-Fazies“ bzw. als „Zwischen-Riff-Fazies“ der in zahlreiche isolierte Riff-Komplexe aufgelösten obertriadischen Riff-Zonen betrachtet werden.

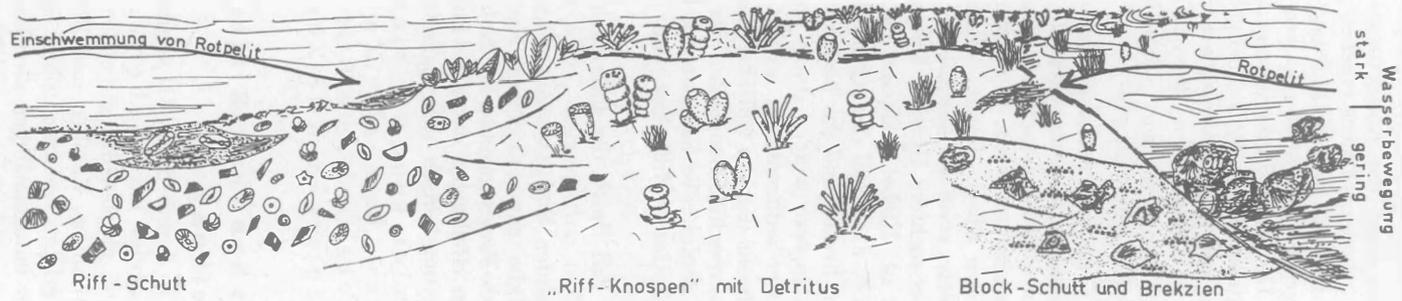
III/3 Das Bauschema des Sauwand-Riffes

3. 1 Beschreibung

Die Zusammenfassung der Aussagen 1, 2 und 3 (S. 71) ergibt für den Riff-Komplex der Sauwand folgendes Bau-Schema:

(a) Zentrales Riff-Areal: Auf gleichmäßig sinkendem, vorwiegend felsigem Untergrund siedeln sich Schwämme, Korallen und Rotalgen als primäre Riffbildner an. Die Besiedlung erfolgt verstreut über eine weite Fläche, wobei ökologische Faktoren zu einer unregelmäßigen räumlichen Gruppierung der Organismen führen (Trennung von Schwämmen und Thecosmilien,

BAUSHEMA des SAUWAND - RIFFES



← back-reef Bereich zentrales Riff-Areal fore-reef Bereich →
Mikrofazies Becken



Abb. 11. Bauschema des Sauwand-Riffes. Mikrofazies-Typen und $SrCO_3$ -Verteilung.

Rotalgen am Riff-Außenrand). Bei normaler Salinität und Wassertemperaturen von etwa 23° C erfolgt in einem Bereich von nur wenigen Metern unter der Wasseroberfläche das Vertikalwachstum der Riffbildner. Submarine Abtragung durch verschieden starke Strömungen und normale Organistentätigkeit bewirken eine gleichförmige, starke Schutt-Produktion und führen zur Sedimentation dieses organogen-detritischen Schuttes auf den — im Vergleich mit den von den Riffbildner eingenommenen Flächen bedeutend größeren — Arealen zwischen den von den riffbauenden Kolonien besiedelten Abschnitten. Der biogene Schutt dient als Substrat für Algen und sessile Foraminiferen und wird von benthonischen Organismen (Würmern) durchgearbeitet. Im allgemeinen wird der Schutt in unmittelbarer Nähe der Lieferzentren abgelagert, selten kommt es zur Anhäufung von Organismenresten unter spezieller Sortierung, so daß die Vorbedingung zu einer Änderung in der Mineralogie des Sedimentes (Dolomitisierung) gegeben ist. Eine weitgreifende und verbreitete Dolomitisierung des Riffes fehlt.

Ökologische Nischen, die von Hydrozoen und Bryozoen bewohnt werden, spielen im Gesamtbiotop des zentralen Riff-Areales nur eine untergeordnete Rolle. Desgleichen Flächen ohne Organismen-Besiedlung.

Durch Strömungen werden Sedimente aus tieferen Meeresbereichen eingeschwemmt und in den primären Höhlungen des porösen Riff-Gerüsts abgesetzt.

(b) *back-reef-Bereich*: In einem, durch das zentrale Riff-Areal geschützten Becken wird organogener Schutt sedimentiert, der aus dem zentralen Riff-Areal stammt, aber auf dem Transportweg bereits qualitativ (keine riffbildenden Organismen mehr) und quantitativ klassiert wurde. Die Sedimentation erfolgt in einem stark bewegten Ablagerungsmedium, das etwas tiefer liegt als das zentrale Riff-Areal — jedoch noch im Bereich der Wirksamkeit der Photosynthese (Wasser-Temperatur 22,7° C). Flächenmäßig von geringer Bedeutung ist die Sedimentation von Feinschlamm in einem speziell geschützten Bereich der Lagune (*Angulodiscus-Kalk*).

(c) *fore-reef-Bereich*: An der dem offenen Meer zugewandten Steilkante des Riffes, die durch Rotalgen-Bewuchs gekennzeichnet ist, führt die Brandung zur Ablagerung von grobblockigem Riffschutt in etwas größeren Wassertiefen.

Auf Abb. 11 wurde dieses Bauschema dargestellt:

Das zentrale Riff-Areal baut sich aus zahlreichen „Riff-Knospen“ auf, welche sich aus Schwämmen, Korallen und Algen zusammensetzen. Zwischen diesen Riff-Knospen wird der von den Riffbildnern stammende Detritus abgelagert. Die Riff-Knospen führen in ihrer Gesamtheit zur Bildung einer wellenbrechenden Struktur, hinter der sich im Ablagerungsmedium des *back-reef-Bereiches* Riffschutt absetzen konnte. Dieser Riffschutt ist gut sortiert und auf seinem Transport aus dem zentralen Riff-Areal ins Ablagerungsgebiet qualitativ klassiert worden. Daher finden sich in den *Calcareniten* des *back-reef-Bereiches* vorwiegend Reste von Foraminiferen, Algen, Mollusken und Echinodermen, während Fragmente der eigentlichen Riffbildner stark zurücktreten. Einzelne Biogene treten stellenweise derart in den Vordergrund, daß sie ein spezielles Ablagerungsmedium anzeigen; so finden sich in geschützten Becken im *back-reef-Bereich* feinschlammige Sedimente mit Großforaminiferen (*Angulodiscus*). Der aus verschiedenen Biogenen sowie aus syndimentär aufgearbeiteten Sedimentteilen bestehende Riffschutt wird stellenweise durch *Calcarenite* ersetzt, bei denen die Biogene fast ausschließlich aus großen, abgerollten und transportierten Algen-Resten bestehen (in der Abbildung links am Rand angedeutet).

Am Übergang vom *back-reef-Bereich* zum zentralen Riff-Areal treten

Megalodontiden auf. Der Übergang vom zentralen Riff-Areal zum fore-reef-Bereich ist hingegen durch stärkeren Algen-Bewuchs gekennzeichnet. Im feinschlammigen Sediment des fore-reef-Bereiches finden sich große, synsedimentär gebildete Blöcke mit Organismen-Resten. Diese Blöcke stammen von der Außenkante des Riffes. Sedimente des Beckens sind in der Umgebung des Sauwand-Riffes nicht aufgeschlossen.

In der Abbildung ist rechts die ungefähre Grenze zwischen starker und geringer Wasserbewegung eingetragen. Diese Grenze entspricht der Trennungslinie zwischen Kurzschweb- und Langschweb-Bereich nach dem von GRIPP (1958) entwickelten Konzept. Das lebende Riff, die Riff-Außenkante und Teile des back-reef-Bereiches liegen in der Zone einer starken Wasserbewegung. Feinschlammige Sedimente mit Foraminiferen und die Vorriff-Blöcke wurden in geringer bewegtem Wasser abgelagert. Selbstverständlich sind Überschneidungen dieser beiden Zonen häufig und auch unterhalb der Grenzlinie muß man — insbesondere im back-reef-Bereich — mit einer gewissen Turbulenz rechnen.

Rotpelt-Einschwemmungen aus dem Hallstätter Ablagerungsmedium treten sowohl an der back-reef-Seite als auch an der Außenkante des Riffes auf.

Die Verteilung der Mikrofazies-Typen und die lithologischen Typen sind aus der beigegebenen Skizze ersichtlich.

Das Diagramm zeigt die Verteilung von SrCO_3 in den einzelnen Teilen des Sauwand-Riffes und des Steinplatte-Riffes, wobei auf der Ordinate die Mittelwerte aufgetragen sind. In beiden Riffen ist ein Anstieg der SrCO_3 -Gehalte vom back-reef-Bereich gegen das Riff (und weiter gegen das Becken hin) festzustellen.

Die Darstellung ist nicht maßstäblich. Die Winkel der Riffböschungen wurden nach Angaben über Böschungswinkel von rezenten Riffen gezeichnet.

3. 2 Diskussion

Der als „zentrales Riff-Areal“ bezeichnete Teil des Riff-Komplexes entspricht räumlich dem „Riff-Kern“ der Literatur. Die Bezeichnung Riffkern wurde vermieden, da durch diesen Ausdruck vielfach nichtzutreffende Assoziationen geschaffen wurden.

Das von den meisten einschlägigen Lehrbüchern übernommene Bauschema eines fossilen Riffes geht auf die Untersuchungen der silurischen Riffbildungen von Canada und der Insel Gotland zurück (vgl. TWENHOFEL 1950, S. 364). In den bereits weitgehend abstrahierten Darstellungen erscheint im Zentralteil des Riffkomplexes ein massiver, vielfach dolomitisierter „Riff-Kern“ (reef core), der von Riff-Halden-Gesteinen umgeben wird und sich mit diesen lateral verzahnt. Als Kennzeichen des Riffkerns werden das Fehlen einer Bankung, die Dolomitisierung und das Auftreten — aber umgekehrt auch das (durch Dolomitisierung bedingte) Fehlen — von riffbildenden Organismen genannt. Die Bereiche der Riffhalden sind durch gebankte, über weite Flächen verteilte Kalke mit speziellem Fossilinhalt (Brachiopoden, Mollusken, Echinodermen) ausgezeichnet.

Wie die Untersuchungen durch LOWENSTAM (1950) gezeigt haben, stellt der Riffkern der silurischen Riffe keine architektonisch geschlossene Einheit dar, sondern ist — in ähnlicher Weise wie der der Sauwand — über eine weite Fläche aufgelöst.

Wie die Detailuntersuchung der Sauwand ergeben hat, läßt sich die Vorstellung eines in sich geschlossenen „Riff-Kernes“ nicht auf dieses obertriadische Riff übertragen. Der Zentralteil des Riff-Komplexes stellt — bildlich gesprochen — einen riesigen Schutthaufen dar, in dem die über eine große Fläche verteilten „Liefergebiete“ (Riff-Knospen) vielleicht 50—100 m voneinander entfernt gewesen sein mögen, wo aber die große Zahl der Konzentrationen von Riffbildnern in ihrer Gesamtheit die Schaffung eines echten Riffes — einer „wave-resistant structure“ im Sinne von LOWENSTAM (1950) — bewirkte.

Die Zusammenballung der riffbildenden Organismen auf voneinander iso-

lierte Flächen von geringer Ausdehnung ist in verschiedener Form auch aus der Gegenwart bekannt:

Patch reefs (Flecken-Riffe WERTH 1953), pinnacles, chapeiros, jesuits, coral knolls, reef knolls und andere Ausdrücke bezeichnen nach CLOUD (1952) räumlich begrenzte und isolierte, meist in großer Zahl auftretende Riffbildungen, die Saum- und Wall-Riffe aufbauen können und häufig die Lagunen von Atollen erfüllen (vgl. SHEPARD 5948, Abb. 85). LUDWICK & WALTON (1957) haben ähnliche Strukturen an der Schelfkante im Golf von Mexiko beobachtet.

Auch das quantitative Übergewicht des Detritus über die sessilen Riffbildner findet sich in rezenten Riffen wieder, wie die Arbeiten von LADD et al. (1950), FAIRBRIDGE (1954) und insbesondere die Zusammenstellung bei McNAIL (1954) zeigen. Beobachtungen an Südsee-Riffen und im australischen Barriere-Riff lassen den Schluß zu, daß ein lebendes Riff — bedingt durch sein kontinuierliches Wachstum — eine unbegrenzte Menge an Schutt produzieren kann.

Wie noch ausgeführt wird, sind im Sauwand-Riff nicht alle in obertriadischen Riff-Komplexen auftretenden Mikrofazies-Typen vorhanden. So fehlen zum Beispiel oolithische Kalke, wie sie in den der Küstenlinie nahen Teilen des back-reef-Bereiches gebildet werden (vgl. S. 102). Diese Unvollständigkeit läßt sich verschieden erklären:

Im Westen der Sauwand liegt der, zum wesentlichen Teil aus geschichteten Dachstein-Kalken bestehende Bergzug der Tribein.

Der geschichtete Dachstein-Kalk wird allgemein als Lagunensediment gedeutet (DIENER 1925, ZAPFE 1962 c). Es ist auffallend, daß die back-reef-Sedimente der Sauwand-Westflanke in der streichenden Fortsetzung der gebankten Dachstein-Kalke der Tribein liegen. Bei Nichtberücksichtigung der tektonischen Verhältnisse könnte man dies derart deuten, daß die Tribein die Lagune des Sauwand-Riffes darstellt. Gleichzeitig würde dies darauf hinweisen, daß sich die ursprüngliche Lage der back-reef- und fore-reef-Sedimente des Sauwand-Riffes gegenüber der heutigen Position nicht wesentlich unterschieden hat.

Auf Grund von deckentheoretischen Überlegungen wird nun angenommen, daß Sauwand und Tribein verschiedenen großtektonischen Einheiten angehören: Während die Sauwand der Schneebergdecke (SPENGLER 1959) bzw. der Lachalpendecke (HERITSCH 1921) angehören soll, wird die Tribein als „Tribein-Schuppe“ dem voralpinen Tirolikum zugerechnet (KRISTAN-TOLLMANN & TOLLMANN 1962). Zwischen Tribein und Sauwand soll eine wesentliche tektonische Bewegungsbahn verlaufen, welche gleichzeitig die Grenze zwischen „voralpiner Dachsteinkalkfazies“ und „hochalpiner Dachsteinkalkfazies“ darstellt. Die Lage der Tribein in der streichenden Fortsetzung der Sauwand wäre demnach nur zufällig.

Inwieweit diese Deutung zutrifft, müßte durch mikrofazielle Untersuchungen der geschichteten Dachsteinkalke der Tribein festgestellt werden. Es erscheint jedoch von Interesse, daß bereits GEYER (1889) auf die lithologische Ähnlichkeit zwischen dem Westteil der Sauwand und der Tribein hinweist, indem er die an der Sauwand-Westflanke stellenweise gut gebankten Riffkalke als „geschichtete Dachsteinkalke“ ansprach.

Wie die Dünnschliffe zeigen, handelt es sich bei dieser Bankung um eine detritogene Schrägschichtung (ANDREE 1914). Auf biogene Schrägschichtung, das heißt auf periodische Wachstumsunterbrechungen der benthonischen Riffbildner, könnte die im zentralen Riff-Areal angedeutete „Großbankung“ zurückzuführen sein. Derartige „Wachstumsstillstandsflächen“ in silurischen Riffen der Insel Gotland wurden derart erklärt, daß die riffbauenden Organismen bis zur Beeinflussung durch die Meeresoberfläche wuchsen (RUTTEN 1958). Eine ähnliche Ursache — eventuell in Verbindung mit submarinen Bodenschwankungen — könnte für die Großbankung im Sauwand-Riff angenommen werden.

Derartige Diskontinuitätsflächen sind auch aus anderen ober- und mitteltriadischen Riff-Komplexen bekannt (ROSSI 1959, ZAPFE 1962 b).

IV. VERGLEICH MIT OBERTRIADISCHEN RIFFEN AUS DEN NÖRDLICHEN KALKALPEN

Ein Vergleich des am Sauwand-Riff festgestellten Bauschemas mit dem altersgleicher Riffe in den Nördlichen Kalkalpen soll zeigen, inwieweit dem am Sauwand-Riff gewonnenen Modellbild im Bereich der Tethys regionale Gültigkeit zukommt.

Zum Vergleich wurden folgende Riff-Komplexe herangezogen:

Rötelwand bei Hallein (Salzburg), oberrhätischer Riffkalk. Beschrieben von SIEBER (1937). Das im Paläontologischen Institut der Universität Wien aufbewahrte Originalmaterial konnte neu bestimmt werden (vgl. E. FLÜGEL 1963 a); von einigen Testproben wurden Dünnschliffe für eine mikrofaziale Charakterisierung angefertigt.

Steinplatte bei Waidring (Tirol), oberrhätischer Riffkalk. Beschrieben von HAHN (1910), VORTISCH (1926) und OHLEN (1959). Das Riff wird gegenwärtig durch eine unter Leitung von Prof. Dr. A. G. FISCHER stehende amerikanische Arbeitsgruppe der Princeton University untersucht. Ein Teil der Originalschliffe zu der Arbeit von OHLEN standen infolge des freundlichen Entgegenkommens von Prof. FISCHER für mikrofaziale Vergleiche zur Verfügung.

Bayrisch-tirolische Alpen, oberrhätischer Riffkalk bzw. Rätolias-Riffkalk nach FABRICIUS 1959. Es handelt sich um verschiedene Riff-Komplexe, die von WÄHNER (1903 — Sonwendgebirge, insbesondere Rofan und Hochiss) und FABRICIUS (1960 a, 1960 b, 1962) untersucht wurden. Die Untersuchungen von FABRICIUS erstreckten sich über ein ausgedehntes Gebiet zwischen dem Raum von Tegernsee in Bayern und dem Sonwendgebirge. Die Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse ist derzeit in den „International Sedimentary Petrography Series“ (Leiden) im Druck. Durch das Entgegenkommen von Herrn Dr. F. H. FABRICIUS standen zahlreiche Originalschliffe für Vergleiche zur Verfügung. — Die von Dr. H. ZANKL bearbeiteten norisch-rhätischen Dachsteinkalk-Riffe des Hohen Göll und des Hohen Brett in den Berchtesgadener Alpen wurden nur am Rande zu Vergleichen herangezogen, da die Untersuchung noch nicht abgeschlossen ist. Einige Angaben über den Aufbau dieser Riffe wurden einem von H. ZANKL auf der Tagung der Geologischen Vereinigung in Göttingen 1962 gehaltenen Vortrag entnommen.

Gosa ukamm (Oberösterreich). Dachstein-Riffkalk von norischem und/oder rhätischem Alter. Das ausgedehnte Riff des Gosaukammes wird seit 1960 von einer Arbeitsgemeinschaft des Wiener Naturhistorischen Museums untersucht (E. FLÜGEL 1960 b, 1962; H. ZAPFE 1960, 1962 b, 1962 c). Die mikrofazialen und paläontologischen Vergleiche mit dem Sauwand-Riff stützen sich auf die Auswertung eines umfangreichen Schlift- und Fossilmaterials (vgl. E. FLÜGEL 1963 a).

IV/1 Vergleiche mit einzelnen Riff-Komplexen

1. 1 Rötelwand bei Hallein (Salzburg)

Dieses etwa 1 km lange Riff wurde von SIEBER (1937) beschrieben und auf Grund der Organismen-Verteilung als Bildung angesehen, „die sich aus einzelnen kleinen, aber typischen riffartigen Gebilden zu einem reich gegliederten Riffmassiv zusammensetzt“ (S. 175). Die von SIEBER als „Riffknospen“ bezeichneten Bildungen lassen eine charakteristische Biocoenosen-Folge erkennen: an der Basis Crinoiden, darüber Spongien, Hydrozoen, Tabulaten und Einzelkorallen und darüber Thecosmilien.

Diese Biocoenosen-Folge ist wahrscheinlich einer Revision zu unterziehen. Wie die Neubestimmung des Originalmaterials gezeigt hat, gehören nahezu alle als Tabulaten angesprochenen Kolonien zu den Bryozoen und die Spongien lassen keine Vergleiche mit permischen Arten zu (vgl. E. FLÜGEL 1963 a).

Die Riffknospen finden sich in verschiedener Höhe des Riffes. Sie sind

durch Sedimente getrennt, welche eine „Riffhalden-Gemeinschaft“ (*Gervilleia-Modiola*) beinhalten.

Dieser Bauplan könnte dem des Zentralen Riff-Areales des Sauwand-Riffes entsprechen (vgl. S. 56). SIEBER betont, daß sich Riffbildner und Mollusken größtenteils in situ finden und daß keine Anzeichen für eine Umlagerung der Fossilreste gegeben sind. Desgleichen fehlen brekzienartige Gesteine vollkommen. Auf Grund der Kolonie-Formen der Riffbildner, insbesondere der Thecosmilien, nimmt SIEBER an, daß das Riff in flachem, wenig bewegtem Wasser gebildet wurde.

Bei einem Vergleich dieser Merkmale mit den am Sauwand-Riff beobachteten Verhältnissen ist auffallend, daß die an der Sauwand feststellbaren Anzeichen für Resedimentation und Schuttbildung zu fehlen scheinen. Der Grund hierfür dürfte in zwei Ursachen zu suchen sein:

Wie SIEBER einleitend bemerkt, stützt sich die Gliederung des Röteland-Riffes allein auf die Verteilung der Organismen, lithologisch-fazielle Untersuchungen wurden nicht durchgeführt, Dünn- und Anschliffe wurden nicht angefertigt. Der detritische Charakter der die „Riffknospen“ umgebenden Sedimente ist jedoch makroskopisch nicht nachweisbar; die Umlagerung von Biogenen und Intraklasten kann zunächst nur im Dünnschliff- und eventuell auch im Anschliff-Bereich erkannt werden.

Dünnschliffe von Kalken der Röteland zeigen nun, daß auch hier in kennzeichnender Weise die Mikrofazies-Typen 1 und 3 auftreten. Neben großen Biogenen finden sich Intraklaste und Fein-Biodetritus. Die Biogene zeigen häufig Umkrustungen durch Spongiostromen und Anlagerungen von sessilen Foraminiferen.

Der zweite Grund für den Unterschied zum Sauwand-Riff ist wohl darin zu suchen, daß am Röteland-Riff nur ein Ausschnitt des Riff-Komplexes erhalten ist — nämlich das zentrale Riff-Areal. Der fore-reef-Bereich mit den „Vorriff-Brekzien“ fehlt ebenso wie der back-reef-Bereich mit den Calcarenitiden. Mikrofazies 2 des Sauwand-Riffes konnte in Schliffen aus dem Riffkalk der Röteland nur vereinzelt nachgewiesen werden.

Betrachten wir das Röteland-Riff in diesem Sinne als Überrest des zentralen Riff-Areals, so zeigen sich im Aufbau aus durch Detritus getrennten Riff-Knospen deutliche Ähnlichkeiten mit dem zentralen Riff-Areal der Sauwand.

Unterschiede scheinen im quantitativen Anteil der Organismen am Aufbau der beiden Riffe zu bestehen: Während das zentrale Riff-Areal der Sauwand im wesentlichen von Spongien, Thecosmilien und Solenoporaceen besiedelt wird, treten im Röteland-Riff Spongien im Vergleich mit Korallen zurück. Es fehlen jedoch quantitative Angaben über die Verteilung der Organismen. Mollusken und Brachiopoden spielen eine weitaus größere Rolle als im Sauwand-Riff, wo Vertreter dieser Gruppen nur durch Einzelfunde belegt sind. Dies mag zum Teil auf unterschiedliche Aufschlußverhältnisse zurückzuführen sein; am Sauwand-Riff fehlen größere Halden, in denen sich die Mollusken etc. normalerweise finden.

SIEBER hat den am Röteland-Riff festgestellten Baustil auf andere oberrhätische Riffe übertragen, so auf Riffe im Sonnwendgebirge, in der Sonntagshorn-Kammercker-Gruppe und in der Osterhorn-Gruppe, sowie auf das Steinplatte-Riff bei Waidring in Tirol. Gegen einen derartigen Vergleich wandte sich OHLEN (1959), vgl. S. 98. Auch die Übertragung der Biocoenosen-Folgen des Röteland-Riffes auf die Rhättriffe der „Wilden Kirche“ auf der Basilalpe im

Achenseegebiet und im Sonnwendgebirge muß durch mikrofazielle Untersuchungen überprüft werden, da das Vorkommen der gleichen Faunen- und Florenelemente in den verschiedenen Riffen nicht allein als Hinweis für einen gleichen Baustil gewertet werden darf.

1. 2 Steinplatte bei Waidring (Tirol)

Nachdem dieses Riff von HAHN (1910) kurz beschrieben worden war, wurde es von VORTISCH (1926) in eingehender Weise untersucht und in den letzten Jahren durch H. R. OHLEN (1959) und A. G. FISCHER neu bearbeitet. Auf Grund dieser letzten Untersuchungen ergeben sich zwischen dem Steinplatte-Riff und dem Sauwand-Riff zahlreiche Gemeinsamkeiten:

OHLEN unterscheidet eine fore-reef-Fazies, eine Riff-Fazies, eine back-reef-Fazies und die Kühstein-Fazies, bei welcher es sich um isolierte Riffbildungen innerhalb der Kössener Schichten handelt [ähnliche kleine Riffe werden von FABRICIUS 1960 a) aus der gleichen Fazies beschrieben]. Back-reef, Riff und fore-reef sind nach OHLEN durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

back-reef-Bereich: Calcarenite mit guter Sortierung und gut gerundeten Komponenten, die von einer spätigen Grundmasse umschlossen werden. Unter den Fossilresten sind Foraminiferen, insbesondere *Angulodiscus*, und Dasycladaceen (*Griphoporella*) am häufigsten. Ebenso finden sich nicht selten Reste von Lamellibranchiaten (Megalodontiden und sehr kleine Gastropoden). Thecosmilien sind sehr selten. Stellenweise zeigen die Sedimente eine feinschlammige Grundmasse (mud matrix) und enthalten dann bis zu 50% Reste von *Angulodiscus*.

Diese Beschreibung stimmt in allen Teilen mit den im back-reef-Bereich des Sauwand-Riffes festgestellten Verhältnissen überein. Dünnschliffe von Proben aus dem Ostteil der Steinplatte zeigen den Mikrofazies-Typus 2. Durchschnittliche Größe der Biogene und auch die gute Sortierung der gut gerundeten Komponenten ist in Proben von der Steinplatte und von der Sauwand die gleiche. Ebenso finden sich im back-reef-Bereich beider Riffe Mikrite mit häufigen *Angulodiscus*-Gehäusen.

Riff (Zentrales Riff-Areal): OHLEN unterteilt die Riff-Fazies in Coral Facies, Reef Calcarenite Facies and Reef Mud Facies. Diese drei Fazies-Typen sind wie folgt gekennzeichnet: Coral Facies — im wesentlichen mit *Thecosmilia clathrata*, selten einige wenige Gastropoden; Grundmasse grauer, gut sortierter, spätiger Calcarenit. Reef Calcarenite Facies — am Übergang zur back-reef-Fazies. Es handelt sich um einen komplex gebauten Bereich, in dem verschieden sortierter Detritus zusammen mit größeren Riffbildnern auftritt. OHLEN unterscheidet 6 lithologisch-fazielle Untertypen, die durch Textur und Fossilinhalt getrennt werden. Wie OHLEN jedoch bemerkt, sind die Grenzen zwischen diesen Untertypen nicht sehr scharf. Als Fossilien treten Einzelkorallen, Thecosmilien, Hydrozoen sowie Kalkalgen und Foraminiferen (Labyrinthinen, Rotaliidea, Nodosariidae etc.) auf. — Reef Mud Facies — Diese Fazies finden sich in verstreuten Flecken innerhalb der Reef Calcarenite Facies als calcilitischer Kalk mit zahlreichen Spongien, welche im Vergleich mit den Korallen dominieren.

Wie die von Prof. FISCHER freundlicherweise zur Verfügung gestellten Schliffe von Proben aus dem Gebiet nördlich der Sonnenwände zeigen, sind unter den von OHLEN unterschiedenen Fazies-Typen die Mikrofazies-Typen 1 und 3 der Sauwand vertreten. Mikrofazies 1 entspricht der Reef Mud Facies, Mikrofazies 3 läßt sich mit der Coral Facies vergleichen. Allerdings finden sich im Sauwand-Riff diese beiden Mikrofazies-Typen in enger Nachbarschaft und es ist wahrscheinlich, daß die beiden Mikrofazies-Typen keine sehr unterschied-

lichen Ablagerungsmedien andeuten. Die von OHLEN getroffene Unterscheidung geht auf die auch in anderen obertriadischen Riffen gemachte Beobachtung zurück, daß sich Spongien und stockbildende Korallen im allgemeinen anschließen. Auch im Sauwand-Riff findet man Thecosmilien und Kalkschwämme im allgemeinen nicht unmittelbar am gleichen Fundpunkt; ähnliche Verhältnisse sind im Dachstein-Riffkalk an der Westseite des Gosaukammes gegeben. — Auch die Reef Calcarenitae Facies läßt sich nach OHLEN gegenüber den calcarenitischen back-reef-Sedimenten nur schwer abgrenzen und wird nur auf Grund der etwas verschiedenen Fossilreste in beiden Bereichen zum zentralen Riff-Areal gerechnet. Im Sauwand-Riff wurden die calcarenitischen Sedimente in einem Mikrofazies-Typus zusammengefaßt (Mikrofazies-Typus 2), da sie sich in ihrer Textur wesentlich von den Kalken des zentralen Riff-Areals unterscheiden, wo das Ablagerungsmedium durch riffbildende Biogene mit biogenen Ablagerungen und zwischengeschaltetem Detritus gekennzeichnet ist. Im Prinzip sehen wir also auch hier eine Übereinstimmung.

fore-reef-Bereich: Dieser Bereich ist durch das Auftreten von „Vorriff-Brekzien“ gekennzeichnet. Die „Brekzien“ bestehen aus 4 bis 150 mm großen, eckigen Bruchstücken von Fossilien und Sedimentteilen. Die Komponenten werden von spätigem Calcit umhüllt. Im Riff-Schutt finden sich Solenoporaceen, Foraminiferen, Korallen und kleine Gastropoden. Bei all diesen Organismen handelt es sich um Teile einer Grabgemeinschaft, zur Biocoenose des fore-reef-Bereiches gehören möglicherweise Labyrinthinen, rotaliide Foraminiferen und *Cheilosporites*.

