

Z. dt. geol. Ges.	127	271–289 6 Abb.	Hannover 1976
-------------------	-----	-------------------	---------------

DOI: 10.1127/zdgg/127/1976/271

## Riff-Becken-Entwicklung in der Mitteltrias der westlichen Nördlichen Kalkalpen

THILO BECHSTÄDT & HELFRIED MOSTLER \*)

Middle Triassic, suite of facies, bioherm, basin, limestone (Reiflinger Kalk), marl (Partnach-Schichten), unconsolidated pyroclastics, tuffite  
German Alps, Austrian Northern Alps

**Kurzfassung:** Mitteltriadische Profile des Untersuchungsbereiches ergaben, daß zwischen der Riffentwicklung des Wettersteinkalkes und der mergeligen Beckenfazies der Partnach-Schichten noch eine häufig kieselknauerführende karbonatische Beckenentwicklung (Reiflinger Kalke) auftritt. Beim Vorwachsen in das Becken, über den eigenen Riffschutt hinweg, legt sich das Riff anfangs auf die kalkige, später auch auf die mergelige Beckenentwicklung. Pyroklastische Lagen (Tuffe und Tuffite) treten innerhalb der karbonatischen Beckenfazies insbesondere im Fassan (inklusive *avisianus*-Zone) auf.

Bei einer Abwicklung der Inntal-Decke nach S ergeben sich im Meridian von Innsbruck drei, etwa ENE-WSW-streichende Riffkomplexe (Rotationen nicht mit berücksichtigt). Weiter im W (Bereich von Reutte–Arlberg–Imst) sind es nur zwei Riffbereiche, die ein breites Partnach-Becken zwischen sich einschließen.

### [Middle-Triassic reef-basin-development in the western part of the Northern Limestone Alps]

**Abstract:** Geologic sections through the Middle Triassic in the investigated areas show reef-facies (Wetterstein limestone) and synchronous marly basin facies (Partnach beds). Between these facies we find a silex-bearing calcareous basin facies (Reifling limestone).

The Wetterstein-reef, growing into the basin, covers first the calcareous basin-facies nearer by, later on also parts of the marly basin facies. Pyroclastic layers (tuffs and tuffites) can be found within the carbonate basin facies, especially in the Fassanian substage (including *avisianus*-zone).

If we remove the Inntal-nappe towards the south, in the meridian of Innsbruck, we can find three reef-complexes, striking approximately ENE-WSW (possible rotations not included). Further to the west, in the region of Reutte–Arlberg–Imst, we have only two reef-areas, which contain a more extended Partnach-basin in between.

### Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Verhältnis der einzelnen Gesteinstypen untereinander
3. Altersstellung
4. Paläogeographie
  - 4.1. Entwicklung des Ablagerungsraumes
  - 4.2. Anordnung von Riff und Becken
5. Conclusion
6. Danksagung
7. Schriftenverzeichnis

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. T. BECHSTÄDT, Inst. f. Allgem. u. Angew. Geologie d. Univ. München, Luisenstr. 37, D-8000 München 2; Prof. Dr. H. MOSTLER, Inst. f. Geologie u. Paläontol. d. Univ. Innsbruck, Universitätsstr. 4, A-6020 Innsbruck.

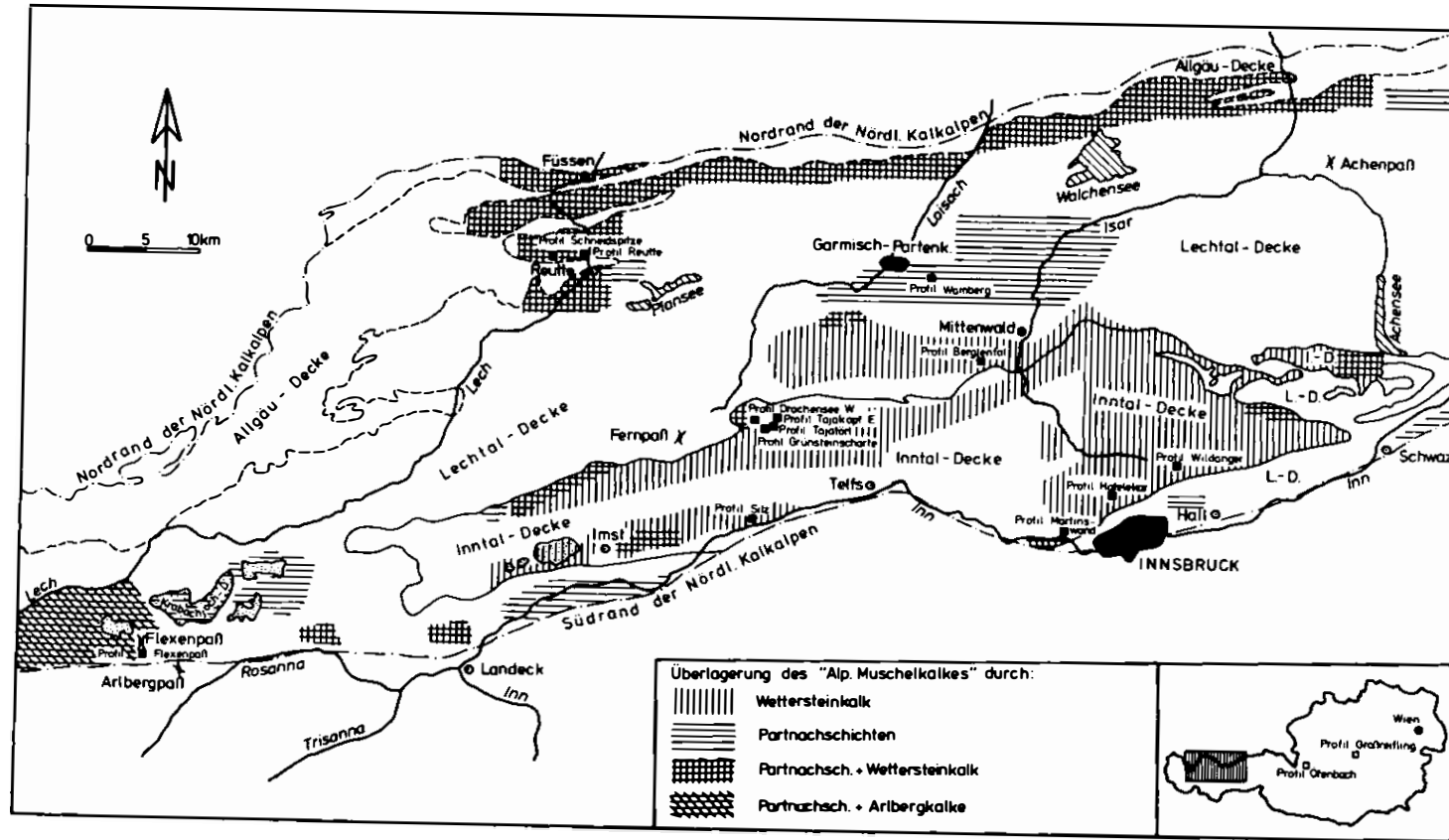


Abb. 1: Lageskizze des Untersuchungsgebietes. Aufgetragen sind die den Reiflinger Kalk überlagernden stratigraphischen Einheiten, die Abgrenzung der tektonischen Einheiten sowie die Lage der aufgenommenen Profile.

## 1. Einleitung

Im Westteil der Nördlichen Kalkalpen wurden im hangenden Alpinen Muschelkalk eine Reihe von Profilen aufgenommen (vgl. Abb. 1 und Abb. 2). Zwei Profile weiter im E, das Profil Öfenbach sowie das Profil von Großreifling dienten als Vergleich. Bis vor kurzem schien das stratigraphische Gerüst der uns hier interessierenden Schichtfolge weitgehend gesichert, auch Bearbeitungen in neuerer Zeit (FRISCH 1968, 1975 \*); HIRSCH 1966; KOBEL 1969; KUBANEK 1968; SARNTHEIN 1965, 1966, 1967) brachten, stratigraphisch gesehen, keine wesentlichen Neuergebnisse. Der hangende Alpine Muschelkalk wurde als weitgehend oberanisch angesehen, während Wettersteinkalk und Partnach-Schichten dem Ladin bzw. Unteren Karn (rechnet man das Cordevol zum Karn) zugeordnet wurden. Die Faunen, die zu dieser stratigraphischen Einstufung führten, sind in BECHSTÄDT & MOSTLER (1974) näher angeführt. Der „Knollenkalk“ (= Reiflinger Kalk, siehe später) wurde aufgrund der darin enthaltenen Fauna vom Kerschbuchhof in das obere Anis (*Trinodosus*-Zone) eingestuft, der darüber folgende Bankkalk bzw. Vorriffkalk (als Partnach-Kalk, Übergangskalk oder unterer Wettersteinkalk bezeichnet) wurde zur Gänze dem Ladin zugewiesen. Die von uns aufgefundenen und in zahlreichen Profilen zu beobachtende Vertretung der Knollenkalke durch Bankkalke war noch nicht bekannt. Man war deshalb von der Überlagerung der Knollenkalke durch Bankkalke überzeugt und legte zwischen beide die Anis-Ladin Grenze.

Die Riffnatur des Wettersteinkalkes wurde schon bald erkannt (vorerst noch ohne Unterteilung in Riff- und Lagunenfazies), die tonig-mergeligen Partnach-Schichten wurden als gleichalte Beckenfazies angesehen. In den Profilen des Verzahnungsbereiches von Wettersteinkalk und Partnach-Schichten liegt nun stets die Rifffazies über der Beckenfazies, es ist also ein Vorwachsen der Riffe in das Partnach-Becken hinein, über den eigenen Schutt hinweg, zu beobachten. Dies war Ausgangspunkt für das Schaubild von SCHNEIDER (1964: 41), das den Alpinen Muschelkalk als einzeitige Basis der darüber folgenden „ladinischen“ Riff-Becken-Entwicklung ansieht. Die Knollenkalke enden dieser Darstellung nach kurz vor dem Beginn des Riffwachstums.

OTT (1967) kommt nach der Analyse von Flora und Fauna des Wettersteinkalkes zu einem recht ähnlichen Modell, das erwähnte SCHNEIDERSCHE Schaubild entspricht auch weitgehend den Ansichten SARNTHEINS (1965, 1966, 1967). Während also moderne mikrofazielle und mikrofaunistische (bzw. floristische) Bearbeitungen des Wettersteinkalkes vorliegen (OTT 1967, 1972 etc.), trifft dies für den Alpinen Muschelkalk, von der stratigraphischen Warte aus gesehen, nur teilweise zu. In Riffgesteinen, wie dem Wettersteinkalk, sind nun stratigraphische Ergebnisse nur sehr bedingt zu erreichen, während der hangende Alpine Muschelkalk mit seinen gelegentlich ammonitenführenden Filamentkalcken hier wesentlich erfolversprechender schien. Diese Bearbeitung ließ u. a. wichtige Schlüsse über den Zeitpunkt des Riffwachstums erwarten, Schlüsse, die aus dem Riffgestein selbst gar nicht gewonnen werden können.

Auf die Diskussion um die Namensgebung für die einzelnen Schichtglieder des Alpinen Muschelkalkes kann hier nicht eingegangen werden (vgl. BECHSTÄDT & MOSTLER 1974). Es gibt jedoch keinen Zweifel, daß die Knollenkalke, Kieselknollenkalke (mit Tuffen und Tuffiten), kieselsäureführenden, ebenflächigen Kalke usw. völlig den Reiflinger Kalcken des

\*) Während der Drucklegung dieser Arbeit erschien die Veröffentlichung von FRISCH (1975), die eine Kurzfassung der Ergebnisse der unveröffentlichten Doktorarbeit des Autors (1968) darstellt. Auf die oft beträchtlichen Unterschiede in der faziellen Ausdeutung einzelner Profile wie auch auf große Unterschiede in der Korrelation der Profile soll in einer späteren Arbeit eingegangen werden. Hier wird nur darauf hingewiesen, daß mit Ausnahme einzelner Profile in der „Zone III“ von FRISCH alle „Lithofazies-Zonen“ sich nur auf jeweils eine tektonische Einheit erstrecken (Lechtal-Decke oder Inntal-Decke). Das späte Erscheinungsdatum der Arbeit ist zu bedauern, leidet doch der paläogeographische Teil beträchtlich darunter, daß entsprechend der alten Stratigraphie Partnach-Schichten und Wettersteinkalk mit Ladin, Alpiner Muschelkalk mit Anis gleichgesetzt werden.

Typprofilen entsprechen. Wir schlagen deshalb vor, diesen Namen auch im Westteil der Nördlichen Kalkalpen für den hangenden Abschnitt des Alpinen Muschelkalkes zu gebrauchen. Wir haben jedoch gehört, daß diese Knollenkalke völlig durch ebenflächige Bankkalke (Bänke oft mehrere m mächtig) ersetzt werden können. Treten nun auch diese im E Österreichs auf? Aus dem Typprofil von Großreifling sind sie nicht bekannt. Analoge Gesteine kommen jedoch andernorts, z.B. im tieferen Abschnitt des nur wenig entfernten Profiles von Göstling vor (vgl. MOSTLER & SCHEURING 1974). Wir fassen also die Reiflinger Kalke als Formationsglied (member) der Formation des Alpinen Muschelkalkes auf, die „Reiflinger Knollenkalke“ und die „Reiflinger Bankkalke“ werden als informelle Einheiten des Formationsgliedes der Reiflinger Kalke angesehen (vgl. Vorschläge SCHWEIZER. GEOLOG. KOMMISSION 1973).

## 2. Verhältnis der einzelnen Gesteinstypen untereinander

Wir haben eben gehört, daß sich die zwei unterschiedlichen Ausbildungen der Reiflinger Kalke (Reiflinger Knollenkalk und Reiflinger Bankkalk) gegenseitig vollständig vertreten können. Auch vom mikrofaziellen Standpunkt ähneln sich beide stark; es handelt sich in beiden Fällen um radiolarien- und filamentreiche Lutite bzw. Sparite. Ein auffälliger Unterschied liegt in der Hornsteinführung bzw. in den pietra-verde-Zwischenlagen (= Tuffe und Tuffite), die in den Bankkalken weitgehend fehlen und die zusammen mit den Wühlgefügen als Verursacher der Knollenbildung herangezogen werden (KUBANEK 1969, BECHSTÄDT & MOSTLER 1974). Offenbar waren also einzelne Meeresbereiche unterschiedlich stark von den vulkanischen Ereignissen betroffen. Die Reiflinger Bankkalke wurden kaum beeinflußt, im Gegensatz zu den Reiflinger Knollenkalken. Die in den Reiflinger Bankkalken häufig auftretenden, bis dm-großen Hohlräume (insbesondere Stromatactis-Strukturen, vgl. BECHSTÄDT 1974) werden mit dem hier geringeren Tongehalt in Zusammenhang gebracht. Unterschiede in der Packungsdichte, vielfach durch wühlende Organismen bedingt, führten zu Sedimentkollaps (sensu HECKEL 1972).