Wie auch im Sauwand-Riff handelt es sich bei den Bestandteilen der „Vorriff-Blöcke“ um Biogene aus dem zentralen Riff-Areal. Bis auf die im Steinplatte-Riff fehlenden Spongien ist die Zusammensetzung die gleiche. Auch die dunkle Färbung der Kalke wird von OHLEN beschrieben.

Zeigen sich derart bei einem Vergleich der Riff-Teile wesentliche Übereinstimmungen, so finden wir bei einem Vergleich des Fossilinhaltes nahezu völlige Gleichheit in beiden Riff-Komplexen:

In beiden Riffen finden sich Labyrinthinen, ophthalmidiide und rotaliide Foraminiferen, benthonische Kleinforaminiferen, Spongien vom Typus *Pero-nidella*, spongiomorphe Hydrozoen, Thecosmilien, Montlivaultien, Thamnasterien, massive Bryozoen-Stöckchen, Rhynchonellen, Solenoporaceen, Dasycladaceen und die gleichen Mikroproblematika, wie zum Beispiel *Microtubus*. Eine Durchsicht der Originalschliffe zu der Arbeit von OHLEN ergab die Notwendigkeit der Revision einiger von OHLEN gegebener Bestimmungen. So handelt es sich bei den als Spongiomorphen bezeichneten Organismen in den meisten Fällen um unbestimmbare Kalkschwämme, bei „*Sphaerocodium*“ und „*Heterastri-dium*“ um *Lamellata wäneri* FLÜGEL & SY, bei der unter den Wurmresten als Form D angeführten Form um *Microtubus communis* FLÜGEL. Auch die Bestimmungen der Korallen müssen zum Teil überprüft werden. Trotzdem muß hervorgehoben werden, daß auch der paläontologische Teil der Arbeit von OHLEN als Pionier-Untersuchung von großem Wert ist.

Inwieweit sich die von OHLEN am Steinplatte-Riff festgestellten genetischen Phasen der Riff-Bildung auch im Sauwand-Riff finden, läßt sich nicht sagen, da die Untersuchung des Sauwand-Riffes von einer anderen Zielsetzung ausging. Während am Steinplatte-Riff die Entstehung eines obertriadischen Riffes rekonstruiert werden sollte, sollten am Beispiel der Sauwand der Baustil eines obertriadischen Riffes

gezeigt und gleichzeitig die Methodik der Riff-Gliederung weiter entwickelt werden. Es ist wahrscheinlich, daß das Sauwand-Riff nur die Reife-Phase (late phase bei OHLEN) der Riff-Entwicklung repräsentiert; der zeitlich-genetische Abschnitt ist in dem \pm ungestörten Steinplatte-Riff sicherlich größer.

In der Arbeit von VORTISCH (1926) finden sich weitere, sehr interessante Hinweise auf Ähnlichkeiten zwischen dem Steinplatte-Riff und dem Sauwand-Riff: Die Textur der Riffkalke bezeichnet VORTISCH als „subklastisch“ und versteht darunter die Tatsache, „daß in einer gröber kristallinen Grundmasse feine kristalline Partikel von ziemlich unregelmäßig rundlichem Umriß liegen“ (S. 36). In der von FOLK verwendeten Terminologie würde das heißen, daß es sich um Intrasparite mit verschiedenen gut gerundeten Intraklasten handelt. VORTISCH spricht von „durch Aufarbeitung von... verfestigtem Kalkschlamm“ entstandenen Komponenten. Wie die Untersuchung des Sauwand-Riffes gezeigt hat, kommt den Intraklasten unter den Komponenten des Riff-Schuttes wesentliche Bedeutung zu. Die von VORTISCH gegebenen Dünnschliff-Beschreibungen entsprechen vollkommen den im Mikrofazies-Typus 2 erkennbaren Verhältnissen. So wird zum Beispiel nachdrücklich auf das gemeinsame Vorkommen von Intraklasten und abgerollten Fossilbruchstücken hingewiesen.

Von Interesse ist ferner die Beobachtung, wonach das eigentliche Riff aus verstreuten Ansiedlungen von Thecosmilien und anderen Riffbildnern aufgebaut wird, zwischen welchen Feinsande abgelagert wurden. Dieser Bautypus entspricht dem des zentralen Riff-Areales, wo wir Riff-Knospen mit zwischen-geschaltetem organogenem Detritus finden.

Schließlich sei noch auf die SrCO_3 -Gehalte in den verschiedenen Teilen der beiden Riff-Komplexe hingewiesen (S. 69). Die Tendenz der SrCO_3 -Zunahme vom back-reef-Bereich gegen das zentrale Riff-Areal und weiter zum fore-reef-Areal ist in beiden Riff-Komplexen dieselbe. Im Steinplatte-Riff steigt der SrCO_3 -Gehalt im Becken noch weiter an; bedingt durch das Fehlen dieser Sedimente am Sauwand-Riff ließ sich hier zwischen den beiden Riff-Komplexen keine Parallelität feststellen.

Zusammenfassend erkennen wir, daß zwischen dem Steinplatte-Riff und dem Sauwand-Riff weitgehende Gemeinsamkeiten in der Riff-Gliederung und in der qualitativen und quantitativen Verteilung der Organismen bestehen. Abweichend von den Verhältnissen am Sauwand-Riff stehen auch im Steinplatte-Riff, ähnlich wie im Röteland-Riff, die Korallen unter den Riffbildnern an erster Stelle, gefolgt von den Spongien.

1.3 Bayrisch-Tirolische Alpen

Die obertriadischen Riffe im bayrisch-tirolischen Grenzgebiet wurden nach einigen lokalen Einzelarbeiten (OSWALD 1926, STEINMANN 1931, ALBRECHT 1953 u. a. in Bayern und WÄHNER 1903, LEUCHS 1928 in Tirol) in zusammenhängender Form durch F. H. FABRICIUS untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung liegen in Form einer unveröffentlichten Dissertation (FABRICIUS 1960 a, TH München), eines kurzen Auszuges aus dieser Arbeit (FABRICIUS 1960 b) und als drei kurze Mitteilungen vor. Hierbei befaßt sich eine Mitteilung mit der Notwendigkeit der nomenklatorischen Neufassung der oberrhätischen Riffkalke bzw. der „Rätolias-Riffkalke“ (FABRICIUS 1959); eine zweite Arbeit beschäftigt sich mit der Fazies-Entwicklung an der Trias/Jura-Wende (FABRICIUS 1962) und eine dritte Arbeit bringt die Beschreibung des als vererzte Schwefelbakterien gedeuteten „Rogenpyrits“ der Kössener Schichten. (FABRICIUS 1961).

Das von FABRICIUS untersuchte Gebiet wird durch folgende Linien begrenzt: im Norden Kalkalpenordrand zwischen Schliersee und Kochelsee, im Westen Linie Walchensee — Wallgau — Mittenwald, im Süden Linie Mittenwald — Hinterriss — Achensee — Sonnwendgebirge — Thiersee, und im Osten

Linie Landl/Tirol — Bayrischzell — Schliersee. In 64 Profilen und Aufschlußaufnahmen konnte FABRICIUS 5 Typen der Faziesentwicklung feststellen, welche sich durch das Verhältnis Kössener Schichten/Riffkalk und Riffkalk/Lias-Sedimente unterscheiden.

Bezüglich des Bauschemas der Riffe kommt der Autor zu folgenden Aussagen:

Bei einer Trennung von „Riff-Fazies im engeren Sinne“ (biogene Anlagerungsfazies) und „Riff-Fazies im weiteren Sinne“ (Riff-Schutt) unterscheidet FABRICIUS (1960 a) Korallenkalke, Korallen-Kalkalgen-Kalke und Kalkalgenkalke bzw. Korallentrümmerkalke, Korallen-Kalkalgen-Trümmerkalke und Kalkalgen-Trümmerkalke. Die Riff-Fazies i. w. S. verzahnt sich mit Organotrümmerkalken, Oolithen, „Pseudoolithen“, *Angulodiscus*-Kalken, Mergeln und Dolomiten.

In unserer Terminologie entspricht die Riff-Fazies i. w. S. dem Riff-Komplex, während sich die Riff-Fazies i. e. S. mit dem zentralen Riff-Areal deckt.

FABRICIUS (1960 a) zeichnet ein Riffbau-Schema, das in vielen Merkmalen dem der Sawwand gleicht: Man erkennt im Zentrum die „Riff-Fazies“, bestehend aus der Korallen-, Korallen-Kalkalgen- und Kalkalgen-Fazies, die zum Teil als Korallen-Trümmerkalke etc. vorliegen. An der Vorderseite des Riffes verzahnen sich die Sedimente mit biogener Anlagerung mit „Foraminiferen-Kalkschlamm“ und weiter mit Sedimenten, deren Fazies keinen Riff-Einfluß zeigt. An der Rückseite des Riffes erkennt man eine Verzahnung mit „Kalkalgentrümmerand“, „Pseudoolith-Sand“ und Oolithen.

Nach der Beschreibung handelt es sich bei den Korallenkalken um Kalke mit räumlich eng begrenzten Korallen-Vorkommen. Die Kalkalgenkalke werden von meist abgerollten und umkristallisierten Algen-Fragmenten gebildet. Im *Angulodiscus*-Kalk finden sich in einem feinschlammigen Sediment bis zu 30 Gehäuse dieser Foraminiferen pro cm².

Vereinzelt treten isolierte Dolomit-Vorkommen auf, deren Mg-Gehalt nach Analogieschlüssen mit rezenten Rotalgen von den Kalkalgen abgeleitet wird.

Das räumliche Verhältnis Riff-Fazies : Riffschutt-Fazies wird von FABRICIUS mit etwa 1 : 3 angegeben, wobei die dreifache Schuttausdehnung noch als untere Grenze aufzufassen ist. Zu ähnlichen Werten kam auch ALBRECHT (1953) bei der Beschreibung der zwischen den eigentlichen Riffen abgelagerten „Bankkalke“ im Gebiet zwischen Isar und Schwarzenbach; nach den Dünnschliff-Photos der „Bandkalke“ (HAGN 1955, Tef. 11) handelt es sich um Calcarenite vom Mikrofazies-Typus 2.

In der Zusammenfassung der Ergebnisse ergänzt FABRICIUS (1960 b) sein Bauschema durch die Resultate von OHLEN (1959) und gibt auf Tafel 1 eine „Faziesschema der Rät-Sedimentation“:

FABRICIUS führt hier die Begriffe back-reef und Vorriff ein und stellt dem Riff-Komplex die Becken-Fazies gegenüber. Innerhalb des Riff-Komplexes werden unterschieden: Riffkern in Fazies mit biogener Anlagerung, das back-reef mit einer an den Riffkern anschließenden calcarenitischen Fazies, welche sich mit einer zum Teil calcilitischen Fazies und weiter mit einer Oolith-Fazies verzahnt; das Vorriff ist durch Riffschutt gekennzeichnet.

Im Riffkern konnten als Riffbauer ästige, massige und solitäre Korallen, krustenbildende und verzweigte Kalkalgen, Stromatoporoiden, Kalkschwämme, Bryozoen und krustenbildende Foraminiferen nachgewiesen werden.

Im back-reef treten Kalkalgen-Trümmer-Sande, Pseudoolithe, *Angulodiscus*-Kalkschlamm und in Landnähe Ooidsande auf. Hierbei wird der „Pseudoolith“ zum Teil als Kalkalgentrümmerkalk, zum Teil als Calcarenit aus wahrscheinlich durch Organimentätigkeit gebildete „Schlammkörner“ gedeutet.

Im fore-reef-Bereich findet sich zum Teil Blockschutt. Die Farbintensität der Kalke nimmt vom Riffkern (farblos) sowohl gegen das back-reef hin zu (grau), als auch gegen das Becken (dunkelgrau). Ebenso ist gegen das Becken eine Zunahme des Tongehaltes festzustellen. Insbesondere im back-reef und im Becken treten Einschwemmungen vom Land her auf.

Wie aus dieser kurzen Beschreibung ersichtlich ist, stellt das von FABRICIUS gegebene Schema eine Kombination der von ihm in den Bayrisch-Tirol-

schen Alpen gemachten Beobachtungen mit dem von OHLEN festgestellten Bauschema des Steinplatte-Riffes dar.

Dank dem freundlichen Entgegenkommen von Herrn Kollegen Dr. FABRICIUS kann der Vergleich mit dem Sauwand-Riff von den Originalschliffen der Arbeit von FABRICIUS ausgehen. Diese Schliffe zeigen sämtliche in den Sauwand-Riffkalken auftretenden Mikrofazies-Typen:

Mikrofazies 1 und 3 sind in kennzeichnender Weise ausgebildet. In typischen Proben findet sich Mikrofazies 2, wobei auch Abrundung und Sortierung der Komponenten den Verhältnissen im Sauwand-Riff entsprechen. Bei den von FABRICIUS als Pseudooide bezeichneten Körnern handelt es sich zum Großteil um abgerollte Solenoporaceen- und Codiaceen-Thalli, zum Teil auch um Intraklaste. Pseudooide im Sinne der von E. FLÜGEL & M. KIRCHMAYER (1962) gegebenen Definition sind selten. Ebenso ist Mikrofazies 4 in kennzeichnenden Proben vertreten. Die Mikrofazies-Typen 5 und 6 sind nur in einigen Schliffen anzutreffen, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß es sich zum Teil um sekundäre Bildungen handelt (vgl. S. 56).

Eine weitere auffallende Übereinstimmung besteht im Fossilinhalt: Bereits die Abbildungen bei FABRICIUS (1960 a) zeigen, daß in den Schliffen der Riffkalke aus den Bayrisch-Tirolischen Alpen die gleichen Organismen-Reste auftreten, wie in Proben von der Sauwand. Als kennzeichnende Formen seien genannt:

Angulodiscus communis KRISTAN
Involutina liassica (JONES)
Labyrinthina mirabilis WEYNSCHENK
Nubecularien
Rotaliidea (Form A)
Triasina hantkeni MAJZON
Peronidella communis FLÜGEL
Spongien Typus y
Stellispongina sp.
Stromatomorpha rhaetica KÜHN
Montlivaultia alpina FLÜGEL
Thecosmilia clathrata (EMMRICH)
Bryozoen Gruppe 1
Paramonotrypella styriaca FLÜGEL
Solenopora endoi FLÜGEL
Cheilosporites tirolensis WÄHNER
Microtubus communis FLÜGEL
Problematikum 3 FLÜGEL

Einige dieser Arten sind bei FABRICIUS unter diesen Namen angeführt, andere — wie zum Beispiel *Triasina hantkeni* MAJZON und die bei E. FLÜGEL (1963 a) beschriebenen Formen — wurden erst in den Originalschliffen festgestellt. Bei den von FABRICIUS als „Stromatoporoiden“ bezeichneten und abgebildeten Formen (1960 a, Taf. 42, Fig. 1—3, Taf. 43, Fig. 1—4) handelt es sich um *Lamellata wöhneri* FLÜGEL & SY.

Außer den auch im Sauwand-Riff feststellbaren Mikrofazies-Typen beschreibt FABRICIUS (1960 a) oolithische Kalke, welche sich mit der Riffschutt-Fazies des back-reef-Bereiches verzahnen und in landnahe, bewegten Flachwasser gebildet wurden. Diese Mikrofazies wurde kürzlich kurz typisiert (Ri 8 bei E. FLÜGEL 1963 e).

Die Originalschliffe und die Arbeit von FABRICIUS zeigen, daß die wesentlichen Mikrofazies-Typen des Sauwand-Riffes in weiter Verbreitung auch in verschiedenen oberrhätischen Riffen der Nordtiroler-Bayrischen Kalkalpen auftreten. Sowohl die Textur der Sedimente ist bis in Einzelheiten (Sortierung der Komponenten im back-reef-Bereich, durchschnittliche Größe der Komponenten in den Schutt-Arealen, Art der biogenen Anlage- rung) gleich als auch der Fossilinhalt in seiner Zusammensetzung und Verbreitung.

Wir erblicken in diesen Übereinstimmungen die Bestätigung dafür, daß es sich bei dem am Sauwand-Riff durch Detailuntersuchungen festgestellten Bauschema um ein regional gültiges Modellbild für die Gliederung der obertriadischen Riffe in den Nördlichen Kalkalpen handelt.

Die von H. ZANKL derzeit bearbeiteten Dachsteinkalk-Riffe der Torren-ner-Joch-Zone in den Berchtesgadener Alpen lassen zum Teil ähnliche Mikrofazies-Typen erkennen wie die Dachstein-Riffkalke der Sauwand. Die von Kollegen ZANKL bei seinem Vortrag „Zur Lithogenese der obertriassischen Riffe in den Berchtesgadener Alpen“ (Jahresversammlung der Geologischen Ver- einigung 1962, Göttingen) gezeigten Anschliffbilder von Proben aus dem Dach- steinriffkalk vom Hohen Brett weisen ebenfalls darauf hin, daß die eigentlichen Riffbildner nur in isolierten Arealen auftreten und zwischen sich quantitativ bedeutender Detritus ablageren. Dies ist der Bautypus, wie er uns am Sauwand- Riff entgegentritt.

1. 4 Gosaukamm (Oberösterreich)

Ein Vergleich des Sauwand-Riffes mit dem ausgedehnten Riffgebiet des Gosaukammes ist derzeit nur bedingt möglich. Die bisherigen Untersuchungen im Dachstein-Riffkalk des Gosaukammes haben gezeigt, daß sich auch hier die einzelnen Teile des Riff-Komplexes trennen lassen:

Nach ZAPFE (1960) verzahnt sich das Gosaukamm-Riff im Westen mit der Mergelfazies der Zlambach-Schichten und nach Osten mit den geschichteten Dachsteinkalken. Bisher wurden die Riffkalke der Donnerkogel-Gruppe und des sich gegen Osten nördlich vom Austriaweg anschließenden Gebietes in Dünnschliffen untersucht. Ein erster Bericht über die Ergebnisse findet sich bei E. FLÜGEL (1960 b). Weitere mikrofazielle Arbeiten beschäftigten sich mit den korallenführenden Zlambach-Schichten im Westen der Donnerkogel-Gruppe (E. FLÜGEL 1962). Aus dem Bereich des Überganges von ungeschichteter Riff- Fazies in die geschichtete Dachsteinkalk-Fazies im Osten des Gosaukammes (Kleiner Gosaugletscher) stammen von E. FLÜGEL (1963 e) beschriebenen Proben, in welchen sich deutlich das Ablagerungsmedium des back-reefs doku- mentiert.

Wie auf Grund der mikrofaziellen Analyse angenommen werden muß, han- delt es sich bei den korallenführenden Zlambach-Schichten im Gebiet des Rohrmoos um Sedimente, welche vor dem Außenrand des Dachstein-Riffes ab- gelagert wurden. Die Anschauung, daß die in den mergeligen Zlambach-Kalken so häufigen Korallen, Spongien, Solenoporaceen etc. aus dem Riff-Bereich stam- men, läßt sich nicht aufrecht erhalten. Zwar zeigen sowohl die Fossilien als auch das Sediment deutliche Anzeichen von Resedimentation und Mehrfach- sedimentation, der Vergleich der Fauna mit dem Fossilinhalt der Riffkalke weist jedoch deutlich darauf hin, daß es sich primär um verschiedene Biotope gehan- delt hat. In Zlambach-Schichten und Dachstein-Riffkalken treten unter den Korallen, Hydrozoen, Schwämmen und Rotalgen wohl morphologisch ähnliche,

aber nicht identische Arten auf. Aus ökologischen Erwägungen heraus müssen wir annehmen, daß der Lebensraum der Zlambach-Korallen, -Schwämme und -Algen ein gut durchlüfteter, gut durchlichteter Flachwasserbereich mit starker Wasserbewegung war. Ein derartiger Lebensraum spiegelt sich in den tonigen Zlambach-Sedimenten keineswegs wider. Wir müssen daher annehmen, daß die Zlambach-Korallen etc. ökologische Nischen bewohnten, welche auf Untiefen lagen, die dem Riff beckenwärts vorgelagert waren. Diese Deutung wird auch durch die in der Kesselwand feststellbaren submarinen Gleitungen etc. (ZAPFE 1960) gestützt.

Versuchen wir die Lage der von den Zlambach-Korallen bewohnten ökologischen Nischen innerhalb des gesamten Riff-Komplexes festzulegen, so lassen sich diese Räume zwanglos in den fore-reef shoals lokalisieren, wie sie im Gebiet vor dem Außenrand des Riffes häufig auftreten. HENSON (1950) hat auf diesen bisher vielfach verkannten Typus aufmerksam gemacht.

In den Kalken der Donnerkogel-Gruppe wurden in den Dünnschliffen bisher fast ausschließlich die Mikrofazies-Typen 1 und 3 festgestellt. Die Organismen-Reste sind im allgemeinen die gleichen wie in den Schliffen von Kalken der Sauwand, des Rötelwand-Riffes, der Steinplatte und aus dem Sonnwendgebirge (vgl. Tab. 7). Wie auch in den Proben aus dem Sauwand-Riff treten um große Biogene (Spongien, Korallen, Solenoporaceen etc.) biogene Anlagerungen auf. Relativ häufig finden sich Biomikrite mit Kalkschwämmen.

Die kennzeichnenden Calcarenite mit Mikrofazies-Typus 2 wurden in den Kalken des Gosau-Riffes bisher nur vereinzelt festgestellt, so zum Beispiel in Proben vom Gipfel des Großen Donnerkogels. Typische back-reef-Sedimente treten am Linzerweg nördlich des Kleinen Gosaugletschers auf (E. FLÜGEL 1963 e) und wurden als Mikrofazies Ri 9 beschrieben. Es handelt sich um einen Algen-Sparit mit gut sortierten Komponenten von unterschiedlicher Rundung und Sphärizität. Offenheitsgrade und Klastizitätsindizes sind gering.

Dieser Mikrofazies-Typus wurde bisher nur aus dem back-reef-Bereich beschrieben. Er findet sich auch in den von FABRICIUS (1960 a) als Kalkalgen-Trümmerkalken bezeichneten Riffschutt-Sedimenten und wurde in wenigen Proben auch im back-reef-Bereich des Sauwand-Riffes festgestellt (Sauwand-Nordost, vgl. auch Taf. 3). Ebenso konnte dieser Mikrofazies-Typus in Dachstein-Riffkalken aus den Julischen Alpen beobachtet (Material RAMOVŠ, Ljubljana) werden.

Es ist anzunehmen, daß sich die im Sauwand-Riff festgestellte Riff-Gliederung auch im ausgedehnten Riff des Gosaukammes wiederfinden läßt. Hierzu sind jedoch Dünnschliffe notwendig, die nicht — wie es bisher fast ausschließlich der Fall war — allein für paläontologische Zwecke angefertigt werden. Auch müssen die Proben aus dem Anstehenden entnommen werden; viele der bisher untersuchten Proben stammen aus Schutthalden, wo sich ja im allgemeinen die am besten ausgewitterten Fossilreste finden.

IV/2 Baustil und Anlage der obertriadischen Riffe in den Nördlichen Kalkalpen

Wie wir gesehen haben, treten in allen zum Vergleich herangezogenen obertriadischen Riffen weitgehende Gemeinsamkeiten auf, so daß wir uns berechtigt fühlen, das Bauschema des Sauwand-Riffes als allgemein gültiges Modell eines obertriadischen Riffes der nördlichen Tethys zu betrachten.

Fassen wir die gemeinsamen Merkmale aller bisher näher untersuchten nordalpinen Ober-Trias-Riffe zusammen:

Der Riff-Komplex besteht aus dem zentralen Riff-Areal an welches sich gegen das offene Meer der fore-reef-Bereich und gegen das Land zu der back-reef-Bereich anschließen. Back-reef und fore-reef-Bereich sind als unterschiedlich entwickelte Schutt-Fazies ausgebildet; das Zentrale Riff-Areal stellt keine in sich geschlossene Baueinheit dar. Es setzt sich aus zahlreichen kleinen Riff-Knospen zusammen, zwischen welchen auf einem weiten Areal organogener Detritus sedimentiert wird, der von den Riffbildnern geliefert wird. Als Riffbildner treten in verschiedener Häufigkeit koloniebildende Korallen, ungegliederte und gegliederte Kalkschwämme, Kalkalgen (im wesentlichen Solenoporaceen), Hydrozoen und Bryozoen auf.

Der fore-reef-Bereich ist durch das Auftreten von Blockschutt gekennzeichnet, der vor der Steilkante des Außenriffes abgelagert wird. Als Komponenten dieses Riff-Schuttes finden sich im wesentlichen die riffbildenden Organismen des zentralen Riff-Areals.

Der back-reef-Bereich ist in mehrere Teil-Bereiche gliederbar, wobei im wesentlichen drei Mikrofazies-Typen unterscheidbar sind: Mikrofazies Ri 2 — gut sortierter Biosparit mit gerundeten Biogenen und Intraklaste; häufig mit Foraminiferen, Mollusken-Resten und Algen, Riffbildner fehlen im allgemeinen. Mikrofazies Ri 9 — Algen-Biosparit mit gut sortierten Solenoporaceen- und Codiaceen-Resten. Mikrofazies Ri 7 — Mikrit mit *Angulodiscus*. Landnah tritt im back-reef-Bereich Mikrofazies Ri 8 (gut sortierte Oosparite) auf.

Gegenüber diesen den verschiedenen Riff-Komplexen gemeinsamen Merkmalen treten die Unterschiede stark zurück:

Unterschiede scheinen in der quantitativen Verteilung der Riffbildner in den einzelnen Riff-Komplexen zu bestehen. Während in den oberrhätischen Riffen die Korallen, insbesondere Thecosmilien, unter den Riffbildnern an erster Stelle stehen, treten in den Dachsteinkalk-Riffen die Kalkschwämme zum Teil sehr stark hervor (vgl. die Auszählungen an angewitterten Riffkalk-Oberflächen im Gosaukamm, ZAPFE 1962 b). Auch in der Häufigkeit der Riffbewohner (Brachiopoden und Mollusken) scheinen zwischen den Riff-Komplexen Unterschiede zu bestehen (vgl. die Fossilliste bei OHLEN 1959). Diese Unterschiede in der qualitativen Zusammensetzung der Fauna sind jedoch sicher zu einem wesentlichen Teil von der noch keineswegs vollkommenen paläontologischen Kenntnis der obertriadischen Riffkalke abhängig (vgl. E. FLÜGEL 1963 a).

Fragen wir uns nun, welchen Riff-Typus wir in der Sauwand und in den übrigen obertriadischen Riffen der Nördlichen Kalkalpen erwarten dürfen, so müssen wir von der regionalen Verbreitung der Dachsteinkalk-Riffe und der oberrhätischen Riffe ausgehen:

MOJSISOVICS (1874, 1896) hat darauf hingewiesen, daß die nordalpinen Obertrias-Riffe einen gewaltigen, etwa West-Ost gerichteten Strang bilden. Der Übergang zum Konzept der Allothonie hat die Vorstellung eines vom Hochkönig bis an den östlichen Kalkalpenrand reichenden „Wallriffes“ zurückgedrängt (vgl. ROSENBERG 1958).

Die Untersuchungen in den mitteltriadischen Riffen der Dolomiten

(LEONARDI 1961, ROSSI 1957, 1959 a, 1959 b) haben gezeigt, daß man in diesen ausgedehnten Riff-Komplexen eventuell nicht nur mit Saumriffen zu rechnen hat, sondern auch mit anderen Riff-Typen, wie zum Beispiel mit Atollen. Wenn auch gegen derartige Deutungen Bedenken angemeldet wurden (ROSENBERG 1962 a, 1962 b), so geben die italienischen Arbeiten doch Anregungen, die auch im nordalpinen Raum überprüft werden sollten.

ZAPFE (1962 c) hat einen derartigen Versuch gemacht und gibt eine Verbreitungskarte der obertriadischen Riff- und Lagunen-Fazies im mittleren Kalkalpenabschnitt: Auf dieser Karte sind zwei etwa West-Ost verlaufende Riffgürtel eingezeichnet, ein südlicher Zug Hochkönig — Tennengebirge — Dachsteinmassiv und ein nördlicher Zug Hagengebirge — Totes Gebirge. Als Lagunen-Fazies wurde die Verbreitung von Hauptdolomit, gebanktem Dachsteinkalk und Plattenkalk eingetragen. Derart entsteht ein im Vergleich mit den Riff-Zonen ausgedehntes Lagunen-Gebiet.

Inwieweit der Hauptdolomit in seiner Gesamtheit als Lagunensediment angesprochen werden kann, erscheint heute noch nicht gesichert. Neue Untersuchungen durch BITTERLI (1962) und PURTSCHELLER (1962) zeigen, daß es sich zwar sicher um ein Flachwassersediment handelt, daß aber die Verbindung mit den Riffbildungen nicht geklärt ist.

Trotz dieser Einschränkung zeigt die Karte doch deutlich, daß eine Atollbildung im Großbereich nicht auftritt, bzw. derzeit nicht erkennbar ist.