Der Übergang Reiflinger Kalk in Wettersteinkalk geschieht meist ganz allmählich, dergestalt, daß sich immer gröber werdender Riffschutt, anfangs öfters als allodapische Kalke (MEISCHNER 1964), in die immer noch Filamente und Radiolarien führenden Beckenkalke (Knollenkalke, insbesondere aber Bankkalke) einschaltet. Dieser Übergangsbereich wird vielfach über 100 m mächtig. In den hangenderen größeren Lagen kann man die typischen Bewohner der Wetterstein-Riffe erkennen: Tubiphyten (*Tubiphytes obscurus* MASLOV), Sphinctozoen, Korallen, div. Algenbruchstücke.

Bei der andernorts zu beobachtenden Überlagerung der Reiflinger Kalke durch Partnach-Schichten bestehen die hangendsten Lagen des Reiflinger Kalkes meist aus sterilen Lutiten. Filamente treten zurück, ab und zu sind Grabgänge, oft auf den Schichtflächen, zu beobachten. Erste dünne Mergelbänke schalten sich ein, bis sich schließlich die Mergel der Partnach-Schichten durchsetzen. Bei den erwähnten hangenden Reiflinger Kalken handelt es sich meist um ebenflächige, ca. dm-mächtige Bänke. Im Gegensatz dazu können in den Reiflinger Kalken, die durch Wettersteinkalk überlagert werden, sehr häufig Bankkalke im Liegenden der Vorriffkalke beobachtet werden. Diese Bankkalke besitzen zumeist schon einen größeren Gehalt an Riffdetritus (vgl. Profile, Abb. 2). Dies läßt darauf schließen, daß die echten Bankkalke (mit Filamenten, Radiolarien, Stromatactis-Hohlräumen) eher flachwassernäher entstanden sind, als die Knollenkalke (siehe Abb. 6).

Von SCHLAGER & SCHÖLLNBURGER (1974: 170) wurden die von zahlreichen Autoren aus Schliffen von Gutensteiner- und Reiflinger Kalken gemeldeten Radiolarien angezweifelt

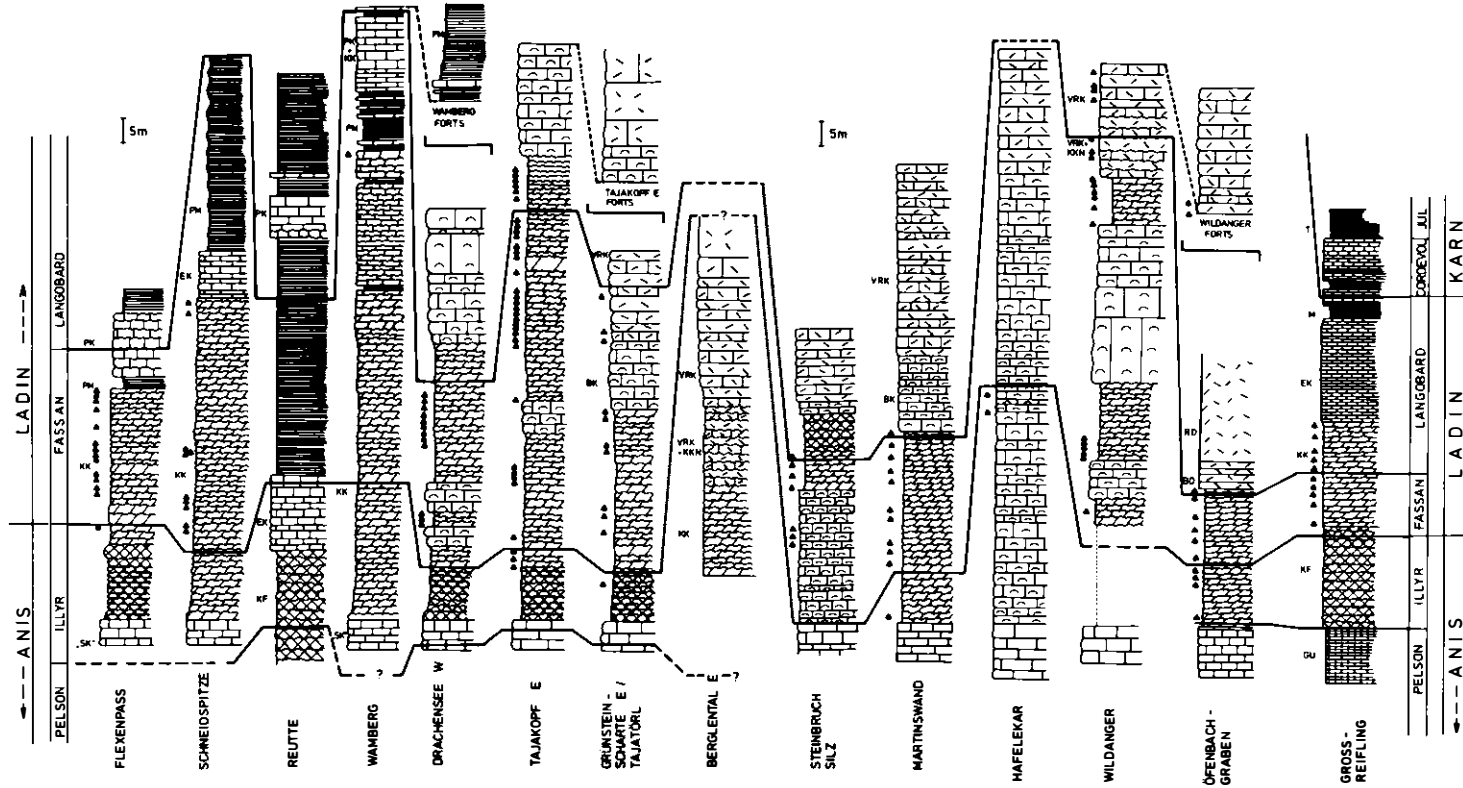


Abb. 2: Profile des Reiflinger Kalkes (bezüglich ihrer Lage vergleiche Abb. 1).  
Erläuterung: BD = bankiger Ramsau-Dolomit; BK = Bankkalk; EK = ebenflächige, dünn- bis mittelbankige Kalke, z.T. SiO<sub>2</sub>-führende Bänderkalke; GU = Gutensteiner Kalk; KF = Knollen- bis Knollenflaserkalk; KK = Kieselknollenkalk mit Tuffen und Tuffiten; KKN = Kieselknollen; M = Mergel- bis Tonmergelzwischenschaltungen; PK = Partnach-Kalk; PM = Partnach-Mergel; RD = massiger Ramsau-Dolomit; „SK“ = „Steinalmkalk“; T = Tonschiefer; VRK = Vorriffkalk; ▲ = Tuffe und Tuffite.

und u. a. mit Calcisphären verglichen. Von uns durchgeführte Rückstandsuntersuchungen brachten nun eine aus etwa 100 Arten bestehende, individuenreiche Radiolarienfauna aus beiden oben genannten Schichtgliedern. Eine Flachwasserdeutung der Gutensteiner Schichten stößt somit auf große Schwierigkeiten.

### 3. Altersstellung

Die 14 in die Untersuchung einbezogenen Profile wurden ausnahmslos in engen Abständen bemustert und ihre Mikrofaunenführung ausgewertet. Obwohl alle aus dem unlöslichen Rückstand gewonnenen Mikrofaunen (insgesamt 15 Tiergruppen) semiquantitativ erfaßt wurden, lag das Schwergewicht unserer Studien bei den Conodonten, Holothurien und Schwebcrinoiden. Allen voran stehen, die stratigraphische Bedeutung betreffend, die Conodonten. Gut stratigraphisch verwertbare Formen sind im Ladin allerdings eher spärlich vertreten, so daß in vielen Fällen nur die Kombination von Conodonten, Holothurienskleriten und Schwebcrinoiden zu exakten Einstufungen führte.

In einer Reihe von Profilen konnte durch das Auftreten von *Ozarkodina kockeli*, der Indexform der *kockeli*-Zone (KOZUR & MOSTLER 1972) das Mitteladin (Pelson) scharf vom Oberadin (Illyr) abgetrennt werden. Diese Grenzziehung war in einigen Fällen eher schwierig. Flachwassersedimente, wie z. B. Diploporenkalke etc. führen keine Conodonten und auch die typischen pelsonischen Schwebcrinoiden (deren Bearbeitung noch aussteht) fehlen hier. Die auf das Flachwasser beschränkten Holothurien haben zu wenig differenzierte Sklerite, um stratigraphisch verwertbar zu sein.

Das Oberadin konnte hingegen sehr gut erfaßt werden. In einigen Fällen lagen sogar Ammonitenfaunen vor, die sich eindeutig der *trinodosus*-Zone zuordnen ließen. Die stratigraphische Bedeutung der Conodonten konnte hier nochmals, anhand der Ammonitenfauna, kontrolliert werden. Die Einstufungen von KOZUR & MOSTLER (1972) wurden voll bestätigt: Die Subzone I der *excelsa* assemblage-Zone ist gekennzeichnet durch das gemeinsame Auftreten von *Gondolella excelsa* mit *Gondolella mombergensis* und *Gondolella navicula*, ohne *Gladigondolella tethydis*. Die mit den Conodonten in reicher Arten- und Individuenzahl auftretenden Holothuriensklerite sind der *consonus* assemblage-Zone nach MOSTLER (1972) zuordenbar. Diese spricht zwar am ehesten für Oberadin, eine Reihe von Formen, die man ursprünglich für rein illyrisch hielt, reichen jedoch bis in das Fassin hinein.

Sehr markant ist die Anis-Ladin-Grenze (die *avisianus*-Zone wird zum Unterladin gerechnet) durch das erstmalige Auftreten des *Gladigondolella tethydis*-Multielementes. Die reiche Conodontenfauna ist in die Subzone II der *excelsa* assemblage-Zone zu stellen. Mit Hilfe der Holothuriensklerite alleine ist das Oberadin vom Unterladin nicht abzutrennen.

Die Abgrenzung des Oberladins (Langobard) vom Unterladin ist sowohl mit Hilfe von Conodonten, als auch Roveacriniden möglich. *Metapolygnathus mungoensis*, eine weltweit verbreitete Conodontenart, die im Gegensatz zu bisherigen Meinungen relativ häufig in den Nördlichen Kalkalpen auftritt, setzt im Langobard ein. Im basalsten Abschnitt tritt *Metapolygnathus hungaricus* auf. Dieser kommt nahezu gleichzeitig mit einer Reihe von Schwebcrinoiden vor. Mit dem massenhaften plötzlichen Auftreten dieser Osteocrinus-Formen haben wir, selbst wenn die Conodonten-Leitformen ausfallen, eine gute stratigraphische Marke.

In der Beckenfazies war zum Teil auch noch das Unterkarn (Cordevol) in den Profilen von Großreifling und der Schneidspitze von Interesse. Im ersten Fall wurde die Einstufung mit Hilfe von Ammoniten vorgenommen, im anderen Fall mit Hilfe reicher Conodonten-



und Holothurienfaunen. Wichtig war hierbei die Plattform *Metapolygnathus mostleri* (*mostleri* assemblage-Zone sensu KOZUR & MOSTLER 1972), die allerdings vereinzelt schon im höheren Langobard einsetzt, im wesentlichen aber auf das Cordevol beschränkt ist.

#### 4. Paläogeographie

##### 4.1. Entwicklung des Ablagerungsraumes

Die früher nur als einzeitige Basis der Wettersteinkalke bzw. der Partnach-Schichten angesehenen Reiflinger Kalke sind, wie im Kapitel Altersstellung näher aufgeführt wurde, andernorts auch zeitgleich. Dies ist ein gutes Beispiel für WALTHERS Faziesregel (1894) (vgl. Abb. 3 und 6). Im Gegensatz zu der früher angenommenen Zweiteilung können wir im Ladin

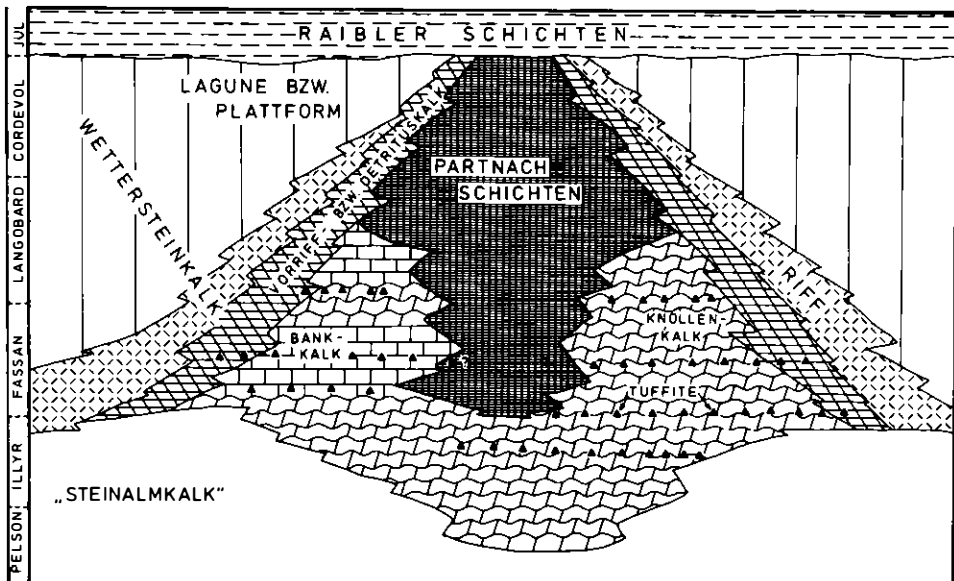


Abb. 3: Faziesschema vom mittleren Anis bis zum mittleren Karn im Westteil der Nördlichen Kalkalpen.

dieses Raumes also eine Dreiteilung des Ablagerungsbereiches beobachten. Diese drei Hauptfaziestypen sind: die Rifffazies des Wettersteinkalkes (mit Vorriff, Zentralriff, Back-Riff und Lagune), die karbonatische Beckenfazies der Reiflinger Kalke (Knollenkalk und Bankkalk) und die tonig mergelige (selten kalkige) Beckenfazies der Partnach-Schichten.