ROSENBERG (1958) hat darauf hingewiesen, daß die zu den ausgedehnten obertriadischen Lagunen-Sedimenten gehörenden Riffe in ihrer Lage unbekannt sind. ZAPFE (1962 c) deutet an, daß die Küste des ursprünglichen Ablagerungsraumes im Norden der heutigen Lagunensediment-Verbreitung zu suchen ist.

Es erscheint heute noch nicht möglich, zur Frage Stellung zu nehmen, wie weit die Obertrias-Riffe von der (oder einer) Küstenlinie entfernt waren. Um diese Frage bantworten zu können, wären insbesondere Untersuchungen über die Häufigkeit und Verteilung von Landeinschwemmungen in den Riffkalken notwendig. Rückstandsanalysen könnten hier weiterhelfen. Dies zeigt in ausgezeichneter Weise die Arbeit von FABRICIUS (1960 a), der aus der verschiedenen Menge von chersogenem Quarz auf landnahe Bildung der Bayrisch-Tirolischen Riffe schließt.

Weder im Sauwand-Riff noch in anderen Dachsteinkalk-Riffen haben wir eindeutige Merkmale, die auf Landnähe deuten. Die früher als chersogene Einstreuungen erklärten Rotpelite sind zumindestens zum Teil als Einschwemmungen und Einlagerungen von Hallstätter Sedimenten anzusprechen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß im Baustil der bisher untersuchten obertriadischen Riffe weitgehende Übereinstimmung besteht. Die heutige Position der obertriadischen Riff-Komplexe entlang von West-Ost streichende Zonen scheint das ursprüngliche, durch tektonische Verkürzungen nicht grundsätzlich gestörte räumliche Verhältnis der Riff-Komplexe wiederzugeben. Damit wird die alte, von MOJSISOVICS entwickelte Vorstellung eines durch zahlreiche rifffreie Areale unterbrochenen West-Ost verlaufenden Riff-Gebietes am Nordrand der Tethys erneut zur Diskussion gestellt.

V. ZUR UNTERSCHIEDUNG DER ABLAGERUNGSBEREICHE BEI FOSSILEN RIFFEN

Im Zusammenhang mit der Erdölprospektion ergibt sich die Notwendigkeit, die einzelnen Teile eines fossilen Riff-Komplexes auch im Klein-Bereich (Bohrkern) zu lokalisieren (vgl. INGERSON 1962, S. 824). Ein großer Teil der Welterdölproduktion stammt aus paläozoischen und mesozoischen Riffkalken, wobei die Erdölführung — bedingt durch die unterschiedliche primäre Porosität — in den einzelnen Teilen des Riff-Komplexes verschieden ist (LEVORSEN 1959).

Bei Prospektionsbohrungen steht in den meisten Fällen eine genügende Zahl von Kernen zur Verfügung, deren mikrofazielle Analyse gute Hinweise auf die Position der Bohrung im Riff-Komplex liefern kann:

Eine wesentliche Frage ist mit der Unterscheidung von zentralem Riff-Areal, fore-reef-Bereich und back-reef-Bereich verbunden.

Die Untersuchung des Sawwand-Riffes und der Vergleich mit anderen obertriadischen Riffen zeigen nun deutlich, daß die verschiedenen Ablagerungsmedien des Riff-Komplexes durch die im Dünnschliff erkennbaren Mikrofazies-Typen (und eventuell durch die Verteilung des SrCO_3 -Gehaltes) gut zu trennen sind.

Als mikrofazielle Merkmale sind hier insbesondere die Art, Textur und Verbreitung der Komponenten sowie deren quantitatives Verhältnis zur Grundmasse zu beachten.

Das zentrale Riff-Areal ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- (a) Auftreten von riffbildenden Organismen
- (b) Biogene Anlagerungen um Fossilreste
- (c) Organogener Detritus zwischen den Riffbildnern

Von diesen Merkmalen kann (a) nur mit einiger Einschränkung zur Charakterisierung des zentralen Riff-Areales herangezogen werden, da viele riffbildende Gruppen auch andere Biotope bewohnen. So kann aus dem Vorkommen von Korallen nicht ausschließlich auf eine Riff-Bildung geschlossen werden, wie dies häufig geschieht. Korallen finden sich häufig auch in anderen Biotopen bzw. nicht nur im zentralen Riff-Areal (zum Beispiel Zlambach-Korallen in den fore-reef shoals des Gosaukamm-Riffes, vgl. S. 104!). In vielen Fällen können aus der Lagerung der Riffbildner (Lebensstellung oder allochthon etc.) Schlüsse auf den Riff-Bereich gezogen werden. Es ist jedoch nicht zulässig, allein aus nicht in situ erhaltenen Riffbildnern das zentrale Riff-Areal zu leugnen. Gerade in den obertriadischen Riffen hat es sich gezeigt, daß im zentralen Riff-Areal syndimentäre Umlagerungen und geringe Verfrachtungen der riffbildenden Organismen häufig sind.

Die unter (b) angeführten biogenen Anlagerungen um Fossilreste können als kennzeichnendes Merkmal der Riff-Fazies gewertet werden. Im zentralen Riff-Areal aller untersuchten obertriadischen Riffe finden sich diese Anlagerungen von Algen (meist Spongiostromen) und sessilen Foraminiferen (vom Typus der Nubecularien, zum Teil auch sessile Labyrinthinen). Biogene Anlagerungen fehlen im back-reef-Bereich vollkommen und treten im fore-reef-Bereich sehr stark zurück.

Auch der organogene Detritus (c) zwischen den Riffbildnern bzw. zwischen den Riff-Knospen unterscheidet sich von dem im back-reef- und fore-reef-Be-

reich abgelagerten Riff-Schutt. Im zentralen Riff-Areal wird der Detritus unmittelbar von den Riffbildnern (Korallen, Schwämmen etc.) geliefert, ist schlecht sortiert und zeigt eine im allgemeinen geringe Rundung und Sphärizität der Komponenten. Im fore-reef-Bereich sind die Komponenten im allgemeinen größer, es treten Pseudooide auf und organogene Brekzien sind häufig. Der Riff-Schutt des back-reef-Bereiches unterscheidet sich durch das fast völlige Fehlen von Biogenen aus dem zentralen Riff-Areal und durch eine gleichmäßige, gute Sortierung der Komponenten.

Der fore-reef-Bereich ist durch die Bildung von fore-reef-Brekzien gekennzeichnet, die sich aus im allgemeinen eckigen und nur gering gerundeten Bruchstücken von riffbildenden Organismen zusammensetzen. Die Komponenten sind im allgemeinen größer als die Biogene des back-reef-Bereiches. Das Porenvolumen ist im fore-reef-Bereich höher als im zentralen Riff-Bereich, wo sich die primären Zwischenräume des Riff-Gerüsts vielfach schon synsedimentär durch mechanische und chemische Intraanlagerung schließen.

Der back-reef-Bereich ist durch Textur und Organismen-Verteilung von den beiden anderen Teilen des Riff-Komplexes scharf unterschieden. Riffbildende Organismen fehlen hier völlig oder treten nur innerhalb des back-reef-Bereiches als kleine, isolierte „Flecken-Riffe“ (patch reefs) auf. Der Riff-Schutt des back-reef-Bereiches besteht aus gleichmäßig sortierten, im allgemeinen gut gerundeten Komponenten, die in eine sparitische Grundmasse (Zement) eingelagert sind. Das Größenspektrum der Komponenten ist gering.

Nach dem verschiedenen Grad der Sphärizität der Komponenten lassen sich innerhalb des back-reef-Bereiches mehrere Ablagerungs-Medien unterscheiden: riffnahe Calcärenite mit qualitativ verschiedenen Biogenen und Intraklasten, riff-nähere Calcarenite mit schlecht gerundeten Biogenen, die fast ausschließlich aus Algen-Resten von geringer Sphärizität bestehen. Außerdem treten im back-reef-Bereich lokal Mikrite mit nur einer biogenen Komponente (*Angulodiscus*) auf.

Ein Vergleich der in den obertriadischen Riffen festgestellten Mikrofazies-Typen mit Mikrofazies-Typen von stratigraphisch verschiedenen alten Rifffalken zeigt, daß in der Verbreitung der Mikrofazies-Typen in verschiedenen alten Riff-Komplexen weitgehende Übereinstimmungen bestehen:

Im zentralen Riff-Areal von permischen Riffen finden sich die gleichen biogenen Anlagerungen um Fossilreste (NEWELL et al. 1953, NEWELL 1955). Die gruppenmäßige Zugehörigkeit der Riffbildner ist selbstverständlich in verschieden alten Riffen verschieden (vgl. die Zusammenstellung bei STUBBLEFIELD 1960). Das ökologische Verhalten der Riffbildner, ihre Abhängigkeit von guter Durchlichtung und Durchlichtung des im allgemeinen warmen Wassers war jedoch weitgehend dieselbe und damit auch ihre ökologischen Wuchsformen.

Dünnschliffe von fore-reef-Sedimenten kretazischer Riffe wurden von HENSON (1950, Abb. 5) und DIMITRIJEVIC (1961) abgebildet. Diese Schliffbilder gleichen in Einzelheiten, in der Textur der Komponenten, in der geringen Sphärizität und in der feinkörnigen mikritischen Matrix vollkommen der im fore-reef-Bereich obertriadischer Riffe feststellbaren Mikrofazies. Hier muß darauf hingewiesen werden, daß HENSON (1950) im

fore-reef-Bereich am Übergang zum Becken mehrere Teil-Bereiche unterscheidet, welche durch charakteristische Mikrofazies-Typen gekennzeichnet sind.

Am deutlichsten ist die Übereinstimmung der an bestimmte Ablagerungsmedien geknüpften Mikrofazies-Typen verschieden alter Riff-Komplexe im back-reef-Bereich: Als Beispiele seien hier die von HENSON (1950) aus dem Oligozän von Kirkuk beschriebenen und abgebildeten Mikrofazies-Typen (HENSON Fig. 1 und 2) genannt, welche FORMAN & SCHLANGER (1957, Taf. 8, Fig. A, B) im back-reef-Bereich von oligozänen Riffen in Louisiana, Guam und Syrien wiedergefunden haben. Es handelt sich in allen Fällen um einen gut sortierten Biosparit, bei welchem sich — ebenso wie in den obertriadischen Riffen — zwei Mikrofazies-Typen unterscheiden lassen. Die von HENSON (1950) abgebildeten Dünnschliffe entsprechen in Einzelheiten Schliffen aus etwa gleich alten back-reef-Sedimenten in Nordamerika und in Asien. — Auch im permischen Capitan-Riff von Texas treten im back-reef-Bereich die kennzeichnenden Mikrofazies-Typen auf. So lassen sich zum Beispiel die bei NEWELL et al. (1953) auf Taf. 27, Fig. 5 und Taf. 27, Fig. 6 dargestellten Schliffe ausgezeichnet mit den im back-reef-Bereich von obertriadischen Riffen beobachtbaren Mikrofazies-Typen Ri 2 und Ri 9 vergleichen.

GRASMÜCK-PFLUGER (1962) hat darauf hingewiesen, daß auf „rifflosen, seichten Kalkplattformen, welche eine beschränkte Wasserzirkulation zulassen“ in genügender Entfernung vom Rand Kalke entstehen können, deren Mikrofazies-Typen an die Mikrofazies der back-reef-Bereiche erinnern.

Eine ähnliche Beobachtung konnte bei der Durchsicht von Ober-Jura-Kalk-Schliffen aus dem Westteil der Betischen Cordilleren (Material St. DÜRR, Marburg/Lahn) gemacht werden.

Diese Mikrofazies-Typen zeigen in der guten Sortierung der meist gerundeten Biogene und im häufigen Auftreten von Foraminiferen (insbesondere Milioliden) und Dasycladaceen gewisse Gemeinsamkeiten.

Unterschiede ergeben sich jedoch im Vergleich mit Biospariten aus back-reef-Bereichen im völligen Fehlen von riffbildenden Organismen. Sowohl bei dem von GRASMÜCK-PFLUGER beschriebenen Kalk als auch bei den spanischen Vorkommen sind ursprünglich benachbarte Riffe bisher nicht bekannt; es ist jedoch zu untersuchen, inwieweit diese als eventuelle Schuttlieferanten dienenden Riffe tatsächlich gefehlt haben bzw. welche weiteren mikrofazialen Unterschiede sich zwischen diesen Biospariten und den in sich gegliederten Biospariten der back-reef-Bereiche ergeben.

Durch die Untersuchungen von HOUBOLT (1957) an den Sedimenten des Persischen Golfs lassen sich die an fossilen Riff-Komplexen festgestellten Mikrofazies-Typen mit rezenten Sedimenten vergleichen:

In der Umgebung der Halbinsel Qatar treten neben Riffen detritische Sedimente auf, unter welchen man folgende Typen unterscheiden kann: „Rounded calcarenites; skeletal calcarenites; *Heterostegnia* calcarenites und calcilititic calcarenites; very calcilititic calcarenites; marly calcarenites; calcarenitic marl.“ Von diesen Typen finden sich in der Umgebung des Riffes die als „very calcilititic calcarenites“ und als „rounded calcarenites“ bezeichneten Sedimente. Die Dünnschliff-Bilder zeigen, daß es sich um mikritische Biosparite und um Biosparite handelt, wie sie in gleicher Ausbildung im back-reef-Bereich fossiler Riffe auftreten. In unmittelbarer Nähe der Riffe finden sich „coral debris calcarenites“, welche ebenso wie die gerundeten Calcarenite eine gleichmäßige und gute Sortierung aufweisen.

Ähnliche Vergleichsmöglichkeiten ergeben sich im Gebiet der Bahama - Bank, wo LILLING (1954) die Verteilung der Sedimente untersucht hat.

LEIGHTON & PENDEXTER (1962) haben darauf hingewiesen, daß sich die in den Dünnschliffen von Kalken erkennbaren Mikrofazies-Bilder in stratigraphisch verschiedenen alten Proben wiederholen. Gleichzeitig wird betont, daß trotzdem bei Beachtung aller paläontologischen und textuellen Daten in vielen Fällen eine stratigraphische Auswertung der Mikrofazies-Typen möglich ist. Die als Beispiele abgebildeten Schliffe von verschiedenen alten Kalkproben zeigen in drastischer Weise, daß mikrofazielle Vergleiche ohne eine eingehende mikrofazielle Analyse mit großen Unsicherheitsfaktoren behaftet sind.

Inwieweit diese Unterscheidungsmöglichkeit auch für stratigraphisch ältere Riff-Komplexe gilt, muß erst überprüft werden. Insbesondere altpaläozoische Riff-Komplexe scheinen im Vergleich mit jungpaläozoischen und mesozoischen Riffen einen abweichenden Baustil zu besitzen. Darauf deuten einerseits die unterschiedlichen Mikrofazies-Typen silurischer und devonischer Riff-Kalke, wie sie CAROZZI (1961), CAROZZI & LUNDWALL (1959), sowie CAROZZI & WALPOLE (1960) beschrieben haben. Andererseits zeigt sich durch die auf palökologischen Faktoren beruhenden Riff-Gliederungen im Devon der Ardenen (LECOMPTE 1958), der Eifel (STRUVE 1962) und des Sauerlandes (JUX 1960) sowie im Silur der Insel Gotland (JUX 1957), daß eine strenge Trennung in fore-reef- und back-reef-Bereiche nicht immer klar ausgebildet ist. Die mitteldevonischen Riffe der Eifel erinnern in ihrem Bau sehr stark an den von HENSON (1950) als Open shoal reef charakterisierten Riff-Typus, bei welchem sich das zentrale Riff-Areal in biostromartige flache Riffe auflöst und bei dem zum fore-reef und Becken hin ein gradueller Übergang besteht.

Die Unterscheidung der einzelnen Teile von fossilen Riff-Komplexen durch geochemische Methoden steht erst in den Anfängen. Neben $MgCO_3$ -Bestimmungen (vgl. INGERSON 1962) lassen sich eventuell auch die unterschiedlichen $SrCO_3$ -Gehalte zur Trennung von back-reef und fore-reef heranziehen, wobei jedoch vorerst Untersuchungen an weiteren fossilen und rezenten Riffen notwendig sind.

VI. ZUSAMMENFASSUNG — ABSTRACT

Die Detailuntersuchung des nordöstlich von Gußwerk (Steiermark, Österreich) gelegenen obertriadischen (rhätischen) Dachsteinkalk-Riffes der Sauwand erbrachte folgende Ergebnisse:

(1) Mit Hilfe von mikrofaziellen, paläontologischen und geochemischen Methoden ist eine Typisierung des Riff-Komplexes möglich, welche die Unterscheidung von back-reef-Bereich, zentralen Riff-Areal und fore-reef-Bereich gestattet.

(2) Die einzelnen Ablagerungsmedien (environments) sind durch charakteristische Mikrofazies-Typen gekennzeichnet, deren Verbreitung in anderen obertriadischen Riff-Komplexen der Nordalpen gleich ist.

(3) Der Fossilinhalt des Sauwand-Riffes entspricht dem anderer nordalpiner Obertrias-Riffe.

(4) Die gleichmäßige Verteilung der geringen $MgCO_3$ -Gehalte spricht gegen eine Dolomitisierung des Riffes.

(5) Die relativen $SrCO_3$ -Gehalte der Riffkalke in den verschiedenen Ablagerungsmedien sind durch die Diagenese nicht verfälscht und zeigen vom back-reef-Bereich zum fore-reef-Bereich eine ansteigende Tendenz, wie sie aus fossilen und rezenten Riffes bekannt ist.

(6) Istopen-Bestimmungen (E. T. DEGENS) zeigen, daß die Umkristallisation keine Verfälschung der relativen Sr-Gehalte bewirkt hat. Die Paläowassertemperaturen liegen im Bereich von Werten rezenter Riffe und

lassen keinen Temperaturrückgang im Rhät erkennen, wie er von PIA und FABRICIUS angenommen wurde.

(7) Das zentrale Riff-Areal besteht aus zahlreichen kleinen Riff-Knospen, die durch flächenmäßig wesentlich größere, mit biogenem Schutt erfüllte Areale getrennt werden. Der back-reef-Bereich ist durch transportierten, gut und gleichmäßig sortierten Riff-Schutt gekennzeichnet, der auf seinem Weg aus dem zentralen Riff-Areal qualitativ gesondert wurde. Lokal treten im back-reef-Bereich Feinschlamm-Kalke mit Foraminiferen (*Angulodiscus*) auf. Im fore-reef-Bereich finden sich Calcirudite und fore-reef-„Brekzien“, die vor der Steilkante des Riffee in tieferem Wasser abgelagert wurden.

(8) Gleichartige Mikrofazies der in den Dachstein-Riffkalken eingelagerten Rotpeliten und von Hallstätter Kalken wird durch Einschwemmungen aus dem Ablagerungsraum der Hallstätter Fazies erklärt. Die Hallstätter Fazies wird als „Zwischen-Riff-Fazies“ der obertriadischen Riff-Komplexe gedeutet.

(9) Vergleiche mit rhätischen Riffee aus den Nordalpen zeigen, daß das am Sauwand-Riff gewonnene Bauschema als Modellbild für die fazielle Gliederung der obertriadischen Riffee dieses Sedimentationsraumes gelten kann.

(10) Mit Hilfe der Mikrofazies-Typen können die Baueinheiten fossiler Riff-Komplexe durch Dünnschliffe auch im Kleinbereich (Bohrkern) unterschieden werden.

A b s t r a c t

The upper part of the Alpine Triassic (Norian and Rhaetian) is marked by reef limestone layers of varying thickness which have been reinvestigated by several authors during the last few years in order to study formation conditions of the widespread Upper Triassic reefs.

The Sauwand-Reef under investigation is located in the vicinity of the Gusswerk village (Styria, Austria) in the middle part of the Northern Limestone Alps. The uncovered reef-complex spreads over some 3 kilometers and consists of about 200 meter thick reef limestone rich in fossils belonging to the Rhaetian.

The reef has been thoroughly investigated by microfacial, paleontological and geochemical methods in order to obtain a model structure of the set-up of large reef-complexes of the Alpine Upper Triassic.

The microfacial analysis bases on the examination of 114 thin sections taken from different parts of the reefs. By exact comprehension of quantitative and qualitative characteristics and application of the limestone classification suggested by FOLK (1959) seven microfacies types could be identified in the reef-complex which indicate different environments of sedimentation (page 27, fig. 10).

The paleontological examination proved that calcareous sponges and corals prevail among the reef-building organisms followed by algae (Solenoporaceae, Dasycladaceae et al.) hydrozoans and bryozoans (Table 5). Other organisms inhabiting the reefs such as Megalodontidae and brachiopodes are rare. The Sauwand-reef fauna and flora is similar to that of other Upper Triassic reefs of the Northern Limestone Alps. Therefore, it may be accepted the biota of these reefs were relatively homogenous. The author gives a monographic description of the reef forming organisms of the Upper Triassic reefs of the Northern Limestone Alps in another paper (vide E. FLÜGEL 1963 a).

The geochemical examination of the limestone indicates new ways of sepa-

rating different reef environments. The SrCO₃-content of 60 samples taken from different reef parts was determined by X-ray fluorescence and it was found that the SrCO₃-content of reef limestone distinctly shows a rising trend from back reef environment via central reef area towards fore-reef environment (Table 18). E. T. DEGENS's examination of the isotope-proportion (¹⁶O/¹⁸O, ¹²C/¹³C) proves that the reef temperatures were normal (Table 10) and the relative SrCO₃-distribution in different parts of the reef-complex was not adulterated. An X-ray diffractometer examination proved that reef limestone consists in all parts of the reef of calcite, is low in MgCO₃-content, and not dolomitized (vide page 41). Merely on one spot a pure dolomite lense of about 2 m cross section was found enclosed in the reef limestone. A paradiagenetic dolomitization of lime mud locally enriched by high-Mg-carbonate minerals may be in question.

The evaluation of microfacial, paleontological and geochemical characteristics permits the reconstruction of a reef construction scheme (fig. 11). The central reef area consists of numerous reef buds built up by sponges, corals, and red algae. Between these reef buds detritus has been deposited by reef building organisms. As a whole, the reef buds build a wave resistant structure behind which the back-reef environment can be well sorted and the reef-detritus, qualitatively classified during the transport from the central reef area, can be deposited. Fragments of foraminifera, dasyclad algae, mollusks, and echinoderms prevail in the back-reef calcarenites, whereas the proper reef building organisms distinctly recede. Three sub-environments may be determined in the back-reef environment: well sorted biosparites with different skeletal grains, well sorted biosparites with algal skeletal grains only, and micrite with tests of the foraminifera *Angulodiscus*. The change from the central reef-area to the back-reef environment is marked by the appearance of small megalodonts. Red algae are frequently found at the transition from the central reef-area to the fore-reef environment. Sediments of the fore-reef environments are represented by biomicrites down to biomicrudites with large fragments of fossils from the central reef-area. Occasionally, reef-breccias of up to half a meter may occur.

Red micritic areas with thin fragments of "pelagic" organisms (filaments) and tests of orbulinid foraminifera are found in different parts of the reef. These formations ("rote Scherben" — red fragments) widespread in the Upper Triassic reefs of the Northern Alps are regarded as syngenetic insertions of sediments from the "Hallstatt environment" adjacent to the reef-complexes. Most probably, the famous cephalopod bearing Hallstätter limestones of the Alps are "inter-reef depositis".

The Sauwand reef construction scheme may also be applied to other reef-complexes of the Alpine Upper Triassic (Rötelwand near Hallein, Salzburg; Steinplatte near Waidring, Tyrol; reefs in the Bavarian-Tyrolian Alps; Gosaukamm, Dachstein Mountains, Upper Austria). Thus, the Sauwand-reef can be regarded as a model status.

Finally, possibilities are being examined to determine different parts of fossil reefs by microfacial typifying of drill cores. Exact examination of microfacies types permits, in particular, with post-Permian reefs a good distinction of back-reef, central reef-area (reef core), and fore-reef sediments. By consequent application of this method (and possibly also by consideration of the SrCO₃-distribution in the reef-complex) the number of exploration drills required for the determination of a petrol bearing reef structure may be diminished.

VII. LITERATUR

Das nachfolgende Literaturverzeichnis umfaßt die in der Arbeit verwertete paläontologische, sedimentpetrographisch-geochemische und regionalgeologische Literatur. Die rasche Entwicklung, welche die Untersuchung rezenter und fossiler Karbonate gegenwärtig charakterisiert, gestattet eine Auswertung der beobachteten mikrofaziellen und palökologischen Daten nur unter Berücksichtigung der umfangreichen Literatur. Ein Großteil der wesentlichen einschlägigen Literatur bis 1962 dürfte im Literaturverzeichnis enthalten sein. — Regionalgeologische Literatur wurde nur zum Teil angeführt; weitere Literaturangaben, insbesondere über den Fragenkomplex der Hallstätter Fazies, finden sich bei O. KÜHN (1962).

- AHRENS, L. H.: The use of ionization potentials. Part 1. The ionic radii of the elements. — *Geochim. Cosmochim. Acta* **2**, 155—169. London 1952
- ALBRECHT, F.: Das Synklinorium zwischen Isar und Schwarzenbach. — *Geol. Bavarica*, **17**, 89—98, 3 Abb. München 1953
- ALDERMANN, A. R. & BORCH, C. C. von der: Occurrence of magnesite-dolomite-sediments in South Australia. — *Nature*, **192**, 4805, 861. London 1961
- ALDERMANN, A. R. & SKINNER, H. C. W.: Dolomite sedimentation in the south-east of South Australia. — *Amer. J. Sci.*, **255**, 561—567. Washington 1957
- ALLEE, W. C., PARK, O., EMERSON, A. E., PARK, Th. & SCHMIDT, K. P.: Principles of Animal Ecology. — 837 S., 263 Abb. Philadelphia-London (Saunders Co.) 1949
- ANDRÉE, K.: Wesen, Ursache und Arten der Schichtung. — *Geol. Rundschau*, **6**, 351—397. Leipzig 1915
- ARTHABER, G.: Die alpine Trias des Mediterrangebietes. — *Lethaea geognostica*, II. Mesozoicum, 223—475, 27 Taf. Stuttgart 1906
- BATHURST, R. G. C.: Diagenetic fabrics in some British Dinantian limestones. — *Liverpool Manchester Geol. J.*, **2**, I, 11—36. Liverpool 1958
- BAUER, M.: Beitrag zur Kenntnis des Laterits, insbesondere dessen von Madagaskar. — *N. Jb. Min. etc., Festband*, 33—90. Stuttgart 1907
- BEALES, F. W.: Dolomitic mottling in Palliser (Devonian) Limestone, Banff and Jasper National Parks, Alberta. — *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, **37**, 2281—2293. Tulsa 1953
- BEALES, F. W.: Conditions of Deposition of Palliser (Devonian) Limestone of Southwestern Alberta. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **40**, 848—870, 18 Abb. Tulsa 1956
- BEALES, F. W.: Ancient sediments of Bahaman type. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **42**, 1845—1880. Tulsa 1958
- BENTZ, A. (Herausgeber): Lehrbuch der Angewandten Geologie. I. Allgemeine Methoden. — 1071 S., 468 Abb., 75 Tab., 3 Taf. Stuttgart (Enke) 1961
- BERGENBACK, R. E. & TERRIERE, R. T.: Petrography and petrology of Scurry Reef, Scurry County, Texas. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **37**, 1014—1029, 4 Abb., 1 Taf. Tulsa 1953
- BERRY, W. B.: Comparison of some Ordovician limestones. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **46**, 9, 1701—1720, 2 Abb., 3 Taf. Tulsa 1962
- BIDDER, G.: Relation of the form of a sponge to its currents. — *Quart. J. Microscop. Sci.*, **67**, 2, 293—323. London 1923
- BITTERLI, P.: Studien an bituminösen Gesteinen aus Österreich und benachbarten Gebieten. — *Erdoel-Z.*, **1962**, 7, 405—416, 2 Abb., 2 Tab. Wien 1962
- BORNEMANN, J. G.: Beiträge zur Kenntnis des Muschelkalkes, insbesondere der Schichtenfolge und der Gesteine des Unteren Muschelkalkes in Thüringen. — *Jb. preuß. geol. Landesanst.*, **1885**, 267—321, Taf. 7—14. Berlin 1886
- BOWEN, H. J. M.: Strontium and barium in seawater and marine organisms. — *J. Marine Biol. Ass.*, **35**, 451—460. 1956
- BRADLEY, W. C.: Submarine abrasion and wave-cut platforms. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **69**, 967—974, 6 Abb. New York 1958