Die Reiflinger Kalke setzen dabei schon früher ein als Wettersteinkalk und Partnach-Schichten, da sie beide unterlagern können. Unter dem Reiflinger Kalk liegt „Steinalmkalk“ (vgl. BECHSTÄDT & MOSTLER 1974), eine Schwellenfazies, der mittlere Teil der Formation des Alpenen Muschelkalkes. Er besteht aus Flachwassersedimenten (mit Dasycladaceen, Onkoiden etc.). Die daran anschließende Herausgestaltung verschiedener Teilbecken ist wohl durch syndesimentäre Bruchtektonik verursacht. Im Profil Öfenbach liegen z. B. hochpelagische Ammoniten führende Kalke unmittelbar auf stromatolithenreichen Sedimenten.

Gleichzeitig mit dieser ersten Beckensedimentation ist die in den verbliebenen Hochzonen noch andauernde Flachwasserentwicklung des „Steinalmkalkes“ zunächst noch ohne Anzeichen eines Riffwachstumes. Als nächstes können wir in den zentralen Beckenbereichen das Einsetzen tonig-mergeliger Sedimentation beobachten (Partnach-Schichten), möglicherweise durch eine erneute, rupturale Absenkung bedingt (vgl. Abb. 6). Auf den Hochzonen aber sind die ersten Ansätze einer Riffbildung erkennbar, dokumentiert insbesondere durch erste Riffschüttungen in einzelne Bereiche des Reiflinger Beckens. An der Basis dieser sich in der Folge rasch ausbreitenden, d.h. in das Becken vorwachsenden Riffe, im Verzahnungsbereich Becken-Vorriff, können wir nach den Schüttungen vom Riff immer wieder Filamentkalk beobachten. Die Riffschüttungen sind öfters als allodapische Kalke ausgebildet (MEISCHNER 1964). Besonders wichtig sind jedoch die eingelagerten Filamentkalk, sind es doch gerade diese Sedimente, welche die für die exakte Alterseinstufung dieses Grenzbereiches notwendigen Mikrofaunen liefern.

Dieses Vorwachsen der Riffe in Richtung Becken wird durch die Überlagerung anfangs der Reiflinger Kalke, später auch der Partnach-Schichten durch Wetterstein-Riffkalk dokumentiert. Aber nicht nur das Riff wächst vor. Die Rifflagune breitet sich teilweise noch schneller aus. Sie überholt örtlich das Riff bzw. begräbt es unter sich. Dies kann daran erkannt werden, daß im hohen Cordevol oft nur mehr eine Plattformsedimentation mit den Partnach-Schichten in Kontakt tritt. Die Aufbaukapazität der Riffbildner überwog also anfangs die Absenkungsrate, es erfolgte ein Vorwachsen in Richtung Becken. Da dies von allen Seiten her geschieht, werden die Beckenbereiche immer schmaler, sie werden immer mehr eingeeengt. Die Durchlüftung wurde infolgedessen immer schlechter, nur an bestimmten, mehr ausgesetzten Stellen konnten sich Riffkerne bis an die Basis der Raibler Schichten halten.

Die den Partnach-Schichten eingelagerten dickeren Bänke von Partnach-Kalken bestehen fast ausschließlich aus Sedimenten einer ruhigen Beckenfazies, wie Knollenkalken, Kieselknollenkalken und Bankkalken, oft als Filamentkalk bzw. Radiolarienlilit. Sie entsprechen also weitgehend den Reiflinger Kalken. Welche Gründe könnten dafür verantwortlich sein, daß in den Partnach-Schichten kaum echte Riffschüttlagen bzw. allodapische Kalke auftreten? Ein Grund ist in der zentralen Beckenposition zu suchen. Fast über das ganze Ladin lagen ja die Reiflinger Kalke zwischen Riff und Partnach-Schichten und nahmen die Riffschüttungen auf. Ein anderer Grund könnte sein, daß zur Zeit der Überlagerung des Riffkomplexes über Partnach-Schichten ein echtes, dauernd Schutt lieferndes Zentralriff wie erwähnt vielfach nur mehr in Ausläufern auftritt. Trotzdem wäre in hangenden Lagen ein gewisser Klastanteil zu erwarten. Dieses Problem ist schwer zu lösen, insbesondere deshalb, weil in einigen Partien der Reiflinger Kalke psychrosphärische Ostracoden häufig auftreten, die auf Wassertiefen um 500m hinweisen (vgl. BENSON & SYLVESTER-BRADLEY 1971; GRÜNDEL & KOZUR 1975). Ähnliche Tiefenlagen sind dann wohl auch für altersgleiche Partnach-Schichten anzunehmen. Trotzdem sind die sich daraus ergebenden Neigungswinkel nur relativ gering, man muß mit einem Gefälle von ca. 3–5 Grad rechnen. Die alte Ansicht aber, das Fehlen karbonatischer Riffschüttungen innerhalb der Partnach-Schichten beruhe auf dem insgesamt nur geringen Tiefenunterschied zwischen Riff- und Beckenareal, kann nicht länger aufrechterhalten werden.

Worauf kann man das Fehlen der Riffschüttungen dann zurückführen? Zwei Möglichkeiten sind denkbar: Entweder es handelt sich um spezifische Eigenschaften des Partnach-Beckens (Kalklösung), oder um eine Änderung im Gesamtaufbau der Riffe, die den Transport von Detritus in die benachbarten Becken verhinderte. Betrachten wir zunächst die Partnach-Becken.



Das Zurücktreten karbonatischer Sedimentation innerhalb der Partnach-Schichten könnte mit der CCD-Linie (carbonate compensation depth, RIEDEL & FUNNEL 1964) erklärt werden. Rezent liegt diese Fläche bei ca. 4000 m; unterhalb übersteigt die Geschwindigkeit der Karbonatlösung die Menge des sedimentierenden Karbonats. Auswirkungen wären also nur bei einer sehr hohen Position dieser Ausgleichsfläche denkbar. Eine geänderte Position könnte verursacht werden: durch insgesamt geringere Karbonatzufuhr (vgl. GARRISON & FISCHER 1969) sowie durch andersartige Strömungsverhältnisse als heute, was in der Trias, infolge anderer Klimabedingungen, durchaus anzunehmen ist. Auch die relative Abgeschlossenheit der Partnach-Wasserstraßen (siehe oben) könnte diese ungewöhnlich hohe Lage begünstigt haben. Eine Diskussion dieses Problems findet sich bei BACHMANN & JACOBS-HAGEN (1974). Die aus den Partnach-Tonen bis -Mergeln bekanntgewordenen Fossilien können mit Karbonatlösung in Einklang gebracht werden. Es handelt sich fast nur um Bac-trilien (Crustaceen-Kot). Die organischen Häute auf den Krebspanzern könnten diese zu Lebzeiten der Tiere vor der Auflösung geschützt haben. Die unvermittelt innerhalb der Partnach-Schichten auftretenden Kalkbänke (Partnach-Kalke) wären dann mit einer geringfügigen Verschiebung der CCD-Linie zu erklären und würden anzeigen, daß sich auch die Mergel nur knapp unterhalb dieser Ausgleichsfläche gebildet hätten. Andererseits kann aber eine teilweise Lösung von ursprünglich vorhandenem Karbonat während der Diagenese nicht ausgeschlossen werden, so daß die angedeutete Möglichkeit weitgehend spekulativen Charakter hat.

Zur Möglichkeit zwei, Änderungen im Gesamtaufbau des Riffes. Hierzu müssen wir die Verhältnisse am Beginn der Riffentwicklung vergleichen mit denen am Ende der Riffausbildung, zur Zeit des direkten Aneinanderstoßens von Riff und Partnach-Becken. Betrachten wir zunächst Auftreten und Verteilung der einzelnen lithologischen Einheiten. Die Reiflinger Kalke sind fast im ganzen Ablagerungsbereich verbreitet, sie werden von Wettersteinkalk oder Partnach-Schichten überlagert, die zunächst getrennte Bereiche einnehmen. Der Zeitpunkt der Überlagerung von Wettersteinkalk über Reiflinger Kalk ist unterschiedlich. Im Zentrum der Wettersteinkalk-Areale erfolgt die Überlagerung früher als am Rand (vgl. Kapitel 4.2., Anordnung von Riff und Becken). Es sind mehrere Punkte bekannt, an denen frühes Riffwachstum zu beobachten ist (vgl. OTT 1967), diese Zentralbereiche werden später von Lagunenfazies eingenommen. In den Profilen des Überganges Reiflinger Kalk zu Wettersteinkalk sind häufig relativ langandauernde Riffschüttungen zu beobachten, besonders in Nachbarschaft zu den Partnach-Becken.

Man muß sich den Beginn des Riffwachstums also so vorstellen: Die auf den stehengebliebenen Hochzonen des „Steinalmkalkes“ (siehe oben) aufwachsenden Riffe waren anfangs nur klein, sie waren auch auf einzelne, aber zusammenhängende Areale beschränkt, getrennt durch breitere Partnach-Wasserstraßen. Es erfolgte eine Auffüllung der innerhalb der Riff-Bereiche befindlichen Zwischen-Riff-Becken durch Riffschutt. In der Folge verbinden sich die einzelnen Riffe und wachsen bald gegen das offene Meer, die Partnach-Wasserstraßen vor. Sie überwachsen zunächst die am Rand der Partnach-Wasserstraßen noch befindlichen Reiflinger Kalke, später die Partnach-Schichten selbst. Durch dieses Vorwachsen in die benachbarten größeren Becken kommt es zu einem atollartigen Charakter der Riffe (vgl. OTT 1967). Im Rücken der Riffe entsteht jetzt eine Lagunenfazies, die sich immer weiter ausbreitet. Diese Riff-Ausbildung weicht also von jener am Beginn der Riffentwicklung deutlich ab. Jetzt nämlich treten die Riffe nicht mehr fleckenartig verteilt, sondern auf breiter Front auf. Sie boten den Wellen wesentlich stärkeren Widerstand als früher. Als Folge dessen könnte sich zu dieser Zeit ein größerer, kaum geneigter Vorriff-Bereich entwickelt haben, auf dem sich grober Riffschutt ablagerte. Meeresspiegelschwankungen in eben dieser Zeit, dem Cordevol (vgl. BECHSTÄDT 1975 u.a.), sorgten für zeitweises Trockenfallen und damit

rasche Verfestigung der Vorriff-Bereiche, die öfters vadose Zemente aufweisen. Eine derartige Riffschutt-Platte (vgl. die rezenten Verhältnisse auf den Bahamas) könnte den Transport von Riffschutt in die umgebenden Becken zum allergrößten Teil verhindert haben.

Ein Problem ist auch, warum sich die im Ladin zwischen mergeliger Beckenentwicklung (Partnach-Schichten) und Riffentwicklung gelegenen Reiflinger Kalke nicht auch, entsprechend ihrer vermittelnden Position, in das Partnach-Becken vorschieben. Möglicherweise hängt das mit der starken Anlieferung feinklastischen Materials zusammen, das nach der Einengung der Beckenbereiche (infolge des Riffvorstoßes) karbonatische Beckensedimentation unterdrückte. Gewisse Äquivalente können in Partnach-Kalken, die zwischen Partnach-Mergeln und Vorriff vermitteln, gesehen werden. Zu fragen ist auch, ob nicht im Lauf der Partnach-Sedimentation eine gewisse Verflachung der Becken-Bereiche erfolgte.

Im E Österreichs sind die Verhältnisse etwas anders. Hier fehlen im Ladin derart ausgedehnte Riffkörper, wie sie uns z.B. im Karwendel oder Wettersteingebirge entgegentreten. Dementsprechend ist auch die karbonatische Detrituslieferung in die Beckenbereiche wesentlich geringer, die Reiflinger Fazies konnte sich vielerorts bis an die Basis des Juls (mittl. Karn) halten, was im W nicht zu beobachten ist. Hier im E haben allerdings die hangenden Reiflinger Kalke öfters Partnach-Mergel-artige Einschaltungen (vgl. Profil Großreifling, Abb. 2). Auf die unterschiedlichen Arten mitteltriadischer Beckenfazies und ihre Beziehungen zur Öffnung der Tethys wird bei BECHSTÄDT, BRANDNER & MOSTLER (1976) eingegangen.

Im W der Nördlichen Kalkalpen verursachte das Vorgehen der Riffe über die kalkigen und mergeligen Beckensedimente also eine starke Einengung der Teilbecken, was schließlich zu schmalen, kanalartigen Wasserstraßen führte. TOLLMANN (1974) war der erste, der von Kanälen zwischen den mitteltriadischen Riffen sprach und damit die Kanaltheorie von MOJSISOVICS (1903), aufgestellt für die Hallstätter Becken, auf die Mitteltrias übertrug. Dieser Vergleich von mittel- zu obertriadischer Faziesentwicklung trifft auch für andere Aspekte dieser beiden Riff-Beckenentwicklungen zu. Interessanterweise entspricht die Art des Vorwachsens der mitteltriadischen Riffe weitgehend dem in der Obertrias des Salzkammergutes in jüngster Zeit erarbeiteten Modell (ZANKL 1967; SCHLAGER 1968; KRISTYN & SCHÖLLNBERGER 1972). Im Nor treten dort drei Faziesbereiche auf: Dachsteinsriff- und Lagunenalk, kalkige Beckensedimente der Hallstätter Rotfazies, mergelige Beckensedimente der Hallstätter Graufazies. Im Rhät sind nur mehr zwei Faziesausbildungen zu beobachten: Dachsteinkalk und mergelige Zlambachschichten. Die Analogien gehen sogar noch weiter: beide Male sind in hangenden Bereichen der Lagunenfazies in zyklischer Abfolge Trockenlegungen zu beobachten, die sich in ihrer ganzen Charakteristik weitgehend entsprechen: Lofer ZyklotHEME und Sonderfazies (A.G. FISCHER 1964; BECHSTÄDT 1975). Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Entwicklungen liegt in dem starken Riffschuttanteil innerhalb der Zlambach-Schichten, der wie erwähnt in den Partnach-Schichten fast völlig fehlt.