- BROWN, J. S.: Suggested use of the word microfacies. — *Econ. Geol.*, **38**, 325. New Haven 1943
- BUCHTA, H., LEUTNER, R. & WIESENEDER, H.: The extractable organic matter of pelite and carbonate sediments of the Vienna Basin. — International World Petroleum Congress, Sect. I, Paper 5, PD 1, 17 S., 8 Abb., 3 Tab. Frankfurt/Main 1963
- BURTON, M.: Ecology of sponges. — *Nature*, **162**, 73—74. London 1948
- CAROZZI, A. V.: Sédimentation rythmique, dans la Nappe de Morcles-Aravis (Chaines Subalpines de Haute-Savoie, France). — *Proc. Third Internat. Congr. Sedimentology*, 81—89. Groningen-Wageningen 1951
- CAROZZI, A. V.: Contribution à l'étude des propriétés géométriques des oolites — l'exemple du Grand Lac Salé, Utah, USA. — *Bull. Inst. Nation. Genève* **58**, 1—51. Genf 1957
- CAROZZI, A. V.: Micro-mechanisms of sedimentation in the epicontinental environment. — *J. Sed. Petrol.*, **28**, 133—150, 13 Abb. Tulsa 1958
- CAROZZI, A. V.: Microscopic Sedimentary Petrography. — 485 S., 88 Abb. New York — London (Wiley & Sons) 1960
- CAROZZI, A. V.: Reef Petrography in the Beaverhill Lake Formation, Upper Devonian, Swan Hills Area, Alberta, Canada. — *J. Sed. Petrol.*, **31**, 4, 497—513, 9 Abb. Tulsa 1961
- CAROZZI, A. V. & LUNDWALL, W. R., Jr.: Microfacies Study of a Middle Devonian Bioherm, Columbus, Indiana. — *J. Sed. Petrol.*, **29**, 3, 343—353, 15 Abb. Tulsa 1959
- CASSINIS, G.: Su di una scogliera Retico-Liassica della Val Gobbia (Brescia). — *Riv. Ital. Palaeont. Strat.*, **66**, 3, 345—360, Taf. 32. Mailand 1960
- CHAPMAN, F.: On some Microzoa from the Wianamatta Shales, New South Wales. — *Rec. Geol. Surv. New South Wales*, **8**, Jg. 1905/09, 334—339, Taf. 54. Sidney 1909
- CHAVE, K. E.: Aspects of the biochemistry of magnesium. I. Calcareous marine organisms. — *J. Geol.*, **62**, 266—283, 16 Abb. Chicago 1954 (a)
- CHAVE, K. E.: Aspects of the biochemistry of magnesium. II. Calcareous sediments and rocks. — *J. Geol.*, **62**, 587—599, 4 Abb. Chicago 1954 (b)
- CHAVE, K. E.: Factors influencing the mineralogy of carbonate sediments. — *Limnol. Oceanography*, **7**, 2, 218—223, 7 Tab., 2 Abb. Lawrence 1962
- CHAYES, F.: A simple Point Counter for Thin-Section Analysis. — *Amer. Min.*, **34**, 1—11. New York 1949
- CLOUD, P. E., Jr.: Notes on stromatolites. — *Amer. J. Sci.*, **240**, 5, 336—379, 2 Taf. Washington 1942
- CLOUD, P. E., Jr.: Facies relationships of organic reefs. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **36**, 2125—2149, 4 Abb. Tulsa 1952
- CLOUD, P. E., Jr.: Paleocology — retrospect and aspect. — *J. Paleont.*, **33**, 926—962, 16 Abb. Tulsa 1959
- COLOM, G.: Jurassic-Cretaceous pelagic sediments of the western Mediterranean zone and the Atlantic area. — *Micropaleontology*, **1**, 2, 109—124, 4 Abb., Taf. 1—5. New York 1955
- CORNELIUS, H. P.: Zur Schichtfolge und Tektonik der Mürtzaler Kalkalpen. *Jb. Reichsstelle Bodenforsch., Zweigstelle Wien*, **89**, 27—175, Taf. 1—4, 18 Abb. Wien 1939
- CRAIG, H.: Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **12**, 133—149, 6 Tab. London 1957
- CRICKMAY, G. W.: Petrography of limestones; geology of Lau, Fiji. — *Bernice P. Bishop Mus. Bull.*, **181**, 211—258. Honolulu 1945
- CRICKMAY, G. W., LADD, H. S. & HOFFMEISTER, J. E.: Shallow-water Globigerina-sediments. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **52**, 79—106. New York 1941
- CUSHMAN, J. A.: Note sur quelques Foraminifères Jurassiques d'Auberville (Calvados). — *Bull. Soc. Linn. Normandie*, **2**, 132—135, Taf. 4. Caen 1929
- CUVILLIER, J.: Stratigraphic correlations by microfacies in Western Aquitaine. 3rd ed. — *Internat. Sediment. Petrograph. Series*, **2**, 34 S., 100 Taf. Leiden (E. J. Brill) 1961
- DAPPLES, E. C.: The effect of macro-organisms upon near-shore marine sediments. — *J. Sed. Petrol.*, **12**. Tulsa 1942

- DAVID, T. W. & SWEET, G.: The Geology of Funafuti. The Atoll of Funafuti. — Roy. Soc. London, Rept. on Coral Reefs Comm., Sec 5, 61—124, Taf. B-E im Text, Taf. 1—19. London 1904
- DAVITASVILI, L. S.: Ekogenija tipov, klassov i drugich podrazdelenij organicescogo mira. — Soobsc. Akad. nauk Gruz. SSR, 8, 5. Tiflis 1947 (russ.)
- DEFFEYES, K. S. & MARTIN, E. L.: Absence of Carbon-14 Activity in Dolomite from Florida Bay. — Science, 136, 3518, S. 782. Washington 1962
- DEGENS, E. T.: Die Diagenese und ihre Auswirkungen auf den Chemismus von Sedimenten. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1959, 72—84. Stuttgart 1959 (a)
- DEGENS, E. T.: Die geochemische Verteilung von Sauerstoffisotopen in Vergangenheit und Gegenwart. — Ber. Phys.-Medizin. Ges. Würzburg, N. F., 69 (1958—1959), 119—133. Würzburg 1959 (b)
- DEGENS, E. T. & EPSTEIN, S.: Stable-Isotope Studies on Marine and Continental Dolomites from Recent and Ancient Sediments. — Geol. Soc. Amer., Spec. Paper, 68, Abstract for 1961, 160—161. Washington 1962
- DIENER, C.: Grundzüge der Biostratigraphie. — 304 S., 40 Abb. Leipzig-Wien (Deuticke) 1925
- DIENER, C.: Die Fossilagerstätten in den Hallstätter Kalken des Salzkammergutes. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., (I), 135, 73—101. Wien 1926
- DIMITRIJEVIC, M.: (Turonian reef on the middle Dalmatian Island). — Sedimentologija, 1, 59—68, 9 Abb. Belgrad 1961 (Serb. m. engl. Zusammenf.)
- E-AN-ZEN: Carbonate equilibria in the open ocean and their bearing on the interpretation of ancient carbonate rocks. — Geochim. Cosmochim. Acta, 18, 57—71, 2 Abb. London 1960
- ELLIOT, G. F.: Fossil microproblematica from the Middle East. — Micropaleontology, 4, 4, 419—428, Taf. 103. New York 1958
- ELLIOT, G. F.: More microproblematica from the Middle East. — Micropaleontology, 8, 1, 29—44, Taf. 1—6. New York 1962
- EMERY, K. O., TRACEY, J. I., Jr. & LADD, H. S.: Geology of Bikini and Nearby Atolls. Part 1. Geology. — U.S. Geol. Surv., Prof. Paper, 260-A, 265 S., 64 Taf. Washington 1954
- EMILIANI, C.: Mineralogical and chemical composition of the tests of certain pelagic Foraminifera. — Micropaleontology, 1, 377—380, 3 Abb., 4 Taf. New York 1955
- ENGELHARDT, W. v.: Der Porenraum der Sedimente. — Min.-Petrographie in Einzeldarstellungen, 2, 207 S., 83 Abb. Berlin-Göttingen-Heidelberg (Springer) 1960
- EPSTEIN, S., BUCHSBAUM, R., LOWENSTAM, H. A. & UREY, H. C.: Revised carbonate water isotopic temperature scale. — Bull. Geol. Soc. Amer., 64, 1315—1326. New York 1953
- FABRICIUS, F.: Vorschlag zur Umbenennung von „Oberrätalk“ in „Rätolias-Riffkalk“ (Nördliche Kalkalpen). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1959, 546—549. Stuttgart 1959
- FABRICIUS, F.: Sedimentation und Fazies des Rät und der Lias-Überdeckung in den Bayrisch-Tirolischen Kalkalpen. — Diss. TH München, 157 S., 66 Taf., 5 Karten. München 1960 (a)
- FABRICIUS, F. H.: Sedimentation und Fazies des Rät und der Lias-Überdeckung in den Bayrisch-Tirolischen Kalkalpen. — Zusammenfassung Diss. Univ. München, 16 S., 2 Taf. München 1960 (b)
- FABRICIUS, F.: Die Strukturen des „Rogenpyrits“ (Kössener Schichten, Rät) als Beitrag zum Problem der „Verzerten Bakterien“. — Geol. Rundschau, 51, 2, 647—657, Taf. 32—34. Stuttgart 1961
- FABRICIUS, F.: Faziesentwicklung an der Trias/Jura-Wende in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 2/3, 311—319, 3 Abb. Hannover 1962
- FAIRBRIDGE, R. W.: Recent and Pleistocene Coral Reefs of Australia. — J. Geol., 58, 330—401. Chicago 1951
- FAIRBRIDGE, R. W.: Stratigraphic correlation by microfacies. — Amer. J. Sci., 252, 11, 683—694, 1 Abb. New Haven 1954

- FERASIN, F.: Sulla presenza di supposte Alghe filamentose nel Giurese del Veneto. — Riv. Ital. Palaeont. Strat., 62, 3, 198—204, Taf. 17—18, 1 Abb. Mailand 1956
- FISCHER, A. G.: Fossilien aus den Riffkomplexen der alpinen Trias: Cheilosporites WÄHNER, eine Foraminifere? — Paläont. Z., 36, 1/2, 118—124, Taf. 13—14. Stuttgart 1962
- FLÜGEL, E.: Cassianostroma n. gen., die erste Hydrozoe aus den Cassianerschichten (Ober-Ladin) der Südalpen. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1960, 49—59, 5 Abb. Stuttgart 1960 (a)
- FLÜGEL, E.: Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberösterreich). II. Untersuchungen über die Fauna und Flora des Dachsteinriffkalkes der Donnerkogel-Gruppe. — Verh. Geol. Bundesanst., 1960, 241—252. Wien 1960 (b)
- FLÜGEL, E.: Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberösterreich). III. Zur Mikrofazies der Zlambach-Schichten am W-Ende des Gosaukammes. — Verh. geol. Bundesanst., 1962, 1, 138—144, Taf. 5, 1 Abb. Wien 1962
- FLÜGEL, E.: Zur Paläontologie der obertriadischen Riff-Kalke in den Nordalpen. — Im Druck, 1963 (a)
- FLÜGEL, E.: Grundlagen der mikrofaziellen Analyse von Kalken. — N. Jb. Geol., Mh., 1963. Stuttgart 1963 (b)
- FLÜGEL, E.: Zur Geologie der Sauwand bei Gußwerk (Steiermark). — Mitt. naturw. Ver. Steiermark, im Druck, Graz 1963 (c)
- FLÜGEL, E.: Zur Mikrofazies der alpinen Trias. — Jb. geol. Bundesanstalt. 205—228, Taf. 1—3. Wien 1963 (e)
- FLÜGEL, E. & KIRCHMAYER, M.: Zur Terminologie der Ooide, Onkoide und Pseudooide. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1962, 3, 113—123, 2 Abb., 2 Tab. Stuttgart 1962
- FLÜGEL, E. & KIRCHMAYER, M.: Typlokalität und Mikrofazies des Gutensteiner Kalkes (Anis) der kalkalpinen Trias. — Mitt. naturw. Ver. Steiermark, 93 (im Druck). Graz 1963
- FLÜGEL, E. & RAMOVŠ, A.: Fossilinhalt und Mikrofazies des Dachsteinkalkes (Ober-Trias) im Begunjsica-Gebirge, S-Karawanken (NW-Slovenien, Jugoslawien). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1961, 6, 287—294. Stuttgart 1961
- FOLK, R. L.: Practical Petrographical Classification of Limestones. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 43, 1—38, 41 Abb. Tulsa 1959
- FORMAN, McLain J. & SCHLANGER, Seymour, O.: Tertiary Reef and Associate Limestone Facies from Louisiana and Guam. — J. Geol., 65, 611—627, 8 Taf., 5 Abb. Chicago 1957
- FRECH, F.: Die Korallen der Trias. I. Die Korallen der juvavischen Triasprovinz. — Palaeontographica, 37, 1—116, Taf. 1—21. Stuttgart 1890
- FRETTER, V.: Experiments with radioactive strontium (Sr⁹⁰) on certain molluscs and polychaetes. — J. Marine Biol. Ass., 32, 367—384. 1953
- FRITZ, G.: Schwammstotzen, Tuberolithe und Schuttbrekzien im Weißen Jura der Schwäbischen Alb. — Arb. Geol. Inst. TH Stuttgart, N. F., 13, 118 S., 24 Abb., 5 Taf. Stuttgart 1958
- FUCHS, Th.: Über Pteropoden- und Globigerinenschlamm in Lagunen von Koralleninseln. — Verh. geol. Reichsanst. Wien 1905
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. — Erdöl und Kohle, 12, 605—613, 7 Abb. Hamburg 1959
- GANSS, O., KÜMEL, F. & SPENGLER, E.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe. — Wiss. Alpenvereinshefte, 15, 82 S., 6 Taf., 3 Abb., 1 Karte. Innsbruck 1954
- GARDINER, J. S.: The fauna and geography of the Maldive and Laccadive Archipelagoes. — 423 S., 21 Taf., 109 Abb. Cambridge 1903
- GARDINER, J. S.: Coral reefs and atolls. — 181 S., Abb. London (McMillan) 1931
- GEKKER, R. F.: Vvedenie v paleoekologij. — 124 S., 20 Taf., 27 Abb. Moskau (Gosgeoltechizdat) 1957 (russ.)
- GEYER, G.: Über die Lagerungsverhältnisse der Hierlatz-Schichten in der südlichen Zone der Nordalpen vom Paß Pyhrn bis zum Achensee. — Jb. geol. Reichsanst., 36, 215—294, 14 Abb. Wien 1886

- GEYER, G.: Beiträge zur Geologie der Mürztaler Kalkalpen und des Wiener Schneeberges. — Jb. geol. Reichsanst., 39, 497—784, Taf. 13. Wien 1889
- GINSBURG, R. N.: Environmental Relationships of Grain Size and Constituent Particles in some South Florida carbonate sediments. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 40, 2384—2427, 10 Abb. Tulsa 1956
- GINSBURG, R. N. & LOWENSTAM, H. A.: The influence of marine bottom communities on the depositional environment of sediments. — J. Geol., 66, 310—318, Abb. 1—5, Taf. 1—2. Chicago 1958
- GLOVER, J. E.: Petrology and petrography of limestones from the Fitzroy Basin, Western Australia. — Comm. Australia Bur. Min. Res. Geol. Geophys., 18, 12 S., Abb. Sidney 1955
- GOLDBERG, E. D.: Elemental composition of some pelagic fishes. — Limn. Oceanography, Suppl. zu 7, 72—75, 3 Tab. Lawrence 1962
- GOLDMAN, M.: Proportions of Detrital Organic Calcareous Constituents and Their Chemical Alteration in a Reef Sand from the Bahamas. — Carnegie Inst. Publ., 344, Pap. Tortugas Labor., 23, 37—66. Washington 1926
- GOREAU, T.: Wachstum und Kalkanlagerung bei Rifffkorallen. — Endeavour, 20, 77, 32—39, 9 Abb. London 1961
- GRAF, D. L.: Geochemistry of Carbonate Sediments and Sedimentary Carbonate Rocks. Part III. Minor Elements Distribution. Part IV. Bibliography. — Div. Illinois State Geol. Surv., Circ. 301 and 309. 55 S. Urbana 1960
- GRAF, D. L. & GOLDSMITH, J. R.: Some hydrothermal synthesis of dolomite and protodolomite. — J. Geol., 64, 173—186. Chicago 1956
- GRASMÜCK-PFLUGER, M.: Mikrofazielle Beobachtungen an den Öhrlichichten (Berriasian) der Typuslokalität. — Eclogae geol. Helvetiae, 55, 2, 417—442, 10 Abb. Basel 1962
- GREEN, J.: Geochemical table of elements for 1953. — Bull. Geol. Soc. America, 64, 9, 1001—1012, 1 Tab. New York 1953
- GREEN, J.: Geochemical table of the elements for 1959. — Bull. Geol. Soc. America, 70, 9, 1127—1184, 1 Tab. New York 1959
- GRIPP, K.: Rezente und fossile Flachmeer-Absätze petrologisch betrachtet und gedeutet. — Geol. Rundschau, 47, 1, 83—99, 1 Abb., 1 Tab. Stuttgart 1958
- HADDING, A.: Origin of the lithographic limestones. — Kungl. fysiogr. Sällsk. I. Lund. Forhandl., 28, 4, 21—32. Lund 1958
- HADDING, A.: Silurian algal limestones of Gotland. — Kungl. fysiogr. Sällsk. I. Lund. Forhandl., 71 7, 1—25. Lund 1959
- HAGN, H.: Fazies und Mikrofauna der Gesteine der bayrischen Alpen. — Internat. Sed. Petrograph. Ser., 1, 174 S., 71 Taf., 8 Abb. Leiden (Brill) 1955
- HAHN, F. F.: Geologie der Kammerker-Sonntagshorngruppe. 1. Teil. — Jb. geol. Reichsanst., 60, 311—419, Taf. 16—17, 20 Abb. Wien 1910
- HAHN, F. F.: Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 6, 238—357, 374—501. Wien 1913
- HAM, W. E. (Herausgeber): Classification of Carbonate Rocks. A Symposium. — Mem. 1, Amer. Ass. Petrol. Geol. 279 S. Tulsa 1962
- HARRASSOWITZ, H.: Fossile Verwitterungsdecken. — S. 225—305, Abb. 19—32. In BLANCK, E.: Handbuch der Bodenlehre. IV. Aklimatische Bodenbildung und fossile Verwitterungsdecken. 334 S., 32 Abb. Berlin (Springer) 1930
- HAUER, F. v.: Über die Gliederung der Trias-, Lias- und Juragebilde in den nordöstlichen Alpen. — Jb. geol. Reichsanst., 4, 715—784. Wien 1853
- HAUG, E.: Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales. — Bull. Soc. géol. France, (4), 6, 359—422, 8 Abb., Taf. 10—11. Paris 1906; (4) 12, 105—142, 7 Abb., Taf. 1. Paris 1912
- HEDGPETH, J. W.: Concepts of Marine Ecology. — Mem. Geol. Soc. America, 67, 1, 29—52, 7 Abb. New York 1957
- HEIDE, F. & CHRIST, W.: Zur Geochemie des Strontiums und Barium. — Chemie der Erde, 16, 327—330, 2 Tab. Jena 1953
- HEINRICH, A.: Untersuchungen über die Mikrofauna des Hallstätter Kalkes. — Verh. geol. Reichsanst., 1913, 225—234. Wien 1913
- HENSON, F. R. S.: Cretaceous and Tertiary Reef Formations and Associated Sediments in Middle East. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 34, 215—238, 14 Abb., 1 Tab. Tulsa 1950

- HERITSCH, F.: Geologie der Steiermark. — 224 S., 5 Taf., 60 Abb., 1 geol. Karte 1 : 300.000. Graz (Naturw. Ver. Steiermark) 1921
- HIYAMA, Y.: Maximum Permissible Concentration of Sr⁹⁰ in Food and its Environments. — Rec. Oceanographic Works in Japan, N. S., 3, 1, 70—77. Tokio 1957
- HODGSON, W. A.: On the Origin of Calcite-Filled Cavities in the British Dinantian Limestones. — *Eclogae geol. Helvet.*, 51, 3, 649—656, 1 Abb. Basel 1959
- HOUBOLT, J. J. H. C.: Surface Sediments of the Persian Gulf near the Qatar Peninsula. — Diss. Univ. Leiden, 113 S., 34 Abb., 5 Beil. den Haag (Mouton & Co.) 1957
- HOUTZ, R. E. & WELLMAN, H. W.: Turbidity Current at Kadavu Passage, Fiji. — *Geol. Mag.*, 99, 1, 57—62, 1 Abb. London 1962
- HOWELL, J. V.: Glossary of Geology and Related Sciences. — 325 + 72 S. American Institute of Geology. Washington 1960
- HUCKRIEDE, R.: Trias, Jura und tiefe Kreide bei Kaisers in den Lechtaler Alpen (Tirol). — *Verh. geol. Bundesanst.*, 1959, 1, 44—92. Wien 1959
- HÜGL, Th.: Gesteinsbildend wichtige Karbonate und deren Nachweis mittels Färbemethoden. — *Schweiz. min. petrograph. Mitt.*, 25, 1, 114—140. Basel 1945
- ILLING, L. V.: Bahaman calcareous sands. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, 38, 1—95. Tulsa 1954
- IMREH, J.: Cölestin-Kristalle in Eozän-Versteinerungen. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1959, 513—517, 4 Abb. Stuttgart 1959
- INGERSON, E.: Problems of the geochemistry of sedimentary carbonate rocks. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, 26, 815—847. New York 1962
- INMAN, D. L.: Measures for Describing the Size Distribution of Sediments. — *J. Sed. Petrol.*, 22, 125—145. Tulsa 1952
- ISRAELJAN, A. D.: (Untersuchungen der Miozän-Oligozän-Ablagerungen der Sowjetrepublik Aserbajdschan unter Anwendung spektralchemischer Methoden). — *Trudy Aserbajd. nauchno-issled. Inst. po Dobytsche Nefti*, 4, 335—345. Baku 1956 (russ.)
- JOUDREY, L. H.: Studies on shell formation. III. Measurement of calcium deposition in shell and calcium turnover in mantle tissue using the mantle shell preparation and Ca⁴⁵. — *Biol. Bull.*, 104, 398—407. 1953
- JOHNSON, J. H.: Permian Lime-Secreting Algae from the Guadalupe Mountains, New Mexico. — *Bull. Geol. Soc. America*, 53, 195—226, 7 Taf., 5 Abb. New York 1942
- JOHNSON, J. H.: An introduction to the study of organic limestones. — *Quart. Colorado School Mines*, 46, 2, 185 S., 104 Taf. Golden 1951
- JOHNSON, J. H.: Geology of Saipan, Mariana Islands. Part 2. Petrology and Soils. — *Petrography of the Limestones*. — *Prof. Paper Geol. Surv.*, 280-C, 175—187, Taf. 31—35, 1 Tab. Washington 1957
- JUX, U.: Die Riffe Gotlands und ihre angrenzenden Sedimentationsräume. — *Acta Univ. Stockholmiensis, Stockholm Contr. Geol.*, 1, 4, 89 S., 6 Taf., 11 Abb. Stockholm 1957
- JUX, U.: Die devonischen Riffe im Rheinischen Schiefergebirge. — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 110, 2, 186—258, Taf. 9—27, 7 Abb., 110, 3, 259—392, Taf. 28—30, 18 Abb. Stuttgart 1960
- KATSCHENKOV, S. M.: (Die Verteilung der Spurenelemente in den Sedimentgesteinen). — *Trudy Vsesojuzn. neft. nauchno-issled. geol. Inst.*, 123, 73—91. 1958 (russ.)
- KATSCHENKOV, S. M. & FLEGONTOVA, E. I.: [Verteilung chemischer Elemente in den Sedimentgesteinen, Wässern und in Erdölaschen im Gebiet Grosnyji-Dagestan (Spektralanalytische Daten)]. — *Trudy Vsesojuzn. nauchno-issled. geol. Inst.*, 95, 481—496. 1956 (russ.)
- KITTL, E.: Geologie der Umgebung von Sarajevo. — *Jb. geol. Reichsanst.*, 53, Jg. 1903, 515—748, 47 Abb., Taf. 21—23. — Wien 1904
- KITTL, E.: Halorellenkalk vom Vorderen Gosausee. — *Ann. Naturhist. Hofmus.*, 30, 51—54, Taf. 3. Wien 1916

- KOCH, E.: „Sandfang“. Ein Hinweis auf die Lagerungsverhältnisse. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1959, 443—450, 7 Abb. Stuttgart 1959
- KOKEN, E.: Die Gastropoden der Trias um Hallstatt. — Abh. geol. Reichsanst., 17, 4, 1—112, 25 Taf. Wien 1897
- KONISHI, K.: Studies of Paleozoic Codiaceae and Allied Algae. Part I. Codiaceae (excluding Systematic Descriptions). — Sci. Rept. Kanazawa Univ., 7, 2, 159—261, 39 Abb., 15 Tab. Sengokumachi 1961
- KORNICKER, L. S. & BOYD, D. W.: Shallow-Water Geology and environments of Alacran Reef Complex, Campeche Bank, Mexico. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 46, 5, 640—673, 4 Taf., 34 Abb. Tulsa 1962
- KORNICKER, L. S. & PURDY, E. G.: A Bahamian Faecal-Pellet Sediment. — J. Sed. Petrol., 27, 2, 126—128, 1 Abb. Tulsa 1957
- KOSTER, G. R. de: Petrology of Carbonate Rocks in the Goose Egg Formation, Eastern Big Horn Basin, Wyoming. Geol. Soc. Amer., Spec. Paper, 68, Abstract for 1961, 86—87. Washington 1962
- KRINSLEY, D.: Magnesium, strontium, and aragonite in the shells of certain littoral gastropods. — J. Paleont., 34, 744—755. Tulsa 1960
- KRINSLEY, D. & BIER, R.: Changes in the chemical composition of pteropod shells after deposition on the sea floor. — J. Paleont., 33, 682—684, 2 Tab. Tulsa 1959
- KRISTAN, E.: Ophtalmidiidae und Tetrataxinae (Foraminifera) aus dem Rhät der Hohen Wand in Niederösterreich. — Jb. geol. Bundesanst., 100, 269—298, 6 Taf., 4 Abb. Wien 1957
- KRISTAN, E.: Geologie der Hohen Wand und des Miesenbachtals (Niederösterreich). — Jb. geol. Bundesanst., 101, 2, 249—291, Taf. 22—23, 3 Abb. Wien 1958
- KRISTAN-TOLLMANN, E.: Stratigraphisch wertvolle Foraminiferen aus Obertrias- und Liaskalken der voralpinen Fazies bei Wien. — Erdoel-Z., 1962, 4, 228—233, 2 Taf. Wien 1962
- KRISTAN-TOLLMANN, E. & TOLLMANN, A.: Die Mürzalpendecke — eine neue hochalpine Großeinheit der östlichen Kalkalpen. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., (I), 171, 1/2, 9—39, 1 Abb. Wien 1962
- KRÜGER, P.: Geochemische Untersuchungen an Sedimenten des Oberen Zechsteins im Geraer Becken. — Geologie, 8, 906—907. Berlin 1959
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L.: Stratigraphy and sedimentation. — 497 S., 122 Abb. San Francisco (Freeman & Co.) 1955
- KRYNINE, P. D.: The megascopic study and field classification of sedimentary rocks. — J. Geol., 56, 130—165. Chicago 1948
- KÜBLER, B.: Étude pétrographique de l'Oehningien (Tortonien) du Locle (Suisse occidentale). — Beitr. Min. Petrographie, 8, 267—314, 15 Abb. Heidelberg 1962
- KÜHN, O.: Zur Kenntnis des Rhät von Vorarlberg. — Mitt. alpenländ. geol. Ver. Wien, 33, 111—157, 2 Taf., 6 Abb. Wien 1942
- KÜHN, O. (Herausgeber): Austriche. — Lexique Strat. International, 1, Europe, Fasc. 8, 646 S. Paris (Centre National Recherche Sci.) 1962
- KUENEN, Ph. H.: Marine Geology. — 568 S., 246 Abb., Beil.-Taf. A, B. New York-London (Wiley & Sons — Chapman & Hall) 1950
- KUENEN, Ph. H.: Problems of epicontinental sedimentation. — In SEARS, M.: Oceanography, 475—495, Publ. 67, Amer. Ass. Adv. Sci., Washington 1961
- KULP, J. L., TUREKIAN, K. & BOYD, D. W.: Strontium content of limestones and fossils. — Bull. Geol. Soc. Amer., 63, 701—716, 4 Abb. New York 1952
- LADD, H. S., TRACEY, J., Jr., WELLS, J. W. & EMERY, K. O.: Organic Growth and Sedimentation on an Atoll. — J. Geol., 58, 4, 410—425, 2 Abb., Taf. 1—7. Chicago 1950
- LAUBENFELS, M. W. de: The ecology of Porifera, and possibilities of deductions as to the paleoecology of sponges from their fossils. — Nation. Res. Council Rept., Comm. Paleoecology, 1935/36, 44—54. 1936
- LAUBENFELS, M. W. de: Porifera. — Treatise on Invertebrate Paleontology, part E, 21—112, Abb. 14—89. Lawrence (Kansas Press) 1955
- LAUBENFELS, M. W. de: Marine Sponges. Annotated bibliography. — Mem. Geol. Soc. America, 67, 1, 1083—1086. New York 1957

- LECOMPTE, M.: Les récifs paléozoïques en Belgique. — Geol. Rundschau, 47, 1, 384—401, 7 Abb. Stuttgart 1958
- LEIGHTON, M. W. & PENDEXTER, C.: Carbonate Rock Types. — Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1, 33—61, 9 Taf., 3 Abb. Tulsa 1962
- LEISCHNER, W.: Zur Mikrofazies kalkalpiner Gesteine. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., (I), math.-naturwiss. Kl., 168, 839—882, 17 Abb., Taf. 1—3. Wien 1959
- LEISCHNER, W.: Zur Kenntnis der Mikrofauna und -flora der Salzburger Kalkalpen. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 112, 1, 1—47, Taf. 1—14. Stuttgart 1961
- LEMOINE, M. & RAOULT, J.-F.: Algues calcaires dans l'Infralias et le Lias inférieur et moyen du chaînon du Haouz (Rif septentrional, Maroc). — C. R. somm. Soc. géol. France, 1962, 214—215, 1 Abb. Paris 1962
- LEONARDI, P.: Triassic Coralligenous Reefs in the Dolomites. — Ann. Univ. Ferrara, N. S., (IX), Sci. Geol. Min., 3, 8, 127—155, 3 Taf. 20 Abb. Ferrara 1961
- LEUCHS, K.: Neue Probleme der Alpengeologie. — Senckenbergiana, 7, 129—138. — Frankfurt/M. 1925 (a)
- LEUCHS, K.: Lithogenetische Untersuchungen in den Kalkalpen. — Centralbl. Min. etc., B, 1925, 213—223. Stuttgart 1925 (b)
- LEUCHS, K.: Beiträge zur Lithogenese kalkalpiner Sedimente. I. Teil: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias. — N. Jb. Min. etc., B, 59, 357—408, Taf. 23—35. Stuttgart 1928
- LEUCHS, K.: Anisich-ladinische Grenze und ladinische Hallstätter Kalke in den Nordalpen. — Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., 156, 445—459. Wien 1947
- LEUCHS, K. & UDLUFT, K.: Entstehung und Bedeutung roter Kalke der Berchtesgadener Alpen. — Senckenbergiana, 8. — Frankfurt/Main 1926
- LEVORSEN, A. I.: Geology of Petroleum. — 703 S., Abb. San Francisco (Freeman & Co.) 1956
- LOWENSTAM, H. A.: Niagaran Reefs of the Great Lakes Area. — J. Geol., 53, 430—487, 5 Taf., 11 Abb. Chicago 1950
- LOWENSTAM, H. A.: Status of invertebrate paleontology, 1953. XI. Systematic, paleontology, and evolutionary aspects of skeletal building materials. — Mus. Comp. Zool. Bull., Harvard Univ., 112, 287—317. 1954 (a)
- LOWENSTAM, H. A.: Factors Affecting the Aragonite-Calcite Ratios in Carbonate-Secreting Marine Organisms. — J. Geol., 62, 284—322, 15 Abb. Chicago 1954 (b)
- LOWENSTAM, H. A.: Environmental relations of modification compositions of certain carbonate secreting marine invertebrates. — Proc. Nation. Acad. Sci., 40, 39—48. Washington 1954 (c)
- LOWENSTAM, H. A.: Mineralogy, O^{18}/O^{16} ratios, and strontium and magnesium contents of recent and fossil brachiopods and their bearing on the history of sea water. — J. Geol., 69, 241—260, 6 Abb., 3 Tab. Chicago 1961
- LOWENSTAM, H. A.: Isotopes and Trace Elements in Paleocology. — Geol. Soc. Amer., Spec. Paper, 68, Abstracts for 1961, 220. Washington 1962
- LUDWICK, J. C. & WALTON, W. R.: Shelf-Edge, Calcareous Prominences in Northeastern Gulf of Mexico. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 41, 9, 2054—2101, 19 Abb. Tulsa 1957
- MAJZON, L.: Contributions to the stratigraphy of the Dachstein Limestone. — Acta Geologica, 2, 3/4, 243—248, Taf. 1—3. Budapest 1954
- MASLOV, V. P.: (Copolites, tracks of boring organisms and their importance for a lithologist). — Izvestia Akad. nauk SSSR, Ser. geol., 1960, 10, 81—86, 1 Taf., 2 Abb. Moskau 1960 (a) (russ.)
- MASLOV, V. P.: Stromatolitij. — Akad. nauk SSSR, Trudy geol. Inst., 41, 188 S., 39 Taf., 52 Abb. Moskau 1960 (b) (russ.)
- MAXWELL, W. G. H.: Lithification of Carbonate Sediments in the Heron Island Reef, Great Barrier Reef. — J. Geol. Soc. Australia, 8, 2, 217—238, 7 Taf., 1 Abb. Adelaide 1962
- MAYER, F. K.: Über die Modifikation des Kalziumkarbonates in Schalen und Skeletten rezenter und fossiler Organismen. — Chemie der Erde, 7, 346—350, 4 Abb. Jena 1932

- MAYER, F. K. & WEINECK, E.: Die Verbreitung des Kalziumkarbonates im Tierreich unter besonderer Berücksichtigung der Wirbellosen. — *Jenaische Z. Naturwiss.*, **66**, N. F. 59, 199—222, Taf. 13—14, 1 Abb. Jena 1932
- McKEE, E. D.: Primary structures in some recent sediments. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **41**, 8, 1704—1747, 8 Taf., 28 Abb. Tulsa 1957
- McNEIL, F. S.: Organic Reefs and Banks and Associated Detrital Sediments. — *Amer. J. Sci.*, **252**, 385—401. Washington 1954
- MEDWENITSCH, W.: Zur Geologie der Hallstätter Zone II. (Mürztaler Kalkalpen). — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **50**, 356—359. Wien 1957
- MEDWENITSCH, W.: Die Geologie der Salzlagerstätten Bad Ischl und Alt-Aussee (Salzkammergut). — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **50**, Jg. 1957, 133—200, 4 Taf. Wien 1958
- MICROFACIES ITALIANE. — 35 S., 145 Taf. Herausgegeben von Agip Mineraria. Mailand 1959
- MOJSISOVICS, E. v.: Faunengebiete und Faziesgebilde der Trias-Periode in den Ostalpen. — *Jb. Geol. Reichsanst.*, **24**, 81—134. Wien 1874
- MOJSISOVICS, E. v.: Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Beitrag zur Bildungsgeschichte der Alpen. — 552 S., 30 Taf., 110 Abb., 1 geol. Karte. Wien (Hölder) 1879
- MOJSISOVICS, E. v.: Über den chronologischen Umfang des Dachsteinkalkes. — *Sitzungsber. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, **105**, 5—40. Wien 1896
- MOJSISOVICS, E. v.: Erläuterungen zur geologischen Karte der österreichisch-ungarischen Monarchie, Blatt Ischl-Hallstatt. — Wien 1905
- MOORE, H. B.: Faecal pellets in relation to marine deposits. — In TRASK, P. D.: Recent marine sediments, 516—524, 1 Abb. Tulsa (Soc. Econ. Paleont. Min.) 1939
- MOORE, H. B.: Marine Ecology. — 493 S., 12 Abb. New York (Wiley & Sons) 1958
- MOORE, W. E.: Ecology of Recent Foraminifera in Northern Florida Keys. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **41**, 727—741. Tulsa 1957
- MORET, L.: Role probable des Holothuries dans la genèse de certains sédiments calcaires. — *C. R. somm. Soc. Géol. France*, **5**, **10**, 11—12. Paris 1940
- MÜLLER, A. H.: Stratonomische Untersuchungen im oberen Muschelkalk des Thüringer Beckens. — *Geologica*, **4**, **74** S., 11 Taf., 10 Abb. Berlin 1950
- NELSON, H. F., BROWN, Ch. W. & BRINEMAN, J. H.: Skeletal Limestone Classification. — *Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **1**, 224—252, 1 Taf., 4 Abb. Tulsa 1962
- NESTLER, H.: Spongien aus der weißen Schreibkreide (Unt. Maastricht) der Insel Rügen (Ostsee). — *Paläont. Abh.*, **1**, **1**, 1—70, Taf. 1—12, 6 Abb. Berlin 1961
- NEWELL, N. D.: Depositional fabric in Permian reef limestones. — *J. Geol.*, **63**, 301—309, 2 Taf. Chicago 1955
- NEWELL, N. D., RIGBY, J. K., FISCHER, A. G., WHITEMAN, A. J., HICKOX, J. E. & BRADLEY, J. S.: The Permian Reef Complex of the Guadalupe Mountains Region, Texas and New Mexico. — 236 S., 32 Taf. San Francisco (Freeman & Co.) 1953
- NOLL, W. v.: Geochemie des Strontium. — *Chemie der Erde*, **8**, 507—600. Jena 1934
- NOWAK, J.: Über den Bau der Kalkalpen in Salzburg und im Salzkammergut. — *Bull. Acad. Sci. Cracovie. Krakau* 1911
- ODUM, H. T.: Notes on the strontium content of sea water, celestite radiolaria and strontianite snail shells. — *Science*, **114**, 211—213. Washington 1951 (a)
- ODUM, H. T.: The stability of the world strontium cycle. — *Science*, **114**, 407—411. Washington 1951 (b)
- ODUM, H. T.: Biochemical deposition of strontium. — *Inst. Marine Sci.*, **4**, 39—114, Texas Univ. 1957
- OHLEN, H. R.: The Steinplatte Reef Complex of the Alpine Triassic (Rhaetian) of Austria. — *Unveröff. Diss. Univ. Princeton*, 123 S., 20 Taf., Beilagen. Princeton 1959
- OSMOND, J. C.: Mottled carbonate rocks in the Middle Devonian of eastern Nevada. — *J. Sed. Petrol.*, **26**, 32—41, 7 Abb. Tulsa 1956

- OSSWALD, K.: Das Risserkogelgebiet. Geologie der Berge südlich Tegernsee. — Geognost. Jh., **37**, Jg. 1924, 110—166. München 1925
- PAPIU-CORVIN, V. & KIZYK, A.: (Sur la lithologie des calcaires récifaux de Baile Herculane). — Acad. RPR Stud. Cerc. geol., **3**, 1—2, 121—141, 2 Abb. Bukarest 1958 (rumän. mit französ. Zusammenf.)
- PETERSON, M. N. A.: The Mineralogy and Petrology of Upper Mississippian Carbonate Rocks of the Cumberland Plateau in Tennessee. — J. Geol., **70**, 1, 1—31, 2 Taf., 14 Abb. Chicago 1962
- PETTIJOHN, F. J.: Sedimentary rocks. — 718 S., 173 Abb., 40 Taf. New York (Harper & Brothers) 1957
- PEYRE, Y.: Étude sur les organismes du Jurassique présentant en section taillée l'aspect de filaments. — Rev. Micropaleont., **2**, 2, 80—87, 2 Taf., 2 Abb. Paris 1959
- PHLEGER, F. B.: Ecology and Distribution of Recent Foraminifera. — 297 S., 11 Taf., 83 Abb. Baltimore (J. Hopkins Press) 1960
- PIA, J. v.: Einige allgemeine an die Algen des Paläozoikums anknüpfende Fragen. — Paläont. Z., **13**, 1—30. — Stuttgart 1931
- PIA, J. v.: Algen als Leitfossilien. — Problems Paleont., **1**, 11—31. Moskau 1936
- PIA, J. v.: Die wichtigsten Kalkalgen des Jungpaläozoikums und ihre geologische Bedeutung. — 2e congr. études strat. carbon., 1935, C. R., **2**, 765—856, 13 Taf., 2 Abb. Heerlen 1937
- PIA, J. v.: Übersicht über die fossilen Kalkalgen und die geologischen Ergebnisse ihrer Untersuchung. — Mitt. alpenländ. geol. Ver., **33**, 11—34, 5 Tab. Wien 1942
- PILKEY, O. H. & GOODELL, H. G.: Evaluation of the Use of Strontium as a Paleocological Tool. — Geol. Soc. Amer., Spec. Paper, **68**, Abstracts for 1961, 78—79. Washington 1962
- PILKEY, O. H. & HOWER, J.: The effect of environment on the concentration of skeletal magnesium and strontium in *Dendroaster*. — J. Geol., **68**, 2, 203—216, 5 Abb. Chicago 1960
- PLUMLEY, W. J., RISLEY, G. A., GRAVES, R. W., Jr. & KALEY, M. E.: Energy Index for Limestone Interpretation and Classification. — Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol., **1**, 85—107, 5 Taf., 5 Abb. Tulsa 1962
- PURTSCHELLER, F.: Sedimentpetrographische Untersuchungen am Hauptdolomit der Brentagruppe. — Tschermaks min. petrograph. Mitt., **8**, 2, 167—217, 13 Abb., 5 Diagramme. Wien 1962
- REVELLE, R. & FAIRBRIDGE, R.: Carbonates and Carbon Dioxide. — Mem. Geol. Soc. Amer., **67**, 1, 239—296, 8 Abb. New York 1957
- REY, M.: L'emploi des photo-logs de microfacies dans les séries indurées sédimentaires traversées par les sondages. — Rev. inst. franc. du Petrol. et Ann. Combustibles liquides, **9**, 2. Paris 1954
- RICE, T. R.: The accumulation and exchange of strontium by marine planctonic algae. — Limn. Oceanography, **1**, 123—138. Lawrence 1956
- RICHTER, R.: Die Einkippungsregel. — Senckenbergiana, **19**, 181— , 404— , Abb. Frankfurt/Main 1942
- ROCK-COLOR-CHART. — Herausgegeben von Geol. Soc. America, New York 1951
- ROSENBERG, G.: 50 Jahre nach Mojsisovics. — Mitt. Geol. Ges. Wien, **50**, Jg. 1957, 293—314. Wien 1958
- ROSENBERG, G.: Die Dolomitenriff-Arbeiten D. ROSSI's (Ferrara) über den Latemar, den Rosengarten und den Langkofel. — Verh. geol. Bundesanst., **1962**, 2, 392—397. Wien 1962
- ROSSI, D.: La scogliera del Catinaccio. — Studi Trentini Sci. Natur., **36**, 3, 10—48, 21 Abb. Trient 1959 (b)
- ROSSI, D.: La scogliera del Sassolungo (con alcune considerazioni sul Trias delle Dolomite Occidentali). — Studi Trentini Sci. Natur., (A), **36**, 1, 133—157, 4 Abb., 12 Taf. Trient 1959 (a)
- RUCHIN, L. B.: Grundzüge der Lithologie. — 806 S., 304 Abb. Berlin (Akademie-Verlag) 1958
- RUCKER, J. & VALENTINE, J. W.: Paleosalinity Prediction Using Trace-Element Concentration on Oyster Shells. — Geol. Soc. Amer., Spec. Paper, **68**, Abstracts for 1961, 257—258. Washington 1962

- RUTTEN, M. G.: Detailuntersuchungen an gotländischen Riffen. — Geol. Rundschau, **47**, 359—384, 26 Abb. Stuttgart 1958
- RYBAKOV, F. F.: (Styrolith-Bildungen des Wolga-Gebietes). — Izvest. Akad. nauk SSSR, Geol. Ser., **4**, 108—111. Moskau 1959 (russ.)
- SAID, R.: Preliminary note on the spectroscopic distribution of elements in the shells of some recent calcareous foraminifera. — Contr. Cushman Found. Foram. Res., **2**, 11—13, 1 Taf. 1951
- SANDER, B.: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (Rhythmische Kalke und Dolomite aus Tirol). I. Nordalpine Beispiele. — Tschermarks Min. Petrograph. Mitt., **48**, 1—139, 36 Abb., 6 Diagr., 7 Tab. Leipzig 1936
- SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. II. Korngefüge. — 409 S., 8 Taf., 153 Abb., 166 Diagr. Wien-Innsbruck (Springer) 1951
- SCHARRER, K.: Biochemie der Spurenelemente. — 3. Auflage, 404 S., 8 Taf. Berlin-Hamburg (Parey) 1955
- SCHEER, G.: Contribution to a German Reef-Terminology. — Atoll Res. Bull., **69**, 1—4. Washington 1959
- SCHEER, G.: Der Lebensraum der Riffkorallen. — Ber. Naturwiss. Ver. Darmstadt, 1959/60, 29—44, 17 Abb. Darmstadt 1960
- SCHMIDT, W. J.: Die Unterscheidung der Röhren von Scaphopoda, Vermitidae und Serpulidae mittels mikroskopischer Methoden. — Mikroskopie, **6**, 11/12, 373—381, 14 Abb. Wien 1951
- SCHNITZER, W. A.: Eine anwendbare Methode quantitativer Dolomitbestimmung in Weißjura-Kalken mittels Tüpfelreaktion. — Geol. Bl. NO-Bayern, **8**, 53—112. Erlangen 1958
- SCHWARZACHER, W.: Sedimentpetrographische Untersuchungen kalkalpiner Gesteine. Hallstätter Kalk von Hallstatt und Ischl. — Jb. geol. Bundesanst., Jg. 1946, **91**, 1—48, 15 Abb. Wien 1948
- SCHWARZACHER, W.: Über die sedimentäre Rhythmik des Dachsteinkalkes von Lofer. — Verh. geol. Bundesanst., 1947, 175—188, 3 Abb. Wien 1947
- SCHWARZACHER, W.: Petrology and Structure of some Lower Carboniferous Reefs in Northwestern Ireland. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., **45**, 9, 1481—1503, 17 Abb. Tulsa 1961
- SCHWARZBACH, M.: Das Klima der Vorzeit. — 2. Auflage, 275 S., 134 Abb. Stuttgart (Enke) 1961
- SHEPARD, F. P.: Submarine geology. — 348 S., 106 Abb. New York (Harper & Brothers) 1948
- SICKENBERG, O.: Ein rhätisches Korallenriff aus der Osterhorngruppe. — Verh. zool.-botan. Ges. Wien, **82**, 35—40. Wien 1932
- SIEBER, R.: Über den Erhaltungszustand und das Vorkommen einer unterkarnischen Cephalopodenfauna am Feuerkogel bei Aussee. — Verh. Zool.-Botan. Ges. Wien, **83**, 55—60. Wien 1933
- SIEBER, R.: Neue Untersuchungen über die Stratigraphie und Ökologie der alpinen Triasfaunen. I. Die Fauna der nordalpinen Rhättriffkalke. — N. Jb. Min. etc., B, **78**, 123—188, Taf. 2—5, 5 Abb. Stuttgart 1937
- SIEGEL, F. R.: The effect of strontium on the aragonite-calcite ratios of Pleistocene corals. — J. Sed. Petrol., **30**, 297—304, 1 Taf., 2 Abb. Tulsa 1960
- SIEGEL, F. R.: Variations of Sr/Ca ratios and Mg contents in Recent carbonate sediments of the northern Florida Keys area. — J. Sed. Petrol., **31**, 3, Tulsa 1961 (a)
- SIEGEL, F. R.: Factors influencing the precipitation of dolomitic carbonates. — Bull. State Geol. Surv. Kansas, **152**, 5, 127—158, 9 Abb. Lawrence 1961 (b)
- SLOSS, L. L.: Palaeontologic and lithologic associations. — J. Paleont., **32**, 4, 715—729, 9 Abb. Tulsa 1958
- SPENGLER, E.: Beiträge zur Geologie der Hochschwabgruppe und der Lassingalpen. II. — Jb. geol. Bundesanst., **75**, 273—300. Wien 1925
- SPENGLER, E.: Das Sonnentgebirge im Unterinntal. Von F. WÄHNER. Teil 2. — 200 S., 28 Taf., 10 Abb., 1 Karte. Leipzig-Wien (Deuticke) 1935
- SPENGLER, E.: Bemerkungen zu der Arbeit F. Trauths: „Über die tektonische Gliederung der östlichen Nordalpen“. — Verh. Zweigstelle Wien, Reichsstelle f. Bodenforsch. Wien 1939

- SPENGLER, E.: Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen. II. Teil: Der Mittelabschnitt der Kalkalpen. — Jb. geol. Bundesanst., 99, 1, 1—74, Taf. 1, 5 Abb. Wien 1956
- SPENGLER, E.: Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen. III. Teil: Der Ostabschnitt der Kalkalpen. — Jb. geol. Bundesanst., 102, 2, 193—213, Taf. 4, 5 Abb. Wien 1959
- SPOONER, G. M.: Observations on the absorption of radioactive strontium and yttrium by marine algae. — J. Marine Biol. Ass., 28, 587—625. 1949
- STEHLI, F. G. & HOWER, J.: Mineralogy and early diagenesis of carbonate sediments. — J. Sed. Petrol., 31, 3, 358—371, 11 Abb. Tulsa 1961
- STEINMETZ, H.: Über zwei Cölestinvorkommen vom nördlichen Alpenrand. — Heidelberger Beitr. Min. Petr., 1, 4, 398—402. 1 Abb. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1948
- STERNBERG, E. T., FISCHER, A. G. & HOLLAND, H. D.: Strontium Contents of Calcites from the Steinplatte Reef Complex, Austria. — Bull. Geol. Soc. America, 70, 12/2, 1681 (Abstract). New York 1959
- STRUVE, W.: Das Eifeler Korallen-Meer. — Aufschluß, Sonderheft 10, 81—107, 12 Abb. Heidelberg 1961
- STUBBLEFIELD, C. J.: Sessile marine organisms and their significance in pre-Mesozoic strata. — Quart. J. Geol. Soc. London, 116, 2, 219—238. London 1960
- SUESS, E.: Das Dachsteingebirge vom Hallstätter Salzberg bis Schladming im Ennstal. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 25, 300—313. Wien 1857
- SUJKOWSKI, Z.: Diagenesis. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 42, 11, 2692—2717. Tulsa 1958
- TAKAHASHI, J. & YAGI, T.: Peculiar Mud-Grains and Their Relation to the Origin of Glauconite. — Econ. Geol., 24, 8, 838—852. New Haven 1929
- TEICHERT, C.: Cold- and Deep-Water Coral Banks. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 42, 5, 1064—1082, 3 Abb. Tulsa 1958
- THOMPSON, T. G. & CHOW, T. J.: The strontium-calcium atomic ratio in carbonate-secreting marine organisms. — Pap. Marine Biol. Oceanograph., Suppl. zu 3, 20—39. 1956
- TODD, R.: Foraminifera from Onotoa Atoll, Gilbert Islands. — U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 354 — H, 170—191, Taf. 22—25, Abb. 40—41. Washington 1961
- TOLLMANN, A.: Die Hallstätter Zone des östlichen Salzkammergutes und ihr Rahmen. — Jb. geol. Bundesanst., 103, 37—131, Taf. 2—5, 4 Abb. Wien 1960
- TOLLMANN, A.: Deckenbau und Fazies im Salzkammergut. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 2/3, 495—500. Hannover 1962
- TONNDORF, H.: Geochemische Untersuchungen an Keupersedimenten der Thüringer Mulde. — Geologie, 8, 907—909, 1 Tab. Berlin 1959
- TRASK, P. D.: Origin and Environment of Source Sediments of Petroleum. — Houston 1932
- TRAUTH, F.: Über die tektonische Gliederung der östlichen Nordalpen. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 29, Jg. 1936, 473—573. Wien 1937
- TRUEMAN, E. R.: The structure and deposition of the shell of *Tellina tenuis*. — J. Roy. Microscop. Soc., 62, 69. London 1952
- TUREKIAN, K. K.: Paleocological significance of the strontium-calcium ratio in fossils and sediments. — Bull. Geol. Soc. Amer., 66, 155—158, 2 Abb. New York 1955
- TUREKIAN, K. K.: The Significance of Variations in the Strontium Content of Deep Sea Cores. — Limn. Oceanography, 2, 309—314, 2 Abb., 3 Tab. Lawrence 1957
- TUREKIAN, K. K. & ARMSTRONG, R. L.: Magnesium, strontium, and barium concentrations and calcite-aragonite ratios of some recent molluscan shells. — J. Marine Res., 18, 133—151, 4 Abb., 5 Tab. New Haven 1960
- TUREKIAN, K. K. & ARMSTRONG, R. L.: Chemical and Mineralogical Composition of Fossil Molluscan Shells from the Fox Hills Formation, South Dakota. — Bull. Geol. Soc. Amer., 72, 1817—1828, 2 Abb., 7 Tab. New York 1961
- TUREKIAN, K. K. & KULP, J. L.: The geochemistry of strontium. — Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 245—296. London 1956

- TUREKIAN, K. K. & WEDEPOHL, K. H.: Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. — Bull. Geol. Soc. Amer., **72**, 2, 175—192, 1 Tab. New York 1961
- TWENHOFEL, W. H.: Principles of sedimentation. — 673 S., 81 Abb. New York -Toronto-London (McGraw Hill) 1950
- TWENHOFEL, W. H. & TYLER, S. A.: Methods of study of sediments. — 183 S., 17 Abb., 24 Tab. New York-London (McGraw Hill) 1941
- VALENTINE, J. W. & MEADE, R.: Californian Pleistocene paleotemperatures. — Univ. Calif. Publ. Geol. Sci., **40**, 1, 1—46, 4 Abb. Berkeley-Los Angeles 1961
- VAUGHAN, T. W. & WELLS, J. W.: Revision of the Suborders, Families and Genera of the Scleractinia. — Spec. Paper, Geol. Soc. Amer., **44**, 363 S., 51 Taf. Baltimore 1943
- VÉGH-NEUBRANDT, E.: Petrologische Untersuchungen der Obertrias-Bildungen des Gerecsegebirges in Ungarn. — Geol. Hungarica, Ser. Geol., **12**, 132 S., 48 Abb., 11 Taf. Budapest 1960
- VINOGRADOV, A. P., RONOVI, B. & RATYNSKII, V. M.: (Variation of the chemical composition of carbonate rocks of the Russian Platform). — Izvest. Akad. nauk SSSR, Geol. Ser., **1**, 33—50. Moskau 1952 (russ.; Zusammenfassung: Geochim. Cosmochim. Acta, **12**, 273—276, 1 Abb. London 1957)
- VORTISCH, W.: Oberrhätischer Riffkalk und Lias in den nordöstlichen Alpen. Teil 1. — Jb. geol. Bundesanst., **76**, 1—64, 1 Taf., 4 Abb. Wien 1926
- VORTISCH, W.: Oberrhätischer Riffkalk und Lias in den nordöstlichen Alpen. Teil 2. — Jb. geol. Bundesanst., **77**, 1/2, 93—122, 7 Abb. Wien 1927
- VORTISCH, W.: Über Riffkalke. — Z. deutsch. geol. Ges., **103**, 109—110. Berlin 1951
- WÄHNER, F.: Das Sonnwendgebirge im Unterinntal, ein Typus eines alpinen Gebirgsbaues. Band 1. — 356 S., 19 Taf., 96 Abb., 1 Karte. Leipzig-Wien (Deuticke) 1903
- WALPOLE, R. & CAROZZI, A. V.: Microfacies Study of Rundle Group (Mississippian) of Front Ranges, Central Alberta, Canada. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., **45**, 11, 1810—1846, 1 Taf., 25 Abb. Tulsa 1961
- WALTHER, J.: Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfs von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalke. — Z. deutsch. geol. Ges., **37**, 2, 229—357 Berlin 1885
- WALTHER, J.: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. 3 Bände. 1052 S. Jena (Fischer) 1893/94
- WALTHER, J.: Die Sedimente der Taubenbank im Golf von Neapel. — Abh. preuß. Akad. Wiss., **49** S., 2 Karten. Berlin 1910
- WARNE, J.: A quick field or laboratory staining scheme for the differentiation of the major carbonate minerals. — J. Sed. Petrol., **32**, 1, 29—38, 3 Abb., 2 Taf. Tulsa 1962
- WEGEHAUPT, H.: Zur Petrographie und Geochemie des höheren Westfal D von Westerholt. — Fortschr. Geol. Rheinland Westfalen, **3**, 2, 445—496, 11 Abb., 20 Tab., 6 Taf. Krefeld 1962
- WELLS, J. W.: Corals. — Mem. Geol. Soc. Amer., **67**, 1, 1087—1104, 1 Abb. New York 1957
- WERTH, E.: Die eustatischen Bewegungen des Meeresspiegels während der Eiszeit und die Bildung der Korallenriffe. — Akad. Wiss. Lit., Abh. math.-naturwiss. Kl., Jg. 1952, **8**, 618 S., 102 Abb. Mainz 1953
- WEYNSCHENK, R.: Beiträge zur Geologie und Petrographie des Sonnwendgebirges (Tirol) besonders der Hornsteinbreccien. — Schlern-Schriften, **59**, 66 S., Taf. 1—15, 7 Abb., 3 Beilagen. Innsbruck 1949
- WEYNSCHENK, R.: Two new Foraminifera from the Dogger and Upper Triassic of the Sonnwend Mountains of Tyrol. — J. Paleont., **25**, 6, 793—795, Taf. 112, 3 Abb. Menasha 1951
- WICHER, C. A.: Involutina, Trocholina und Vidalina — Fossilien des Riffbereiches. — Geol. Jb., **66**, 257—284, 4 Abb. Hannover 1952
- WILLIAMS, M. (Herausgeber): Symposium on the Geochemistry of Sedimentary Carbonate Rocks. — Geochim. Cosmochim. Acta **26**, 811—909. New York 1962

- WOLF, K. H.: Simplified limestone classification. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., **44**, 8, 1414—1416. Tulsa 1960 (a)
- WOLF, K. H.: Comments on smallscale cross-lamination in limestones. — J. Sed. Petrol., **30**, 497—498. Tulsa 1960 (b)
- WOLF, K. H.: An introduction to the classification of limestones. — N. Jb. Geol. Paläont., **1961**, Mh., 5, 236—250, 2 Tab. Stuttgart 1961
- WOOD, A.: „Algal dust“ and the finer-grained varieties of carboniferous limestone. — Geol. Mag., **78**, 3, 192—200, Taf. 2. London 1941
- YOUNG, R. S.: Note on a microstyolite in oolitic limestone. — J. Geol., **61**, 471—472, 1 Taf. Chicago 1953
- YOUNG, K. & RUSH, R. W.: Shape and Deposition of Small Pennsylvanian Bioherm, Mc Culloch County, Texas. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., **40**, 1988—1994, 4 Abb. Tulsa 1956
- ZANKL, H.: Die Geologie der Torrener-Joch-Zone in den Berchtesgadener Alpen. — Z. deutsch, geol. Ges., **113**, 2/3, 446—462, 7 Abb. Hannover 1962
- ZAPFE, H.: Die Erhaltungsmöglichkeit des Aragonit im Fossilisationsprozeß, untersucht mit Hilfe des Reagens von Feigl und Leitmeier. — Anz. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., **1936**, 11. Wien 1936
- ZAPFE, H.: Dachsteinkalk und „Dachsteinmuscheln“. — Natur und Volk, **87**, 87—94, 7 Abb. Frankfurt/Main 1957
- ZAPFE, H.: Faziesfragen des nordalpinen Mesozoikums. — Verh. geol. Bundesanst., **1959**, 122—128. Wien 1959
- ZAPFE, H.: Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberösterreich). I. Beobachtungen über das Verhältnis der Zlambach-Schichten zu den Riffkalken im Bereich des Großen Donnerkogels. — Verh. geol. Bundesanst., **1960**, 236—241. Wien 1960
- ZAPFE, H.: Beiträge zur Paläontologie der nordalpinen Riffe. Ein Massenvorkommen von Gastropoden im Dachsteinkalk des Tennengebirges, Salzburg. — Ann. Naturhist. Mus. Wien, **65**, 57—69, 2 Taf., 4 Abb. Wien 1962 (a)
- ZAPFE, H.: Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberösterreich). IV. Bisher im Riffkalk des Gosaukammes aufgesammelte Makrofossilien (exkl. Riffbildner) und deren stratigraphische Auswertung. — Verh. geol. Bundesanstalt, **1962**, 2, 346—352. Wien 1962 (b)
- ZAPFE, H.: Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberösterreich). V. Vergleichende Untersuchungen in dem Gosaukamm benachbarten Riffen ähnlicher geologischer Stellung. — Verh. geol. Bundesanstalt, **1962**, 2, 353—361, 2 Abb. Wien 1962 (c)
- ZELLER, E. J. & WRAY, J. L.: Factors influencing precipitation of calcium carbonate. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., **40**, 140—152, 2 Abb. Tulsa 1956

Anschrift der Verfasser: Priv. Doz. Dr. Erik Flügel, Geologisches Institut der Technischen Hochschule Darmstadt; Dr. Erentraud Flügel-Kähler, Lehrstuhl für Strukturforshung am Eduard-Zintl-Institut der Technischen Hochschule Darmstadt, Bundesrepublik Deutschland.