Die strukturelle Abfolge – dem offenen Ozean nähere Fazies im E, von ihm weiter entfernte Fazies im W – blieb anscheinend die ganze Trias erhalten. Diese Abfolge zeigt sich im Skyth daran, daß im E (Werfener Schichten mit Conodonten, MOSTLER 1968) die marinen Verhältnisse früher einsetzten als im W. In der Mitteltrias haben wir im E nur kleinere Riffe und statt dessen ausgedehntere Beckenbereiche. Im Karn ist ähnliches zu beobachten: Im E treten bevorzugt tiefermarine Kalke bis Mergel auf (Mürztaler Schichten, Aflenzer Kalke, Reingrabener Schiefer, Aonoides-Schichten, *Trachyceras aon*-Schiefer, karnische Hallstätter Kalke). Im W sind hingegen den Mergellagen immer wieder Flachstwasserkarbonate eingeschaltet. In der höheren Obertrias schließlich tritt uns im Salzkammergut der

Übergang Riff-Becken entgegen (Dachsteinkalk zu Hallstätter Kalk bzw. Zlambach Schichten) mit einzelnen kleineren Dachsteinkalk-Riffen noch weiter im E, während sich im W die ausgedehnte Flachwasserentwicklung des Hauptdolomites (ultra back-reef FISCHERS 1964) ausbreitet. Erst gegen Ende der Trias scheint sich diese alte paläogeographische Prägung zu verlieren (vgl. hierzu auch BECHSTÄDT, BRANDNER & MOSTLER 1976).

Zum Schluß dieses Kapitels soll noch auf zahlreiche Analogien zwischen der hier dargestellten paläogeographischen Situation und der triadischen Entwicklung hingewiesen werden, wie sie BACHMANN & JACOBSHAGEN (1974) aus Mittelgriechenland beschreiben. In beiden Fällen haben wir eine Flachwasserentwicklung (Wettersteinkalk bzw. Pantokrator Kalk), die Schutt in die vorgelagerte karbonatische, hornsteinführende Beckenentwicklung liefert. Die auf lokalen Erhebungen angesiedelten griechischen Hallstätterkalke lassen sich den bei uns örtlich auftretenden roten Reiflinger Kalken („Schusterberg-Kalk“) vergleichen, insbesondere wenn man die von BACHMANN & JACOBSHAGEN gegebene Definition der Hallstätter Kalke in Betracht zieht. Natürlich paßt dieser Vergleich auch auf den Mittelteil der Nördlichen Kalkalpen, den Bereich mit echten Hallstätter Kalken. Ein Unterschied zu den beiden Entwicklungen in den Kalkalpen besteht darin, daß es sich in Griechenland um Radiolarite handelt, die im zentralen Beckenbereich abgelagert wurden, während bei uns diese Position von den tonig-mergeligen Partnach-Schichten (bzw. der Hallstätter Graufazies) eingenommen wird. Dies läßt sich auf eine unterschiedliche Anlieferung feinstklastischen Materials zurückführen.

#### 4.2. Anordnung von Riff und Becken

Eine gewisse Schwierigkeit bei der Rekonstruktion der lokalen Paläogeographie bildet der Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen. In Abb. 1 sind die die Reiflinger Kalke überlagernden stratigraphischen Einheiten aufgetragen. Auch wenn Deckengrenzen außer acht gelassen werden, ergibt sich erstaunlicherweise ein geschlossenes paläogeographisches Bild. Ein Riffkomplex im N (im wesentlichen nur durch Partnach-Schichten überlagernden Wettersteinkalk angezeigt) geht gegen S in ein Partnach-Becken über (Bereich Garmisch etc.). Dieses wird im S wiederum von einem Wettersteinkalk-Areal begrenzt. Im W verzahnt der Arlberg-Kalk mit beiden Einheiten. Ganz im S findet sich eine erneute Beckenentwicklung.

Dieses Bild entspricht ganz der Darstellung von ZACHER (1962), O. KRAUS (1965), FRISCH (1968, 1975) und ENDERS (1974). Auf den ersten Blick scheint dieses Ergebnis ein schwerer Widerspruch zu den deckentheoretischen Vorstellungen zu sein. Läßt sich nun auch bei der Annahme der Deckentheorie ein befriedigendes Bild erhalten? Nach TOLLMANN (1974: 188) haben wir im Meridian von Innsbruck, bei Abwicklung der Inntal-Decke nach S, einen dreimaligen Wechsel von Riff- und Beckenentwicklung.

In Abb. 4 wurde eine derartige Abwicklung versucht. Etwas südlich des heutigen Nordrandes der Nördlichen Kalkalpen verläuft dabei der Grenzbereich zwischen einer Wettersteinkalkentwicklung im N und dem Garmischer Partnach-Becken. Dieses erstreckt sich in ostnordöstlicher Richtung, im Gebiet des Schliersees treten z.B. Partnach-Schichten direkt mit Raibler Schichten in Kontakt, während gegen W (und auch E) der Wettersteinkalk zwischengeschaltet ist. Im S dieses Beckens schließt sich das Riff des Wettersteingebirges an. Problematisch ist dessen westliche Begrenzung. Im Gebiet von Kaisers im oberen Lechtal treten nach HUCKRIEDE (1959: 52) nur Partnach-Schichten auf, wenig südlich davon, am Kalkalpensüdrand, kann Wettersteinkalk über Partnach-Schichten beobachtet werden. Andererseits greift im Raum von Reutte der Wettersteinkalk (über Partnach-Schichten) verhältnismäßig weit nach S vor. Dazwischen fehlen, unseres Wissens, Aufschlüsse der Mitteltrias. Nur bei starker Verengung von sowohl Beckenfazies als auch Rifffazies (Riff des Wetter-



im Raum des nördlichen Karwendels und der Mieminger Berge besteht aus Wettersteinkalk, etwas östlich des Fernpasses treten Partnach-Schichten hinzu, überlagert durch Wettersteinkalk. Das gleiche kann am Nordfuß der gegen W anschließenden Heiterwand beobachtet werden, bis schließlich bei Boden der Wettersteinkalk auskeilt und ganz durch Partnach-Schichten vertreten wird (O. KRAUS 1965).

Dieser Bereich, mit nach N vorwachsenden Riffen, muß südlich des Partnach-Beckens im Inntal angeordnet werden; danach wären der erwähnte Überlagerungsbereich von Wettersteinkalk über Partnach-Schichten am Nordfuß der Heiterwand mit dem entsprechenden Bereich nördlich der Rosanna (= S-Seite der Lechtal-Decke) zu verbinden (siehe Abb. 1 und 4).

Reste eines letzten Partnach-Beckens, das die Wettersteinmassen der Inntal-Decke im S begrenzt, finden sich am Tschirgant, östlich Imst (Wettersteinkalk über Partnach-Schichten, GROTENTHALER 1968), sowie am Martinsbühel zwischen Zirl und Innsbruck (hier allerdings etwas fraglich, da die Grenze Inntal-Decke zu Lechtal-Decke unter Schutt verläuft und dieses Vorkommen eventuel, auch zur Lechtal-Decke gehören könnte). Die Krabachjoch-Decke, in der nahezu kein Wettersteinkalk auftritt, wäre ebenfalls in dieses Partnach-Becken einzuwurzeln, während die Wettersteinkalk-Schuppen in der Gegend des Lagersberges bei Imst (vgl. TOLLMANN 1973) in Bezug zu ihrer heutigen Position nur wenig weiter südlich beheimatet wären.