Tafel-Erklärungen

Bei allen Aunahmen handelt es sich um Dünnschliff-Photographien.

Tafel 1

Mikrofazies-Typus 1: Zentrales Riff-Areal. Große nicht transportierte Riffbildner mit biogenen Anlagerungen.

Fig. 1. SW Alpenrosenhütte. Schwämme mit biogenen Anlagerungen von Spongiostromen (rechts oben, Mitte unten). Wenig Detritus mit Kleinforaminiferen. Biomikrit. x 4

Fig. 2. 300 m östlich Alpenrosenhütte. Kalkalgen (Solenoporaceen) mit biogenen Anlagerungen durch sessile Foraminiferen; oben rechts Querschnitt von *Microtubus*. Biomikrit. x 3

Fig. 3. NW Eibelbauer. Bryozoen und Solenoporaceen, zusammen mit organogenem, wenig transportiertem Detritus. Zwischenräume zwischen den Biogenen mit randständigem Calcit gefüllt. Biomikrit bis Biosparit. x 4

Fig. 4. Ostflanke des Herterbauerkogels. Schwämme mit biogenen Anlagerungen (unten links). Im Mikrit kreisrunde und ovale Querschnitte von Wurmröhren. Biomikrit. x 3

Tafel 2

Mikrofazies-Typus 4 (Fig. 1): fore-reef-Bereich;
Hohlraum-Füllung (Fig. 4)

Mikrofazies-Typus 3 (Fig. 2—3): Zentrales Riff-Areal;

Fig. 1. Weg Eibelbauer-Sauwand, 950 m Seehöhe. Dasycladaceen und Schwämme in feinkörnigem Mikrit. x 3

Fig. 2. Sauwand-NE, Weg Alpenrosenhütte-Kogler, 1200 m Seehöhe. Fein-Biodetritus mit zahlreichen Kleinforaminiferen, Algen und Kleingastropoden, zusammen mit größeren Biogenen (Schwämmen). x 3

Fig. 3. Kamm der Sauwand, östlicher Vorgipfel. Große Bryozoenkolonie, zusammen mit Fein-Biodetritus. Im Detritus Kleinforaminiferen und Intraklaste (schwarz). Biointramikrit- bis -sparit. x 3

Fig. 4. Gipfel des Stockerbauerkogel. Hohlraum-Füllung. Vollkommene Schließung einer Kleinhöhle durch chemische Internanlagerung (Spatiation). Biogene und Intraklaste in sparitischem Zement eingebettet (Mikrofazies-Typus 2). x 3

Tafel 3

Mikrofazies-Typus 2 (bzw. 9, vlg. S. 104), back-reef-Bereich:
Abgerollte Algen-Reste in sparitischem Zement (Fig. 1—3). Hohlraum-Füllung (Fig. 4)

Fig. 1. Sauwand-NE, Weg Alpenrosenhütte-Kogler. Gut sortierte und gut gerundete Biogene, fast ausschließlich Algen (Solenoporaceen, Dasycladaceen und Codiaceen). Oben *Thecosmilia clathrata* (EMMRICH). Grundmasse — sparitischer Zement. Algen-Biosparit. x 3

Fig. 2. Ausschnitt aus Fig. 1. Bildmitte und rechts Solenoporaceen-Thalli, oben rechts Dasycladaceen; unten links Codiaceen-Reste. Diese erinnern an Schnittbilder von Koprolithen (*Favreina*, vgl. ELLIOT 1962), unterscheiden sich jedoch durch den Besitz von deutlichen Zellfäden, welche sich an ein Molluskenbruchstück anlagern. x 6

Fig. 3. Ausschnitt aus Fig. 1. Abgerollte, gut gerundete Solenoporaceen-Thalli, von sekundären Calcitadern versetzt. Sparitische Grundmasse umkristallisiert. x 6

Fig. 4. Bundesstraße Gußwerk-Mariazell, Hochwasser-Erinnerungstafel. Hohlraum-Füllung. Unvollständig geschlossene Kleinhöhle mit mehreren randständigen Calcitrasen. x 6

Tafel 4

Mikrofazies-Typus 2: back-reef-Bereich. Gut sortierte Biogene und Intraklaste in sparitischer Grundmasse. Foraminiferen, Molluskendetritus und Algen-Reste

Fig. 1. Westflanke der Sauwand, Probe 45/6. In heller sparitischer Grundmasse zahlreiche, gut gerundete Biogene (meist Algen, Foraminiferen und

Mollusken-Fragmente) und Intraklaste (ein auffallend großer Intraklast oben links). Bio- bis Biointrasparit. x 3

Fig. 2. Westflanke der Sauwand, Probe 45/8, im Profil ca. 20 m über Probe 45/6. Biogene (darunter größere, abgerollte Algen-Reste) und Intraklaste in sparitischer Grundmasse. Biosparit. x 3

Fig. 3. Ausschnitt aus Fig. 2. Umkristallisierte Solenoporaceen-Kolonien, Querschnitte von Wurmröhren, Mollusken-Detritus, Dasycladaceen-Fragmente etc. x 6

Fig. 4. Westflanke der Sauwand, Probe 45/1, über Promenadenweg Gußwerk-Mariazell. Gut sortierte Algen- und Mollusken-Reste, vereinzelt Echinodermen-Fragmente in sparitischem Zement. x 3

Tafel 5

Mikrofazies-Typus 2: back-reef-Bereich. Gut sortierter Biosparit mit zerstörten Biogenen.

Fig. 1. Westflanke der Sauwand, Probe 45/6. Zertrümmerter Korallen-Rest in gut sortiertem Riff-Schutt. Der Schutt besteht aus Algen-, Mollusken- und Echinodermen-Resten. Grundmasse sparitischer Zement. Biosparit. x 8

Fig. 2. Nordflanke der Sauwand, nordöstlicher Abfall. Gut sortierte, verschieden gerundete Biogene (Dasycladaceen, Kleingastropoden, Foraminiferen etc.) in sparitischer Grundmasse, zusammen mit einem großen Dasycladaceen-Querschnitt (*Griphoporella* sp.). Biosparit. x 8

Tafel 6

Mikrofazies-Typus 2: back-reef-Bereich. Gut sortierter Riff-Schutt, bestehend vorwiegend aus Algen-, Mollusken-, Echinodermen- und Foraminiferen-Resten. Riffbildende Organismen fehlen.

Fig. 1. Westflanke der Sauwand. Ausschnitt aus Fig. 4, Taf. 4. Biosparit. Biogene zum Teil umkristallisiert. Meist Algen und Mollusken-Reste. Vereinzelt Intraklaste. x 8

Fig. 2. Westflanke der Sauwand, Probe 45/5. Im Profil etwa 45 m über Probe 45/1. Typischer Calcarenit mit gut sortierten Komponenten in spätiger Grundmasse. x 8

Tafel 7

Mikrofazies-Typus 4: fore-reef-Bereich. Biogene aus dem zentralen Riff-Areale, eingelagert in feinkörnigem Mikrit.

Fig. 1. Block Ausgang des Stockerbauergrabens. „Vorriff-Brekzie“. Zerbrochene Biogene aus dem zentralen Riff-Bereich (*Palaestraea* sp., *Thamnasteria* sp., Spongien), die im feinkörnigen Schlamm vor dem Außenrand des Riffes sedimentiert wurden. Biomikrit. x 3

Fig. 2. Block südlich Stockerbaueralm. Große, abgerollte Biogene (*Solenopora* sp., Bryozoen), zusammen mit gut sortierten kleinen Biogenen und Intraklasten in Mikrit. x 4

Fig. 3. Fundpunkt wie oben. Bryozoe. Es handelt sich um die gleiche Art wie bei der auf Taf. 2, Fig. 3 abgebildeten Form. Dies kann als Hinweis dafür angesehen werden, daß die in den „Vorriff-Brekzien“ enthaltenen Fossilien aus dem zentralen Riff-Areal stammen. x 5

Fig. 4. Ausschnitt aus Fig. 2. *Solenopora* sp., mit Formen aus dem zentralen Riff-Areal übereinstimmend. x 5

Tafel 8

Mikrofazies-Typus 5 (Fig. 4): Intraklaste oder sekundäre Bildung (vgl. S. 28).

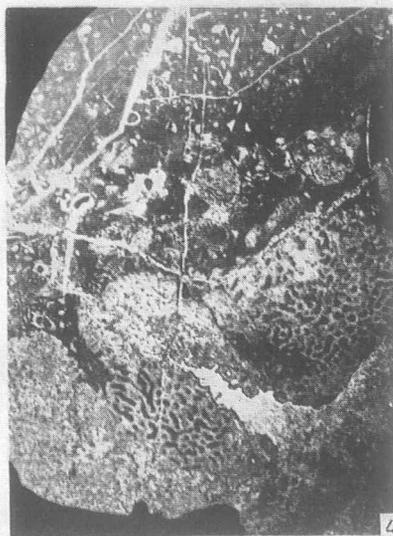
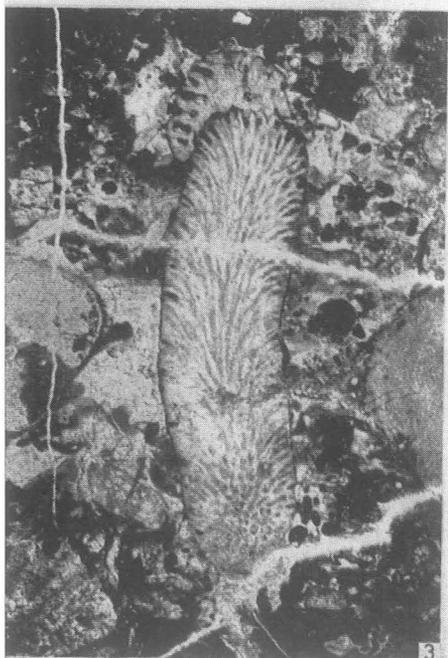
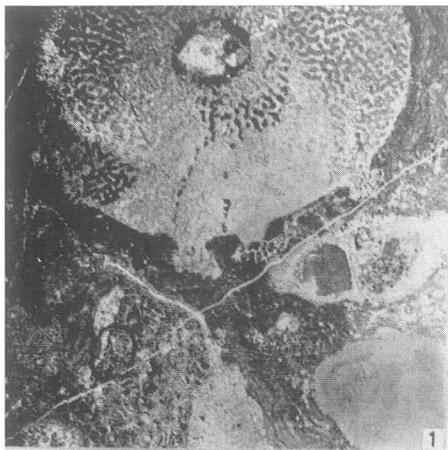
Mikrofazies-Typus 7: (Fig. 3): back-reef-Bereich.

Angulodiscus-Kalk. Hohlraum-Füllungen (Fig. 1—2)

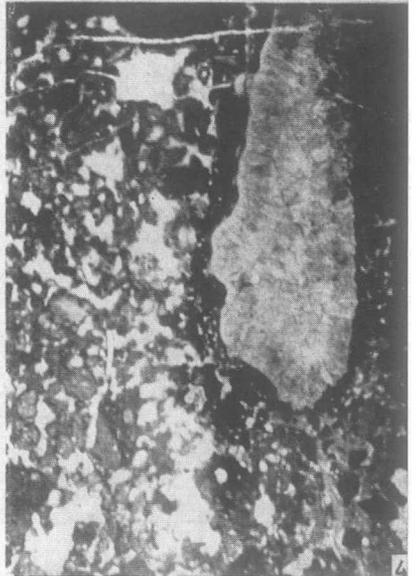
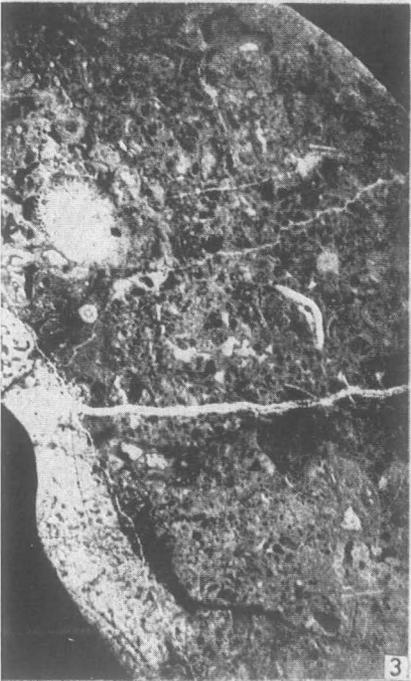
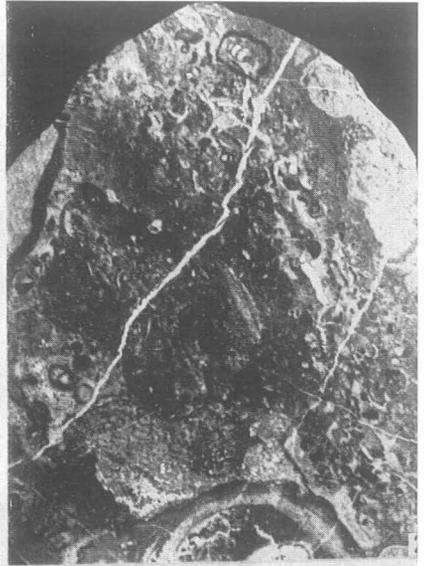
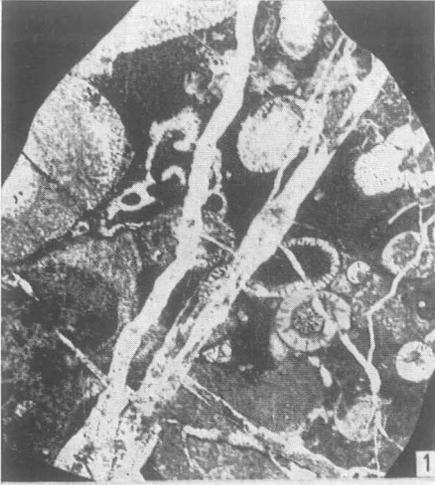
Fig. 1. Westflanke der Sauwand. Hohlraum-Füllung, bestehend aus mehreren, randständigen Calcitrasen, welche eine mehrmalige, durch Algen-Tätigkeit unterbrochene Spatisation anzeigen. x 5

Fig. 2. Bundesstraße Gußwerk-Mariazell, Hochwasser-Gedenktafel. Hohlraum-Füllung in Ostrakoden durch Umkristallisation, welche im Innern der Schale beginnt. x 4

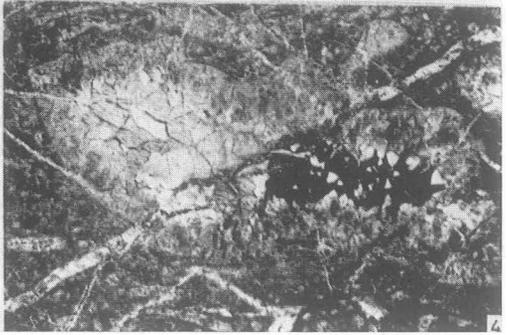
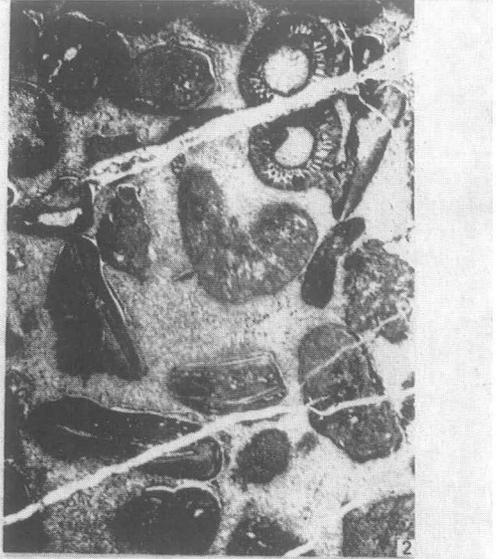
TAFEL 1



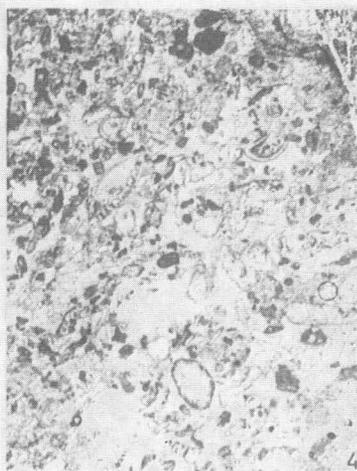
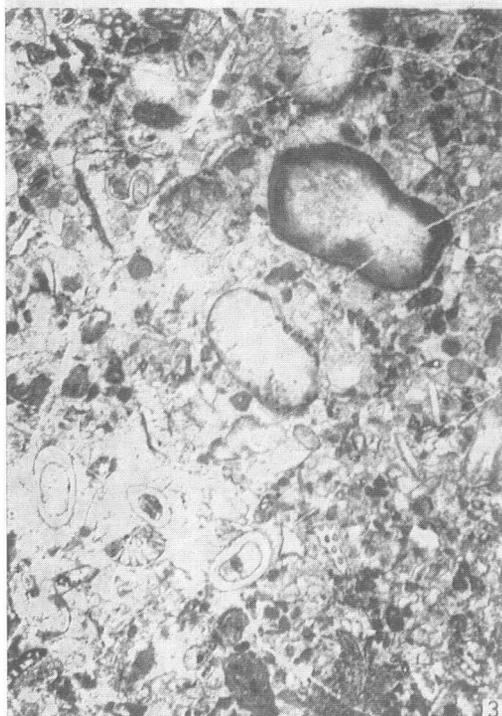
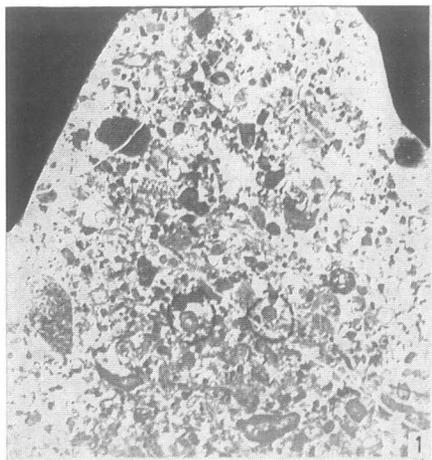
TAFEL 2



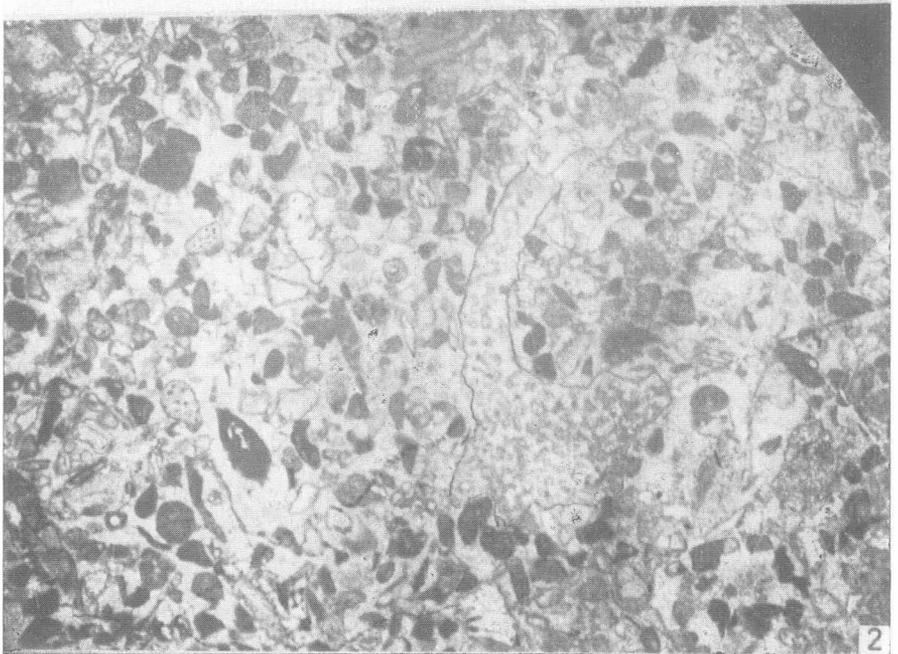
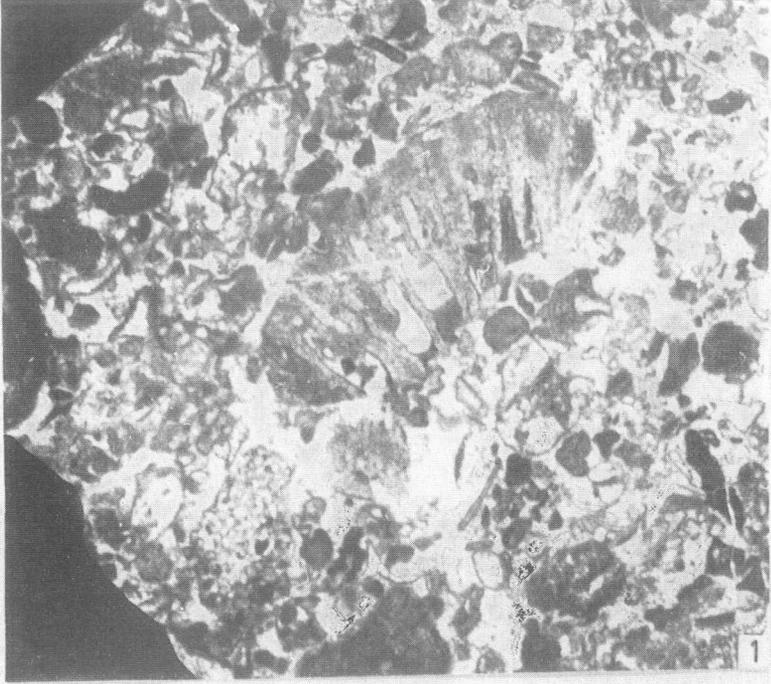
TAFEL 3



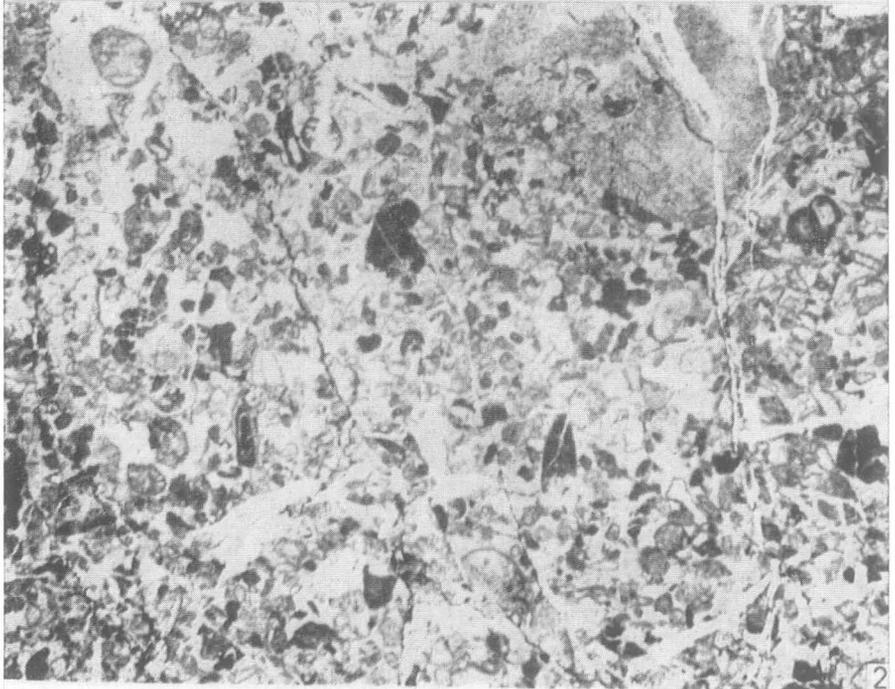
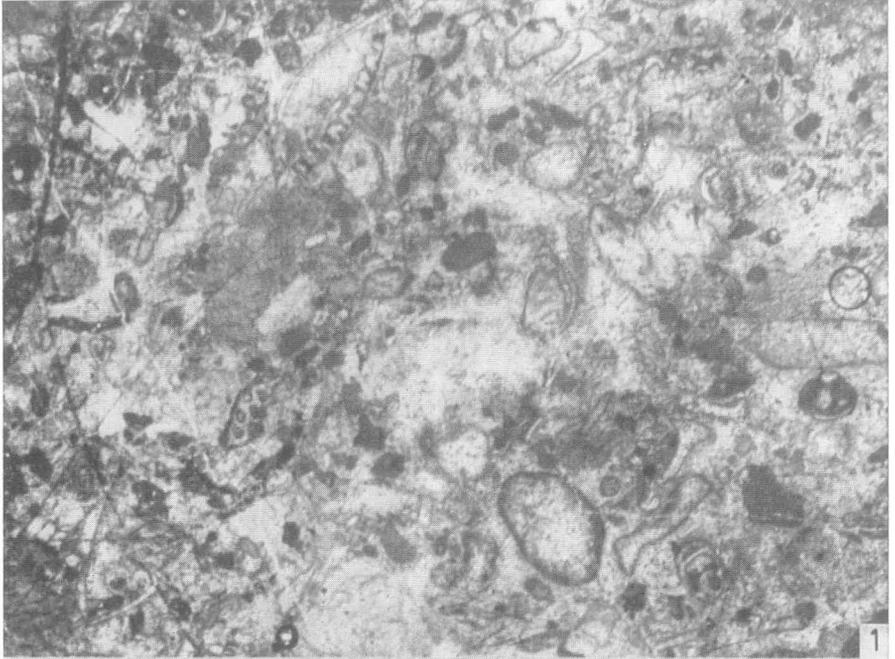
TAFEL 4



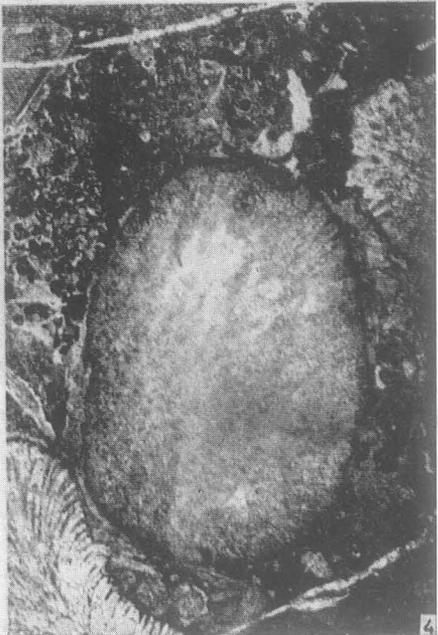
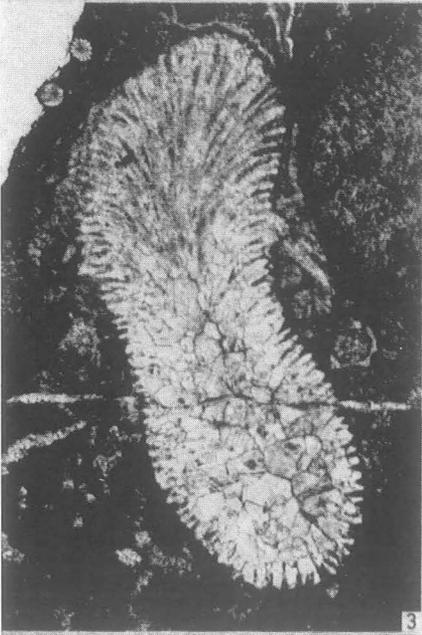
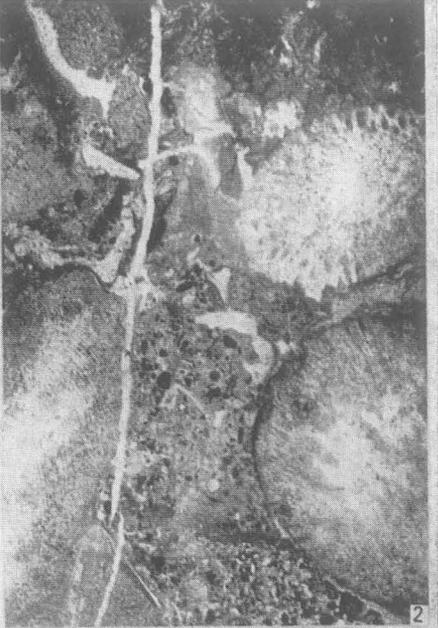
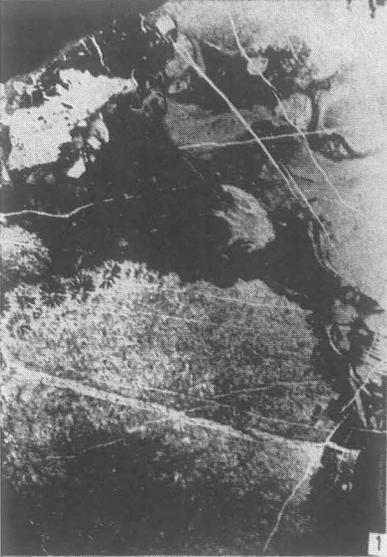
TAFEL 5



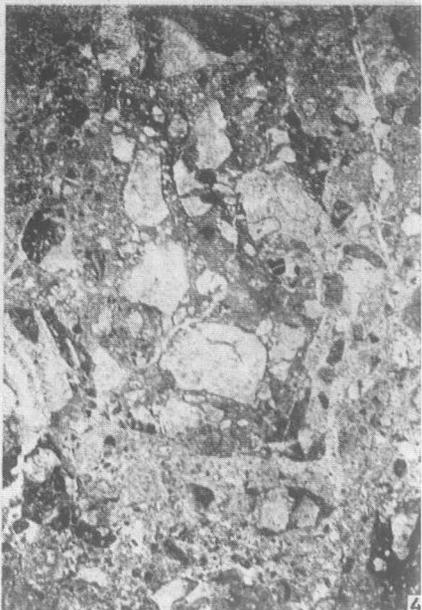
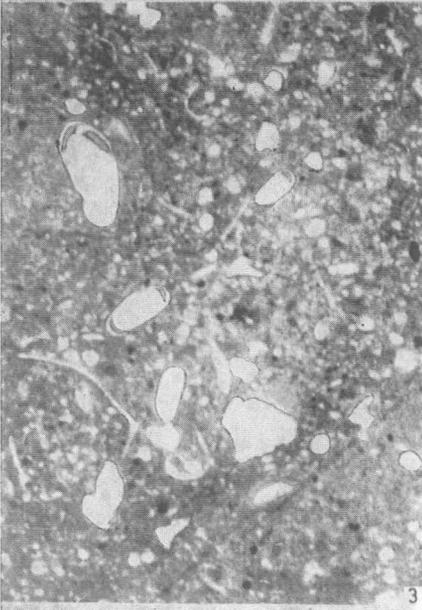
TAFEL 6



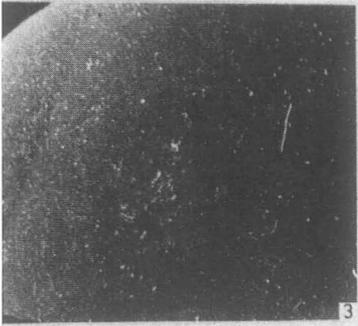
TAFEL 7



TAFEL 8



TAFEL 9



TAFEL 10



Fig. 3. Kamm des Stockerbauerkogels. Zahlreiche umkristallisierte Gehäuse von *Angulodiscus* in feinkörnigem Mikrit. x 4

Fig. 4. Südflanke der Sauwand, bei P. KK 37. Intraklaste, Biogene fehlen. Vgl. S. 54! x 4

Tafel 9

Rotpelite im Dachstein-Riffkalk: „Rote Scherben“ (Fig. 1) und Einlagerungen (Fig. 2—3), verglichen mit Hallstätter Kalken vom Steinbergkogel (Fig. 4) und vom Siriuskogel (Fig. 5), Salzkammergut. Übereinstimmung im mikrofaziellen Bild — dünn-schalige, „pelagische“ Organismen-Reste, zahlreiche Filamente.

Fig. 1. Plateau der Alpenrosenhütte, östlicher Teil der Sauwand. Feinschalige Organismen-Reste in feinkörniger, mikritischer Grundmasse. Riffkalk (oben rechts). x 3

Fig. 2. Sauwand-S, Lesestein. Filamente in mikritischer Grundmasse. x 3

Fig. 3. Westflanke der Sauwand, etwa 1300 m Seehöhe. Stratigraphische Einschaltung von grauen Calcilutiten in Riffkalken. Zahlreiche, dünne Filamente. Biogene aus dem Ablagerungsmedium des Riffes fehlen vollkommen. x 3

Fig. 4. Zum Vergleich: Norischer Hallstätter Kalk vom Siriuskogel bei Ischl, Oberösterreich. Zahlreiche, dicht gelagerte, gerade und gebogene Filamente in Mikrit. x 3

Fig. 5. Zum Vergleich: Norischer Hallstätter Kalk vom Steinbergkogel bei Hallstatt, Oberösterreich. Dünne, verschieden gelagerte Filamente. Vgl. Fig. 2 dieser Tafel! x 3

Tafel 10

Mikrofazies-Typus 4: fore-reef-Bereich. Nicht abgerundeter Riff-Schutt. Die verschieden angeordneten Geopetalgefüge zeigen Resedimentation an.

Fig. 1. Sauwand-Ostflanke. Etwa 1200 m Seehöhe, südlich vom markierten Weg auf die Sauwand. Intraklaste und Biogene, eingelagert im Mikrit. Die nach verschiedenen Richtungen weisenden Sparithauben („fossile Wasserwaagen“) zeigen eine mehrmalige Resedimentation an. Die Probe ist orientiert entnommen, das „Oben“ der Abbildung entspricht dem „Oben“ der Probe. Der Schliff zeigt deutlich die Sedimentation von eckigem Riff-Schutt vor der Außenkante des Riffes. x 10

Manuskript eingelangt am 15. Februar 1963

Jahresbericht

für die Jahre 1959—1961

Der letzte Jahresbericht ist für die Jahre 1957 und 1958 (Mitteilungsheft Nr. 19) erschienen. Um den im Jahre 1959 unterbrochenen Abdruck des Inventarverzeichnisses wieder fortführen und über die Tätigkeit an der Museumsabteilung Zeugnis geben zu können, wurde nachfolgender Bericht über die letzten drei Jahre zusammengestellt und in einem veröffentlicht.

I. S a m m l u n g :

- A. Inventarisierungsarbeiten, Neuaufstellungen und wissenschaftliche Bearbeitungen der Sammlungen
- B. Zuwachs
 - 1. Gesteine
 - 2. Evertebraten
 - 3. Vertebraten
 - 4. Phytopaläontologie
 - 5. Bilder

II. B i b l i o t h e k :

- A. Inventarisierungsarbeiten
- B. Zuwachs
 - 1. Kauf
 - 2. Schriftentausch
- C. Geologische Karten
- D. Mitteilungshefte

III. A u ß e n t ä t i g k e i t :

- A. Tagungen, Vorträge und Dienstreisen
- B. Heimatmuseum Trautenfels
- C. Lurgrottenmuseum
- D. Grabungen und Bergungen
- E. Geologischer Autoführer
- F. Natur- und Landschaftsschutz

IV. P e r s o n a l s t a n d

I. S a m m l u n g :

A. Inventarisierungsarbeiten, Neuaufstellungen und wissenschaftliche Bearbeitungen der Sammlungen

Das durch Kauf, Geschenk und Bergungen an der Museumsabteilung während der Berichtszeit eingelangte Sammlungsmaterial wurde bearbeitet, inventarisiert und katalogmäßig erfaßt.

Die im Jahre 1952 aufgestellte Standortkartei, in der die Sammlungsgegenstände nach Sachgebieten eingeordnet wurden, bedurfte einer Revision, da es sich erst im Laufe der Benützung herausstellte, nach welchen Gesichtspunkten eine feinere Unterteilung erforderlich ist. So wurden die großen Gruppen: Gesteine, Lagerstätten und Minerale neu geordnet (ca. 15.000 Karteikarten). Infolge Umstellungen und Neuaufstellungen in den Sammlungen (Ausstellung und Studiensammlung) mußten auch die Standorteintragungen geändert werden. Alle diese Arbeiten sind sehr zeitraubend.

An Neuaufstellungen sind zu verzeichnen:

Im Tertiärsaal wurden im April 1959 zwei Schauflächen zusammengestellt, in denen die steirischen Dinotheriumfunde der letzten Zeit gezeigt werden. —

Eine Lebensstafel für das Kenozoikum wurde entworfen, in der über das Klima, über die Pflanzen- und Tierwelt, über Gebirgsbildung und Vulkanausbrüche sowie über die Land- und Meerverteilung in den einzelnen Abschnitten der geologischen Erdneuzeit Auskunft gegeben wird.

Im Juni 1959 begann die Einrichtung des sogenannten Bodenschätzesaales, in dem die Kohlen, Erze und nutzbaren Steine der Steiermark zur Schau gestellt werden. Zuerst wurden in drei Vitrinen die Kohlenvorkommen des obersteirischen, mittelsteirischen und südsteirischen Kohlenbergbaugesbietes gezeigt. — Vier weitere Vitrinen wurden noch eingerichtet und zwar: Steirischer Erzberg mit den wichtigsten Erzen und Mineralvorkommen; Salz und Gips; Steine, Erden und die anderen Erzvorkommen der Steiermark und zuletzt Magnesit, Talk und Graphit. — In allen Vitrinen sind außer den Belegstücken noch geologische Profile durch die größten Lagerstätten sowie Produktionstabellen zu sehen. Eine Karte der Steiermark im Maßstabe 1 : 200.000 wurde gezeichnet und im Saale aufgehängt, in der alle einigermaßen wichtigen Bodenschätze vorkommen, einschließlich Heilquellen, eingetragen wurden. — In diesem Saal gelangte auch das Modell des Radwerkes IV in Vordernberg, welches für die Erzherzog-Johann-Gedächtnisausstellung restauriert wurde, und das Modell eines steirischen Floßofens um 1780 zur Aufstellung. Als Ergänzung der Reihe wird noch das Modell eines Windofens um die Zeitenwende gezeigt. — Ein Riesen-temperagemälde, das das tierische und pflanzliche Leben in einer oststeirischen Idealgegend zur Braunkohlenzeit darstellt, nimmt eine gesamte Wandfläche ein. Es wurde versucht, in sieben Vitrinen, durch die Eisengewinnungsmodelle, Profile, Karten und Tabellen sowie Rekonstruktionen, einen umfassenden Einblick in die bergbauliche Nutzung der Bodenschätze der Steiermark zu geben. Diese Gestaltung wurde Ende 1961 abgeschlossen. Ergänzend soll noch erwähnt werden, daß in diesem Raume auch die lebensnahe Bronzestatuette des Gründers der Museumsabteilung Univ.-Prof. Hofrat Dr. Vinzenz Hilber, gefertigt von Prof. Wilhelm Gösser, in einer Wandnische zur Aufstellung gelangte.

In der Mammutvitrine des Quartärsaales wurde das anfangs Juli 1960 in der Schottergrube Münzgrabenstraße gefundene, 1,30 m lange Stoßzahnfragment aufgestellt. Auch ein Schaufelrest eines steirischen Riesenhirschenfundes (alter Bestand) wurde an einer Wand angebracht.

Um die Pflanzenwelt der Steinkohlenwälder anschaulich zu machen, konnte ein 3 m langes Tempera-Rekonstruktionsbild erstmalig gezeigt werden, welches auf Grund der fossilen Pflanzenfunde von der Turracher Höhe zusammengestellt und von Frau Wilhelmine König (Wien) gemalt wurde.

In einer Allseitsvitrine wurden noch besonders interessante Seltenheiten aus aller Welt zusammengetragen, wovon nur ein vollständiges Original-Aepyornis-Ei von ca. acht Liter Inhalt aus Madagaskar hervorgehoben werden soll.

Zuletzt sei noch auf eine große geologische Zeitfolge-Tafel gleich beim Eintritt in die Schausammlung aufmerksam gemacht, in der außer der neuesten geologischen System-Einteilung die Entfaltung des Lebens, insbesondere der Wirbeltiere im Wasser, am Lande und in der Luft im Laufe der Erdgeschichte ersichtlich wird. Auch Zeitangaben über die errechnete Dauer der verschiedenen geologischen Abschnitte sind hier zu entnehmen.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß ein Teil der Studiensammlung (über hundert Laden) gereinigt wurde.

Auch die Beleuchtung in zwei großen Schausälen wurde durch Anbringen von modernen Zeiss-Leuchten erneuert. Die alten Sonnenschutzvorhänge wur-

den durch dauerhafte Leichtmetall-Roletten ersetzt. — Soweit die Tätigkeit in den Sammlungen.

Wissenschaftliche Bearbeitungen waren vorwiegend an tertiären und pleistozänen Wirbeltierresten erforderlich. Unter anderen mußte das gesamte ergrabene pleistozäne Gut aus den Kugelsteinhöhlen II und III gereinigt und gesichtet werden, um das wertvolle, zu bearbeitende Material vom belanglosen trennen zu können. Besonders die Bärenschädel mit überzähligen Prämolaren aus der Repolust- und Kugelsteinhöhle II bedurften einer besonderen Beachtung und Bearbeitung, welche noch nicht endgültig abgeschlossen werden konnte. Interessant war auch die Sichtung des artenreichen Vertebratenmaterials der Repolusthöhle in bezug auf die Häufigkeit der einzelnen Tierarten.

In der Sammlung soll ein neues Höhlenbärskelett aufgestellt werden. Dazu wurden auf Grund langwieriger Messungen aus dem umfangreichen Höhlenbärmaterial der Abteilung bereits die Knochen zusammengesucht.

Eine Elchschaufel aus dem Gschwandgraben bei Mürzsteg mit einer nachträglichen Anspitzung der Enden, die bis jetzt noch nicht geklärt werden konnte, wurde bearbeitet.

Die neuen tertiären Funde bedurften ebenfalls eines eingehenden Studiums. Besonders wertvoll war die Durcharbeitung des gesamten Säugetiermaterials des geologischen Institutes der Montanistischen Hochschule in Leoben. Weiters wurden noch die neuen Funde aus den verschiedenen Kies- und Schottergruben und Bergbauen im steirischen Raum bestimmt. Nähere Angaben kann man dem Kapitel B. Zuwachs, 3. Vertebraten entnehmen.

Für das Naturhistorische Museum in Skopje, Jugoslawien, wurden auf Grund von ausgezeichneten photographischen Aufnahmen Mastodontenreste identifiziert.

Diese Arbeiten haben z. T. ihren Niederschlag im Heft 22 unserer Mitteilungen gefunden.

Hier möge noch hinzugefügt werden, daß unsere Sammlungen zu Vergleichsstudien von Fachleuten aus der Deutschen Bundesrepublik, aus Ungarn, Schweiz, Schweden, USA und natürlich auch aus Österreich besucht wurden.

Geologische Beschreibungen für die Agrarbezirksbehörde in Stainach wurden verfaßt und zwar für die Gebiete des Schladminger Kaibling, Hauser Kaibling und südliche Vorlage des Dachstein-Massives. Kürzere Einschaltungen für volkstümliche Rundfunksendungen wurden des öfteren verlangt.

Infolge der Beteiligung an der Erzherzog-Johann-Gedächtnisausstellung mußten für alte hüttenmännische Gezähe-Modelle aus dem einstigen Privatbesitz des Stifters die Fachbezeichnungen in der alten einschlägigen Literatur gesucht werden.

B. Zuwachs

Das Sammlungsinventar wurde insgesamt um 134 Hauptnummern vermehrt. Es mag vielleicht der Zuwachs als gering erscheinen im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren. Da aber das Grabungsmaterial, das aus den Kugelsteinhöhlen stammt, derzeit noch in Bearbeitung steht, ist es inventarmäßig noch nicht erfaßt. Doch sind unter der Vertebratenaufsammlung ganz besonders schöne Stücke dabei, so das größte Unterkieferfragment eines Mastodon, das je in der Steiermark geborgen werden konnte. Weiters ist das Geschenk des geologischen Institutes der Montanistischen Hochschule in Leoben hervorzuheben, welches reiche Funde aus steirischen Kohlenbergbauen beinhaltete. Für die Überlassung der Stücke sei auch hier der besondere Dank ausgesprochen.

1. Gesteine

- 59.530 Hornblendegarbenschiefer, Mörsbach bei Donnersbachwald, Geschenk Reg.-Rat Fr. Pribitzer.
- 59.531 Granit, Weiße Wand am Weg zum Rissachsee, Untertal b. Schladming, Geschenk wie oben.
- 59.532 Chloritfels, Bärfallspitze nächst Hauserkaibling, Ennstal, Geschenk wie oben.
- 59.533 Gips, Kaswassergraben b. Großreifling, Geschenk wie oben.
- 59.534 Magnesit, Kaswasserriedl b. Großreifling, Geschenk wie oben.
- 59.536 Feuerstein, Diluvialgeschiebe, Feldmark b. Braunschweig, Deutschland, Geschenk wie oben.
- 59.537 Bundscheckgneis mit Prochlorit, Steinbruch bei km 2,2 der Straße Stampf-Stausee, Aufsammlung Dr. K. Murban.
- 59.538 Prochloritosen und Bergkristall in Bundscheckgneis, Fundpunkt und Erwerbung wie oben.
- 59.542 Pinolit-Magnesit mit Dolomit- u. Quarzkristallen, Sunk bei Trieben, Kauf von H. Eislechner, Wienern-Grundsee.
- 59.562—59.566 Steinwerkzeuge des oberen Moustérien, Groote Engihoul, Ardenen, Belgien; Geschenk Gustave Abel, Salzburg.
- 59.628 Rotnickelkies, Weißnickelkies u. Magnetkies von der Zinkwand südl. Schladming, Geschenk Oberförster E. Ehrlich, Schladming.
- 59.629 Spateisenstein im Guttensteiner Kalk, Teltschanalpe bei Mitterndorf, Aufsammlung Dr. K. Murban.
- 59.630 Manganerz, Teltschanalpe b. Mitterndorf, Erwerb wie oben.
- 59.631 Manganerz, wie oben.
- 59.632 Kupferkies und Schwefelkies, Walchen bei Öblarn, Erwerb wie oben.

2. Evertebraten

- 59.535 Feuerstein mit Bryozoen, Seigelstacheln, Diluvialgeschiebe, Feldmark bei Braunschweig, Deutschland. Geschenk Reg.-Rat Fr. Pribitzer.
- 59.639 Kohlenmergel mit *Pomatias* sp., Planorbidae und Kiefferrest von *Amphicyon major*, St. Oswald bei Gratwein, nordöstlich Graz. Alte Sammlung.
- 59.640 *Tropidomphalus zelli depressus* Wenz., Sandgrube Erkschlößl, Brunn b. Nestelbach. Geschenk J. Normann.

3. Vertebraten

- 59.528 *Mastodon longirostris* Kaup, M², Schottergrube Griesl - 8 m Tiefe, bei Laßnitzhöhe, Kauf von H. Jörgler-Nestelbach.
- 59.539 u. 59.540 *Dinotherium levius* Jourd, Unterkieferfragment mit zM und Radiusfragment, Sandgrube Grillberg, Birkfeldwald b. Schildbach, durch Vermittlung d. Herrn Oberlehrer Schwarzenegger-Hartberg.
- 59.541 *Mastodon longirostris* Kaup, ³D (steir. Erstfund), Schottergrube Adelman, 4,5 m tief, Gersdorf b. Pischelsdorf, überbracht von Ing. Eisner, Abt. 8 d. Steiern. Landesregierung.
- 59.543—59.546 cfr. *Dicerorhinus*, Atlasfragm., Femur sin., Fem. fragm. sin. und Ulnafragm. dext., Ziegelei Eustacchio, 22 m tief, St. Peter bei Graz. Kauf von Arbeitern.
- 59.548 Tegel, Probe aus der Fundschichte von 59.543—546
- 59.549—59.551 *Mesopithecus pentelici* Wagn., Gipsabdrücke von Cranium ♂, Cranium ♀ und Mandibula, Pikermi-Griechenland, Geschenk Prof. J. Schefczik.
- 59.552 *Rhinoceros* sp., Mand. fragm. mit zP-zM, Schottergrube Adelman, 8 m tief, Gersdorf bei Pischeldorf, Kauf von Adelman.
- 59.553—59.560 *Homo neanderthalensis* King. Gipsabdrücke von Costa, Scapula und Clavicula. Neanderthal-Düsseldorf, Deutschland. Geschenk Prof. J. Schefczik.
- 59.561 Avarenschädel aus d. 6.—9. Jhdt. Geschenk Prof. J. Schefczik.
- 59.567 *Mastodon angustidens* Cuv. forma *subtapiroidea* Schles., Mand. mit z-zM, aus einem 1,80 m mächtigen Kohlenpfeiler, Vordersdorf b. Wies, Alt-Helvet.
- 59.568 *Mastodon angustidens* Cuv. forma *subtapiroidea* Schles., M³ fragm., Vordersdorf b. Wies, Alt-Helvet.

- 59.569 *Mastodon angustidens* Cuv. forma subtapiroidea Schles., ¹M., im Hangenden des Kohlenflözes, Feisternitz bei Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.570—59.573 *Rhinoceros* sp., Mand. mit P₂-M₁-I₂-fragm., ²M-Fragm. und ¹P, Vordersdorf b. Wies, Alt-Helvet.
- 59.574 *Rhinoceros* sp. (cfr. *Dicerorhinus*), Talus, Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.575 *Amphicyon* sp., Max. fragm., Feisternitz b. Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.576—59.578 *Rhinoceros* sp., Prämolare, M inf. fragm., Feisternitz bei Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.579—59.580 *Rhinoceros* sp. (nec *Diceratherium steinheimensis*), Mand. fragm. mit ¹⁻⁴D, ¹M und Mand. fragm. mit D₁₋₂, Vordersdorf b. Wies, Alt-Helvet.
- 59.581 *Anchitherium aurelianense* (Cuv.), P₄-fragm., Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.582 *Steneofiber jägeri* (Kaup.), P₄-M₃, aus dem Liegenden, Feisternitz b. Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.583 *Palaeomeryx* cf. *eminens* H. v. M., Mand. fragm. mit M₁, Vordersdorf bei Wies.
- 59.584—59.585 *Cervidarum*, Humerusfragm. dext und Metacarpalfragm. Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.586 *Amphicyon* sp., C inf. sin. fragm., Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.587—59.588 *Anthrocotherium magnum-illyricum* Formenkreis, Mand. sin. und dext. fragm., Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.589 cf. *Anchitherium aurelianense* (Cuv.), Metatarsusfragm. prox., Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.590—59.598 *Amphicyon* sp., Div. dentes, Eibiswald, Alt-Helvet.
- 59.599 *Ursavus brevirohinus* (Hofm.), Maxillafragm., Voitsberg. Alt-Helvet.
- 59.600 *Potamotherium miocenicum* (Pet.), Maxillafragm., Wies, Alt-Helvet.
- 59.601 *Anchitherium aurelianense* (Cuv.), M₃, aus der Kohle in der Nähe des Ausbisses in der Grube, Schwanberg.
- 59.602/603 *Chalicotherium* cf. *grande* (Lart.), Mand. fragm. mit ³P-³M und Mand. fragm. dext., aus der Kohle, Köflach.
- 59.604 *Mastodon angustidens* Cuv. forma subtapiroidea Schles., M₃, Tunnerschacht, Seegraben b. Leoben, Späthelvet.
- 59.605 *Eotragus sansaniensis* (Lart.), Stirnzapfen, Fundort wie oben.
- 59.606/607 *Mastodon angustidens* Cuv. forma subtapiroidea Schles., ³D und ³D-fragm., Fundort wie oben.
- 59.608/609 *Dinotherium bavaricum* H. v. M., ³D und ³P, Fundort wie vorher.
- 59.610 *Mastodon angustidens* Cuv. forma subtapiroidea Schles., Mand. juv. fragm. mit Milchincisiven, Fundort wie vorher.
- 59.611 *Dinotherium bavaricum* H. v. M., P₄ ♂, Liegendesandstein, Fohnsdorf.
- 59.612 cf. *Prominatherium dalmatinum* Mey., Mand. fragm., aus der Eozän-Kohle, Monte Promina, Dalmatien.
- 59.613 *Anchitherium aurelianense* Cuv., Talus sin., Steinheim a. Altbuch, Württemberg-Deutschland, Sarmat.
- 59.614—59.616 *Euprox furcatus* (Hens.), Calcaneus, Talus und Cuboscapoideum, Fundort wie oben.
- 59.617 *Dicerorhinus steinheimensis* (Jäg.), ³P, Göriach, Torton.
- 59.618 *Hemicyon sansaniensis* Lart., Mand. fragm. mit C-¹M, Göriach, Torton.
- 59.619/620 *Aceratherium tetradactylum* Lart., Metatarsalia II-IV mit den dazu gehörigen Phalangen und Flabellen, Göriach, Torton.
- 59.567—59.620 Geschenk des geologischen Institutes der Montanistischen Schule in Leoben.
- 59.621—59.625 *Mastodon angustidens* Cuv., Div. ossa, Hohlweg unter Gehöft Perner, Maiendorf b. Gnas, Ob. Sarmat. Grabung d. Abt.
- 59.626 Sarmatischer, eisenschüssiger Sand, aus dem die Mastodonfunde 59.621—25 stammen. Fundort wie oben.

- 59.627 *Mastodon longirostris* Kaup., M₃-fragm., Brunnengrabung 4 m tief; in Rohrenberg 33, Rannach b. Graz, Kauf von P. Jeller.
- 59.634 *Elephas primigenius* Blmb., Stoßzahnfragm., Schottergrube der Stadtgemeinde, 18 m tief, Graz, Münzgrabenstraße 157, Kauf von Arbeitern.
- 59.635 *Bison priscus* Boj., Metapodiumfragm., Schottergrube Kiefer, 15 m tief, Weinzödl nördl. Graz. Kauf von F. Kuchler.
- 59.636 cf. *Brachyotherium goldfussi* Kaup., M₁, Ziegelei Eustacchio, 24 m tief aus Tegellagen, St. Peter b. Graz, Kauf von Arbeitern.
- 59.637 *Suidae*, Humerusfragm. dext., Fundort und Erwerb wie oben.
- 59.638 *Dicerorhinus germanicus* Wang, ²P-³M, Gips, Georgensmünd, Süddeutschland, Alter Tausch.
- 59.641—59.652 *Mastodon longirostris* Kaup., Mandibulafragm., 6 Molare und div. ossa, Schottergrube Bauer, 4 m tief, am Kogel westlich Breitenfeld bei Riegersburg, Bergung der Abteilung (Dr. O. Homann) und Prämienzahlung.
- 59.653 Sandprobe der Schichte, aus der die Funde 59.641—652 stammen.
- 59.654—59.658 cf. *Brachyotherium goldfussi* Kaup., 4 Prämolare und M₁, Ziegelei Eustacchio, 18 m tief, St. Peter bei Graz, Kauf von Müller sen.
- 59.659—59.661 cf. *Aceratherium incisivum* Kaup., D₂-D₄. Fundort und Erwerb wie oben.

4. Phytopaläontologie

- 59.633 Blattabdruck in Tegel, Ziegelei Andritz ob Graz, Kauf von E. Reichel.

5. Bilder

- 59.529 Kohlezeichnung: Rekonstruktion eines Anthracotherium, von akad. Maler Franz Roubal-Irdnung, Kauf.
- 59.547 Salzumschlagplatz zu Beginn des 16. Jhdt. beim Riedler-Gut am Fuße des Glattjoches, südlich Donnersbachwald. Ölbild von akad. Maler Fr. Roubal-Irdnung, Kauf.

II. Bibliothek:

A. Inventarisierungsarbeiten

Die in der Berichtszeit eingelaufene Tauschliteratur und erworbenen bzw. geschenkweise erhaltenen Bücher, Periodica und Separata wurden jeweils zum Jahresbeginn inventarmäßig erfaßt. Dazu mußte der Autoren- und Sachregister ergänzt werden.

Insgesamt wurden 2.040 Titeln im Katalog in den letzten drei Jahren aufgenommen. Es ist nicht uninteressant festzustellen, daß pro Jahr über 50.000 Druckseiten mit unzähligen Karten- und Tafelbeilagen für unsere Mitteilungshefte auf dem Tauschwege an unsere Museumsabteilung gelangen.

B. Zuwachs

1. Kauf

- Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jgg. 104—106, Leoben 1959, 1960 und 1961
- Carinthia II, Mitteilungen des Naturw. Vereins f. Kärnten, Jgg. 69—71, Klagenfurt 1959, 1960 u. 1961
- Carinthia II, Sonderheft 22, Klagenfurt 1960
- Congreso Geologico Internacional, XX. Session-Mexiko 1956, 35 Bände
- Del Negro, W.: Geologie der Österr. Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen: Salzburg, Wien 1960
- Dorn, P.: Geologie von Mitteleuropa, 2. Aufl., Schweizerbart-Stuttgart 1960
- Geologische Rundschau, Bd. 46/2-1959, Bd. 47/1-1959, Bd. 47/2-1959 u. Bd. 48-1959, Enke-Stuttgart
- Handbuch der Stratigraphischen Geologie, Bd. III: Tertiär,
I. Teil: Papp A.: Grundzüge regionaler Stratigraphie, Enke-Stuttgart 1959
II. Teil: Thénius E.: Wirbeltierfaunen, Enke-Stuttgart 1959
- International Geological Congress, Report of the XXIst Session Norden, Copenhagen 1960
Part I—XXII, 6 Exkursionsführer für Dänemark, 7 für Finnland, 17 für Norwegen u. 12 Führer für Schweden

- Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt Wien, Bd. 102—104, Wien 1959—1961
 Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt, Sonderband 5—7, Wien 1960/1961
 Kerschagl, R.: Die Metallischen Rohstoffe, Bd. 13: Silber, Enke-Stuttgart 1961
 Mitteilungen der Geol. Gesellschaft in Wien, Bd. 51—53, Wien 1958—1961
 Mitteilungen d. naturw. Vereins f. Steiermark, Bd. 89—91, Graz 1959—1961
 Müller, A. H.: Lehrbuch der Paläozoologie, Band II, Teil 1 u. 2, Fischer-Jena 1960
 Österreichisches Montanhandbuch 1958
 Rechenberg, H. P.: Die Metallischen Rohstoffe, Bd. 12: Molybdän, Enke-Stuttgart 1960
 Studia palaeometallurgica in honorem Ernesti Preuschen (Archaeologica Austriaca, Bn 3), Deuticke-Wien 1958
 Tenius, E. u. Hofer, H.: Stammesgeschichte der Säugetiere, eine Übersicht über Tatsachen und Probleme der Evolution der Säugetiere, Springer-Berlin 1960
 Toperczer, M.: Lehrbuch der allgemeinen Geophysik, Springer-Wien 1960
 Verhandlungen der Geol. Bundesanstalt, Jgg. 1959—1961, Wien
 Verhandlungen des Comité du Néogène Méditerranéen, 1. Tagung in Wien 10.—20. 7. 1959, Wien 1960
 Zopp, Fr.: Kärntner Bibliographie 1945—1959, Klagenfurt 1961

2. Schriftentausch

Der im Jahre 1953 begonnene Schriftentausch konnte soweit ausgebaut werden, daß die Zahl der Tauschpartner auf 287 angewachsen ist, die sich auf 29 Staaten verteilen. Insgesamt 129 Partner senden laufend Periodica, dazu kommen noch 46 Hochschulinstitute, von welchen wir alle Arbeiten erhalten, die von Angehörigen des Institutes verfaßt werden. Der Rest der Tauschpartner setzt sich meist aus österreichischen Fachkollegen zusammen. Dadurch gelangen die neuesten Forschungsergebnisse an unser Institut. Die Sonderdrucksammlung wird derart umfangreich, daß sie infolge ihrer Vielfalt und Reichhaltigkeit weit über einen provinziellen Rahmen hinauswächst.

Anschließend werden alle Tauschpartner aufgeführt, die seit der letzten Ausweisung (Mitteilungsheft 19-1958) neu hinzu gekommen sind.

Bulgarien:

Sofia: Bulgarian Academy of Sciences, Department of scientific and technical information and documentation

Brasilien:

Sao Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia

Deutschland:

Leipzig: Karl-Marx-Universitäts-Bibliothek

England:

Boston: National Lending Library for Science and Technology

Frankreich:

Paris: Conseil international des musées, Generalsekretariat Unesco House

Jugoslawien:

Beograd: Rudanski Institut

Skopje: Institut géologique de la République Macedonienne

Niederlande:

Amsterdam: Geologisch Instituut der Universiteit

Österreich:

Innsbruck: Geol. pal. Institut der Universität

Rumänien:

Bucarest: Académie de la République Populaire Roumaine, Institut de Géologie, Géophysique et Géographie

Schweiz:

Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule

Tschechoslowakei:

Hradec Králové: Krajské Museum v Hradci Králové prirodovedné oddeleni

Kutna Hora: Ustav nerostnych surovin odbor studijni

Praha: Narodni Technické Museum

UdSSR:

Leningrad: Academy of Sciences of the USSR

Ungarn:

Budapest: Magyar Karszt-és Barlangkutató Társulat

USA:

Lexington/Kentucky: University, Libraries

C. Geologische Karten

In den letzten Jahren konnte die geologische Karten-Sammlung durch Tausch und auch durch den Ankauf nachstehender Karten ergänzt werden. Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1 : 100.000 von H. Flügel, Wien 1960

Geologische Karte Blatt: Stadl-Murau 1 : 50.000 mit Erläuterungen von A. Thurner, Wien 1958

Geologische Karte des Naßfeld-Gartnerkofelgebietes in den Karnischen Alpen 1 : 25.000 von F. Kahler, S. Prey und E. H. Weiss, Wien 1959

Geologische Karte Blatt: Mattersburg-Deutschkreuz 1 : 50.000 mit Erläuterungen von J. Fink, F. Kümel, H. Küpper, K. Lechner und A. Ruttner, Wien 1957

Geologische Karte der Umgebung von Gastein: 1 : 50.000 mit Erläuterungen und Panorama von Ch. Exner, Wien 1956/57

Auf Grund umfangreicher Literaturstudien konnte für das Bundesland Steiermark eine Übersichtskarte gezeichnet werden, in der alle bereits bearbeiteten Teilgebiete eingetragen wurden, von denen geologische Karten vorhanden sind. Diese Übersichtskarte ist bei Anfragen und Beratungen sehr wertvoll, da man bereits auf den ersten Blick ersieht, ob das gefragte Gebiet geologisch kartiert ist, wer es bearbeitet hat bzw. wo die dazugehörige Literatur zu finden ist. Diese Karte wird mit den zweckentsprechenden Erläuterungen in einem der nächsten Mitteilungshefte erscheinen.

Hand in Hand mit der Erstellung der vorherbeschriebenen Übersichtskarte wurde das gesamte geologische Kartenmaterial an der Abteilung gesichtet und neu geordnet. Ebenfalls wurde eine Karte darüber angelegt.

D. Mitteilungshefte

In der Berichtszeit wurden insgesamt vier Mitteilungshefte ausgedruckt. Für 1959 und 1960 gelangte je ein Heft in Verkehr. Beide Hefte enthalten Arbeiten von Andreas Thurner.

Heft 20-1959 behandelt die Geologie des Pleschaitz bei Murau. Der Aufsatz enthält vorwiegend die petrographischen und tektonischen Ergebnisse des Gebietes. Eine geologische Karte im Maßstab 1 : 25.000 und eine Profiltafel machen das Erläuterte verständlicher.

Die Arbeit des Heftes 21-1960 umfaßt die Geologie der Berge nördlich des Wölztales zwischen Eselsberg- und Schönberggraben und stellt eine Fortsetzung der vorherigen Arbeit (Heft 22) in nordöstlicher Richtung dar. Der Nordoststrand des Murauer Paläozoikums wird einer Gliederung unterzogen und der tektonische Zusammenhang erörtert. Auch dieser Abhandlung ist eine geologische Karte im Maßstab 1 : 25.000 mit zahlreichen Profilen beigegeben.

Im Jubiläumsjahr 1961 wurden zwei stärkere Mitteilungshefte gedruckt. Mit der ersten Arbeit wird der sechste Beitrag zu den Neuen Säugetierfunden aus dem Jungtertiär der Steiermark gegeben. Es werden Neufunde der letzten Zeit aus dem Glanzkohlenbergbau von Fohnsdorf, welche Lagerstätte bis vor kurzem wenig Funde geliefert hat, behandelt. Funde von *Dinotherium bavaricum*, von *Hyotherium*- und *Dicerorhinus*-Resten werden paläontologisch bearbeitet und stratigraphisch und phylogenetisch ausgewertet.

Das Heft 23 enthält die Erläuterungen zur geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes im Maßstab 1 : 100.000. Die dazugehörige geologische Karte wurde bereits 1960 von der geologischen Bundesanstalt in Wien 1960 gedruckt. Die Geologie des Grazer Berglandes, wie der Haupttitel der Abhandlung lautet, wurde von Helmut Flügel verfaßt, wozu noch weitere steirische Fachkollegen Teilbeiträge lieferten. „Die Arbeit stellt eine Art Zwischenbilanz unseres Wissensstandes dar, wobei angestrebt wurde, gesicherte Erkenntnisse von möglicher Deutung zu trennen“, wie der Autor selbst seinen Beitrag bewertet.

III. Außentätigkeit:

A. Tagungen, Vorträge und Dienstreisen

Anlässlich des Erzherzog-Johann-Gedächtnisjahres wurde in Vordernberg am 16. Mai 1959 das ehemalige Radwerk IV durch den Verein der Freunde des Radwerkes IV soweit wieder instandgesetzt, daß es als Museumsobjekt für die Besucher zugänglich wurde und der Produktionsprozeß an Hand der noch teilweise vorhandenen Inneneinrichtung erklärt werden kann. Die Vervollständigung der Innengestaltung wird noch viel Mühe und Arbeit kosten. Der Eröffnung ging in der Montanistischen Hochschule in Leoben ein Festakt voraus. Mitte Juli 1959 veranstaltete die Steiermärkische Landesregierung eine Gedenkfahrt nach Meran und zum Mausoläum des steirischen Prinzen nach Schenna. An beiden Feiern konnte der Ref. teilnehmen.

Am 27. Juni 1959 wurde in Salzburg mit einem Festakt das Haus der Natur im neuen Hause eröffnet. Als Geschenk wurde ein mächtiger Höhlenbärschädel aus dem Kugelsteingebiet überbracht.

Wie in den Vorjahren konnte auch in den Berichtsjahren die Tagungen der Fachgruppe Geologie und Mineralogie des naturwissenschaftlichen Vereines in Klagenfurt besucht werden (6. 6. 1959, 7. 5. 1960, 6. 5. 1961 und 11. 11. 1961).

In der Zeit vom 20. bis 26. September 1959 fand die 11. Tagung der Deutschen Naturwissenschaftlichen Museen in Graz mit einer zweitägigen Exkursion in der Steiermark statt, an welcher Veranstaltung der Ref. teilnehmen und sammlungstechnisch wertvolle Anregungen sammeln konnte. Die Neuaufstellung in unserer Museumsabteilung in Form eines redenden Museums wurde allgemein anerkannt.

Die Abgrenzung eines engeren und weiteren Quellschutzbezirkes für die auszubauende Wasserversorgung des Landesfürsorgeheimes in Kindberg machte eine geologische Begutachtung erforderlich (10. 11. 1959).

Im Verlaufe der Sommerakademie 1961 des Landes Steiermark hielt der Ref. einen Vortrag mit dem Thema: Steirische Höhlen, der Begegnungsraum eiszeitlichen Lebens.

Vom 4. bis 10. September 1961 fand in Bruck an der Glocknerstraße die 6. Arbeitstagung Österreichischer Geologen statt, an der von der Museumsabteilung der Ref. und Dr. Homann teilnahmen. Zahlreiche Exkursionen und Vorträge zeigten die geologischen Probleme des Tauernnordrandes auf.

Im Zuge der Durchführung des III. Internationalen Speläologenkongresses in Wien und Obertraun wurde auch eine Vorexkursion in den Mittelsteirischen Karst in der Zeit vom 15. bis 17. September 1961 geführt mit dem Schwerpunkt in Graz. Die Programmgestaltung und Organisation der Veranstaltung wurde von der Museumsabteilung geplant und durchgeführt. Anlässlich der Eröffnung hielt der Ref. einen Vortrag über Höhlenforschungen am Joanneum. Zahlreiche Exkursionen in das Karstgebiet um Peggau machten die Teilnehmer mit verschiedenen Höhlen dieses Gebietes bekannt. Ein festlicher Empfang, den die Steiermärkische Landesregierung in den Prunkräumen des Schlosses Eggenberg für die Kongreßteilnehmer gab, bildete den eindrucksvollen Abschluß des Vorexkursionsprogrammes.

Vom 18. bis 21. Oktober 1961 wurde noch die internationale Arbeitstagung für Geomechanik in Salzburg vom Ref. und Dr. Homann besucht.

Die an der Abteilung tätige Paläontologin, Frau Dr. M. Mottl, hat an der Neogentagung in Wien in der Zeit vom 15. bis 18. Juli 1959 teilgenommen.

Am 12. Juni 1959 wurden von ihr Besprechungen geführt zwecks Präpa-

ration, Konservation und Bearbeitung eines wertvollen Vertebratenmaterials des geologischen Institutes der Montanistischen Hochschule in Leoben.

Weiters hat Frau Dr. Mottl Vergleichsstudien an Höhlenbärschädeln und tertiären Säugetieren im paläontologischen Institut der Universität Wien und am Naturhistorischen Museum betreiben können (22.—25. 6. 1960 und 1.—2. 3. 1961). Auch für den Exkursionsführer der Deutschen Prähistoriker-Tagung hat Frau Dr. Mottl Beiträge geliefert.

Eine Reihe von Dienstreisen war notwendig, um gemeldete Funde bzw. ihre Fundstellen zu begutachten und aufzunehmen.

B. Heimatmuseum Trautenfels

Als am 9. August 1959 die volkskundlichen, volkswirtschaftlichen und zoologisch-botanischen Teile des Heimatmuseums für den Besuch freigegeben wurden, waren die für die geologisch-mineralogische Schau bestimmten Räume als Depot verwendet worden, da keine andere Möglichkeit gefunden werden konnte, um das für die Schaustellung nicht geeignete Material aufbewahren zu können. Bis zur Abfassung dieses Berichtes hat sich der Zustand nicht geändert.

Aus diesem Grunde und infolge der fehlenden Geldmittel zur weiteren Ausgestaltung der noch zu einrichtenden Räumlichkeiten wurde die Exkursionstätigkeit zwecks Aufsammlung von Belegstücken stark eingeschränkt. Vom 17. bis 30. Juli 1959 wurden Exkursionen vorwiegend im Raume St. Gallen und Altenmarkt unternommen. Auch im Zuge der landeskundlichen Bestandsaufnahme wurden Schaustücke für das Heimatmuseum aufgesammelt.

Die Museumsabteilung beteiligte sich bei der Sonderschau „100 Jahre Ennsverbauung“ durch die Gestaltung einer großen Vitrine mit Gesteinen der Gebirgswelt zu beiden Seiten des steirischen Abschnittes des Ennslaufes.

Vorbereitende Besprechungen für die Ausarbeitung von geologischen Großtabellen über die Entfaltung des Lebens auf unserer Erde mit Dr. K. Haiding, dem Leiter des Heimatmuseums und dem gestaltenden Architekten Dipl.-Ing. E. Holub-Graz wurden gepflogen.

C. Lurgrottenmuseum

Anlässlich des III. Internationalen Speläologenkongresses, Vorexkursion Steiermark im September 1961 wurde das Lurgrottenmuseum in der Vorhalle der Lurhöhle weiter ausgebaut.

Zusätzlich zu den bereits drei großen Vitrinen (Sinter und Minerale, eiszeitliche Fauna und Funde in Höhlen von der Steinzeit bis in die jüngste Vergangenheit — Näheres im Mitteilungsheft 19) gelangte in der Vorhalle der Lurgrotte ein Höhlenbärskelett zur Aufstellung. In mehreren Flachvitrinen wurden die rezente Höhlenfauna und historische Berichte über die Erforschung der Höhle ausgestellt. An der Stirnwand der Vorhalle wurde ein Profil durch die eiszeitliche Schichtenfolge freigelegt und durch Beschriftung der verschiedenen alten Höhlensedimente ihr erdgeschichtliches Alter angezeigt. Vor dem Eingang zum Museum wurden geologische Karten der Umgebung, eine hydrologische Karte sowie eine Skizze mit den Resultaten des Sporentrift- und Chlorierungsversuches aufmontiert. In diesen Karten ist nicht nur der engere Bereich der Höhle, sondern auch die weitere Umgebung, also das Kerngebiet des mittelsteirischen Karstes dargestellt. Ein Plan und Aufriß der Lurhöhle vervollständigen die Schau, welche nun ständig für die zahlreichen Besucher der Höhle zugänglich ist.

D. Grabungen und Bergungen

Wie in den Vorjahren so konnten auch in den drei Berichtsjahren im Rahmen der landeskundlichen Bestandsaufnahme zweimal im Jahre mit einer

Dauer von je fünf Wochen im Höhlengebiet des Kugelsteins bei Peggau systematische Grabungen durchgeführt werden. Dabei wurde die Bärenhöhle II am Kugelstein vollständig durchforscht. Im Zuge der Grabungen wurde auch eine Sintergrotte erschlossen. Das überreiche, äußerst interessante Höhlenbärmaterial neben der übrigen Eiszeitfauna sowie zwei primitive Artefakta haben die Grabungen lohnenswert gemacht.

Ab dem Frühjahr 1961 wurden die Grabungen in der Kugelsteinhöhle III, der etwa 25 m höher gelegenen Höhle fortgesetzt. Auch hier wurden bereits reiche fossile Vertebratenfunde gemacht. In einer vor der Grabungszeit vollständig verschlossenen „Grotte“ konnten römische Funde (Öllämpchen) geborgen werden.

Die Grabungen wurden wöchentlich zweimal von der Museumsabteilung überprüft und das Sortieren überwacht. In der Zwischenzeit hat mit viel Umsicht und Fleiß Herr Konrad Hofer-Deutschfeistritz bei Peggau die Grabungen mit einem Helfer betrieben. Ihm sei auch auf diesem Wege für seine stete Einsatzbereitschaft gedankt.

Um größere Funde in Schottergruben sachgemäß zu bergen, war es auch erforderlich, daß Grabungen im Bereiche der Fundstelle und auch der Abtransport der Fundstücke ins Museum in Eigenregie durchgeführt werden mußten.

Dieser Vorgang war bei der Bergung von Mastodonmandibelfragmenten und Zähnen aus Birkfeldwald bei Hartberg (10. 4. 1959) notwendig. Ein anderes Mal war in der Schottergrube in Graz, Münzgrabenstraße, eine vorsichtige Nachgrabung erforderlich, wodurch ein 1,30 m langes Fragment eines Mammutstoßzahnes geborgen werden konnte, welches Stück das längste bis jetzt in der Steiermark gefundene Fragment darstellt (8. 7. 1960).

Ein anderes steirisches Prunkstück konnte in einer Sandgrube in Breitenfeld bei Riegersburg Mitte Juli 1961 geborgen werden. In mehrtägigen Grabungen wurde auf Grund einer Fundmeldung des dortigen Schulleiters ein fast intakter Unterkieferast eines *Mastodon longirostris*, der Oberschädel und Teile des zweiten Unterkieferastes freigelegt. Leider war trotz aller Vorsicht nur ein Teil der Funde durch vorheriges Teilkonservieren an Ort und Stelle transportfähig. Jedenfalls die gesamte Bezahlung mit Stoßzahnfragmenten, der eine Unterkieferast (der größte bis jetzt in der Steiermark gefundene) sowie große Teile des anderen Astes liegen zur Zusammen- bzw. zur Schauung bereit.

Als bei den Regulierungsarbeiten des Ritscheinbaches bei Gillersdorf (Bezirk Fürstenfeld) Ende September 1961 Baumstämme von 1,30 m Durchmesser in 4 m Tiefe angefahren wurden, wurde ebenfalls an Ort und Stelle die Lagerung studiert, um gegen die Flut der übertriebenen Meldungen in den Tagesblättern auftreten zu können. Der „Wald“ reduziert sich auf einige Stämme einer Eichenart, vermutlich Stieleiche (Bestimmung Doc. Dr. Rößler-Bot. Inst. d. Univ. Graz). Eine Scheibe des mächtigsten Stammes wurde auch an die Museumsabteilung abgetreten. Eine Altersbestimmung mit Hilfe der Radio-Carbonmessungen wird in die Wege geleitet.

Durch fallweise Begehungen der Schottergruben und Ziegeleien konnte mancher Fund gerettet werden. Die Arbeiter in den Schottergewinnungsbetrieben werden immer bei dieser Gelegenheit aufmerksam gemacht, etwas wachsam zu sein und etwaige Funde sofort zu melden.

E. Geologischer Autoführer für die Steiermark

Im Arbeitsjahr 1961 wurde der Gedanke aufgegriffen, einen Geologischen Autoführer der Steiermark in der Reihe unserer Mitteilungshefte abzdrukken. Der Zweck einer solchen Veröffentlichung soll sein, den geologisch interessierten

Laien und dem Fachkollegen des Auslandes in die Geologie der Steiermark von der Autostraße her einzuführen. Es wird daran gedacht, die vielen künstlichen und natürlichen Gesteinsaufschlüsse, welche für bestimmte Gesteinsformationen und -gruppen charakteristisch sind, in ihrer Örtlichkeit und geologischen Stellung genau zu beschreiben. Außerdem soll der vor allem mit der Gegend nicht vertraute Geologe auch erfahren, an welche Stelle er sich wenden muß, wenn er die Genehmigung braucht, um einen Steinbruch oder anderen Betrieb besichtigen zu können.

Die gesamte Steiermark wurde mit einem Straßennetz in der Gesamtlänge von 1.800 km überzogen, welche Gesamtstrecke in 15 Haupt- und 7 Nebenrouten unterteilt wurde. Davon wurde im Jahre 1961 ungefähr zwei Drittel der Strecken informativ bereist. Eine Arbeitsgruppe bestehend aus Univ.-Prof. Dr. H. Flügel, Univ.-Doc. Dr. V. Maurin, Dr. A. Alker und Dr. O. Homann hat sich dazu gebildet. Die Aufteilung der Arbeitsgebiete erfolgte so, daß Flügel-Maurin die Routen mit vorwiegend tertiären, mesozoischen und paläozoischen Anteilen zu bearbeiten haben und Alker-Homann das Vulkangebiet, das Kristallin und die Grauwackenzone behandeln. Von Flügel wurden bereits Routen im weststeirischen und oststeirischen Tertiär, sowie die Strecke Neuberg-Mariazell-Gußwerk-Hieflau (Mesozoikum) befahren. Maurin wird voraussichtlich einen speläologischen-hydrologischen und morphologischen Beitrag liefern. Von seiten der Museumsabteilung konnten im Zuge der landeskundlichen Bestandsaufnahme die erforderlichen Mitteln zur Routenbefahrung flüssig gemacht werden. Ebenso konnten unter dieser Voraussetzung die Dienstreisen für Dr. Alker (Abt. f. Mineralogie) und Dr. Homann (Mus. f. Bergbau) durchgeführt werden. In 26 Exkursionstagen wurden von Dr. Homann vorwiegend die ober- und weststeirischen Kristallingebiete befahren. Es wurde ein reiches Untersuchungs- und Sammlungsmaterial für die Museumsabteilung aus dem Koralpen-Stubalpengebiet, aus den Niederen Tauern, aus dem Turracher Gebiet sowie von der Mürztaler Grauwackenzone und dem Kristallin des Floing-Troiseckzuges eingebracht.

Die Routenbefahrungen werden im Jahre 1962 fortgesetzt.

F. Natur- und Landschaftsschutz

Infolge der Berufung des Museumsvorstandes in den Naturschutzbeirat der Steiermärkischen Landesregierung und strafferen Handhabung der Natur- und Landschaftsschutzbestimmungen, wurde der Ref. zu zahlreichen Kommissionierungen als Sachverständiger beigezogen. In der 1. ordentlichen Hauptversammlung der Landesgruppe Steiermark des Österreichischen Naturschutzbundes am 13. Februar 1959 erhielt der Ref. das Ausschußmandat: Joanneum-Geologie.

Die wichtigsten Ereignisse waren wohl die Festlegung eines Schutzstreifens für die Lurhöhle in Peggau (29. 6. 1959) und die Erteilung der Ausnahme-genehmigung für den Steinbruchbetrieb der Steirischen Montanwerke (27. 11. 1959), die Abgrenzung eines Voll- und Teilnaturschutzgebietes im Seekar auf der Koralpe (30. 9. 1960), die Abgrenzung des Naturschutzgebietes in den Schladminger Tauern und des Dachsteins mit je einer vorbereitenden Aussprache aller Interessenten in Haus a. d. Enns (5. 10. 1960) und auf der Ramsau (6. 10. 1960). Mit einer Geländebefahrung und zwei Teilverhandlungen wurden am 4. November 1960 die vorbereitenden Beratungen abgeschlossen, um das Schöckel- und Rannachgebiet nördlich von Graz zu einem Landschaftsschutzgebiet zu erklären.

Zahlreiche Verhandlungen und Begehungen erforderten Steinbrüche und Schottergruben, für deren Errichtung in Landschaftsschutzgebieten eine Aus-

nahmegenehmigung erforderlich war oder deren Betriebsweiterführung an eine nachträgliche Genehmigung gebunden war. Zum Schutze der Landschaft waren auch Ablehnungen erforderlich.

In der Berichtszeit war die Teilnahme des Ref. als Amtssachverständiger an über 30 Verhandlungen, Begehungen und Festlegung der Abbaugrenzen in Schottergruben und Steinbrüchen fast in der ganzen Steiermark erforderlich. Schwerpunkte waren die Gegend des Sauerbrunngrabens bei Stainz (Stainzerplatten und Kantsteine), Gröbming (Kalkstein und Schotter) und Mitterndorf i. S. (Kalk- und Gipsbruch). In der Oststeiermark das Vulkangebiet um Gleichenberg und Klöch.

Durch die örtlichen Begehungen konnte meist Landschaftsverunstaltung verhindert und dennoch ein gewerblicher Betrieb gesichert werden.

IV. PERSONALSTAND

Dr. Karl Murban, Kustos 1. Klasse und Vorstand, ab 1. 1. 1959 auf einen Dienstposten der Dienstklasse VII befördert.

Dr. Maria Mottl, Kustos 1. Klasse.

Dr. Oskar Homann, Vertragsbediensteter des wissenschaftlichen Dienstes ab 24. 2. 1961

Walter Stipperger, pragm. Kanzleikraft, wurde seit 20. 2. 1959 von der Museumsabteilung abgezogen und in die Landesstelle für Bild- und Tondokumentation versetzt.

Josef Pernegg, Ober-Aufseher (Präparator).

Charlotte Dohr, Hausarbeiterin, seit 12. 4. 1961 verehelichte Konrad.

Glück auf!



Im Jänner 1962

Für die Museumsabteilung:
Dr. Karl M u r b a n

Vorstand des Museums f. Bergbau, Geologie u. Technik

Bisher sind folgende Mitteilungshefte erschienen:

- Heft 1: F. Heritsch: Neue Versteinerungen aus dem Devon von Graz. Graz, 1937.
- Heft 2: E. Haberfellner: Die Geologie des Eisenerzer Reichenstein und des Polster. Graz, 1935 (vergriffen).
- Heft 3: K. Murban: Die vulkanischen Durchbrüche in der Umgebung von Feldbach. Graz, 1939.
- Heft 4: W. v. Teppner: Tiere der Vorzeit. Graz, 1940.
- Heft 5: M. Loehr: Die Radmeister am steirischen Erzberg bis 1625. — E. Ehrlich: Aus den Werfener Schichten des Dachsteingebietes bei Schladming. Graz, 1946.
- Heft 6: W. v. Teppner: Das Modell eines steirischen Floßofens im Landesmuseum Joanneum, Abt. für Bergbau und Geologie. Graz, 1941.
- Heft 7: K. Murban: Riesen-Zweischaler aus dem Dachsteinkalk. Graz, 1952.
- Heft 8: M. Mottl: Steirische Höhlenforschung und Menschheitsgeschichte. Graz, 1953.
- Heft 9: Die Bärenhöhle (Hermann-Bock-Höhle) im kleinen Brieglersberg, Totes Gebirge. I. K. Murban: Geologische Bemerkungen zum Bau des Südostteiles des Toten Gebirges. — II. M. Mottl: Ergebnisse der Befahrung und Untersuchung der Bärenhöhle. Graz, 1953.
- Heft 10: W. Fritsch: Die Gumpeneckmarmore. — W. Fritsch: Die Grenze zwischen den Ennstaler Phylliten und den Wölzer Glimmerschiefern. Graz, 1953.
- Heft 11: Eiszeitforschungen des Joanneums in Höhlen der Steiermark. K. Murban: Geologische Bemerkungen. — M. Mottl: Die Erforschung der Höhlen. Graz, 1953.
- Heft 12: A. Schouppé: Revision der Tabulaten aus dem Palaeozoikum von Graz. Die Favositiden. Graz, 1954.
- Heft 13: M. Mottl: Hipparion-Funde der Steiermark. Dorcatherium im Unterpliozän der Steiermark. Graz, 1954.
- Heft 14: O. Homann: Der geologische Bau des Gebietes Bruck a. d. Mur bis Stanz. Graz, 1955.
- Heft 15: M. Mottl: Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark. — M. Mottl: Neue Grabungen in der Repolusthöhle bei Peggau in der Steiermark. (Mit einem Vorwort von K. Murban). Graz, 1956.
- Heft 16: W. Stippenberger: Schrifttum über Bergbau, Geologie und Karstforschung und Heilquellen, Hydrogeologie, Mineralogie, Paläontologie, Petrographie und Speläologie des politischen Bezirkes Liezen, Steiermark, von 1800 bis 1956.
- Heft 17: H. Flügel: Revision der ostalpinen Heliolitica. Graz, 1956.
- Heft 18: G. Kopetzky: Das Miozän zwischen Kainbach und Laßnitz in Südweststeiermark. Graz, 1957.
- Heft 19: M. Mottl: Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark. — A. Papp: Bemerkungen zur Fossilführung von Jagerberg bei St. Stefan in der Oststeiermark. Graz, 1958.
- Heft 20: A. Thurner: Die Geologie des Pleschaitz bei Murau. Graz, 1959.
- Heft 21: A. Thurner: Die Geologie der Berge nördlich des Wölzertales zwischen Eselsberg und Schönberggraben. Graz, 1960.
- Heft 22: M. Mottl: Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark. VI. Neue Säugetierfunde aus dem Glanzkohlenbergbau von Fohnsdorf. Die Dorcatherien (Zwerghirsche) der Steiermark. Graz, 1961.
- Heft 23: H. Flügel: Die Geologie des Grazer Berglandes. Graz, 1961.