Die östliche Begrenzung dieses „Inntal-Riffes“ könnte in etwa dem Ostende der Inntal-Decke entsprechen, da dort Wettersteinkalk über Partnach-Schichten auftritt. Gegen ein Umbiegen dieses Riffkörpers nach NE (und damit die Ansicht, die eben erwähnte E-Grenze wäre nur ein Teil der südlichen Begrenzung) spricht das Auftreten von riffnaher Lagune im nordöstlichen Karwendel (vgl. OTT 1967: 73). Bei einem Umbiegen wären für diesen Bereich Sedimente des zentralen Lagunenbereiches zu fordern.

In neuester Zeit hat ENDERS (1974) die Riff-Lagunen-Verhältnisse im Wetterstein- und Mieminger Gebiet untersucht. Eines seiner Hauptargumente für nur ein zentrales Riff innerhalb der westlichen Nördlichen Kalkalpen (und gegen eine Abwicklung des Inntal-Decken-Anteiles nach S) ist das Auftreten von zentraler Lagunenfazies im Südteil des Wettersteinmassivs wie auch in den gegenüberliegenden mittleren Mieminger Bergen (Abb.5). Dieses Argument ist jedoch nicht stichhaltig, da das Zusammentreffen dieser beiden gleichen Faziesentwicklungen auch durch eine schräg zu den Faziesseinheiten des Riffes verlaufende Deckengrenze erklärt werden kann. Unserer Ansicht nach stellt die fazielle Aufnahme durch ENDERS sogar eher eine Stütze für die Deckentheorie dar: In den westlichen Mieminger Bergen liegt nämlich ein Riffkernbereich (mit einer nach S anschließenden Lagune) der zentralen Lagunenfazies des Wettersteinmassivs direkt gegenüber. Entspräche diese Situation den ursprünglichen Ablagerungsbedingungen, so läge ein Riffkernbereich mitten in einer Lagunenfazies, was schwer vorstellbar ist. Fehlt aber auf Grund (untergeordneter) Störungen hier der Riffkern des Zugspitzriffes und das vorgelagerte Becken, so muß auf Grund der Verteilung der Lagunenfazies ein Zentralriff auch weiter im E angenommen werden, was ein Hinweis auf die Zufälligkeit des Aneinandergrenzens von zwei zentralen Lagunenbereichen ist (vgl. Abb. 5).

Fraglich ist auch, ob das Wettersteinriff am Nordrand der Nördlichen Kalkalpen (z.B. im Gebiet Füssen) tatsächlich, wie ENDERS annimmt, auf Partnach-Schichten aufwächst, oder nicht eher von N nach S vorgewachsen ist und die Ausgangspunkte dieses Riffwachstums heute nicht mehr erhalten sind. Auch das im Raume von Reutte angenommene, kleine, gegen S anschließende Riff braucht nicht als selbständiger Riffkörper aufgefaßt zu werden.

Dieser Bereich läßt sich, bei einem eingebuchteten Verlauf der Grenze zum Partnach-Becken, ohne weiteres mit dem nördlichen Riff-Bereich verbinden.

Aus diesem Versuch einer paläogeographischen Rekonstruktion ergeben sich also, entsprechend der TOLLMANNschen Auffassung (1974), im Raum von Innsbruck drei, etwa ENE/WSW streichende Riff- und Beckenbereiche, während weiter im W, im Raum Reutte–Arlberg–Imst, nur zwei Riffareale auftreten, die zwischen sich ein mächtigeres Partnach-Becken

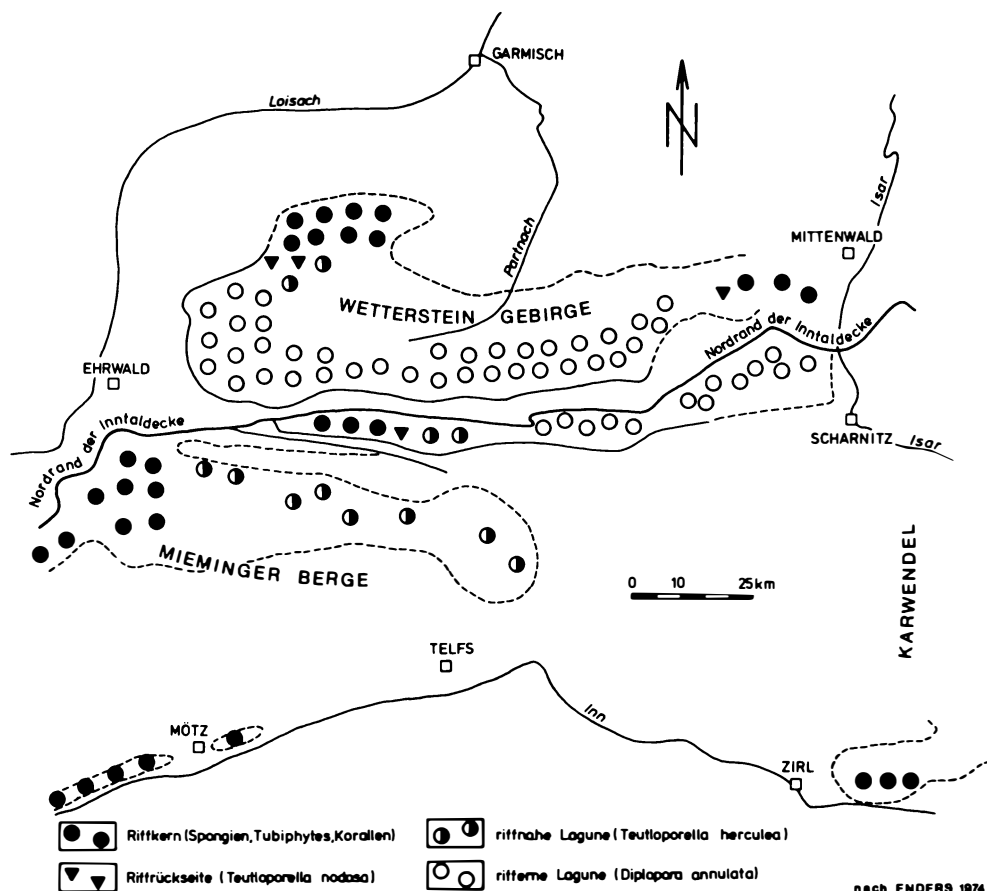


Abb. 5: Faziesentwicklung im Wettersteinkalk von Wetterstein-Gebirge und Mieminger Bergen (nach ENDERS 1974).

einschließen und von einem anderen Partnach-Becken im S begleitet werden. Etwas problematisch bleiben die Verhältnisse im W, wo Arlbergsschichten mit Wettersteinkalk und Partnach-Schichten verzahnen (nach REITHOFER 1958). Eigene Untersuchungen fehlen hier noch; aus F. HIRSCH (1966, Strat. Profile) geht aber eindeutig hervor, daß die Partnach-Beckenfazies und die hangendste Flachwasserfazies der Arlbergsschichten (mit Zyklothem, evaporitischen Sedimenten etc.) durch einen Übergangsbereich verbunden ist, der die Auffüllung des Beckens anzeigt. Unmittelbar über den mächtigen Partnach-Mergeln treten kieselknauerführende Kalke auf, denen Tonmergel zwischengeschaltet sind. Darüber vermitteln Kalke mit



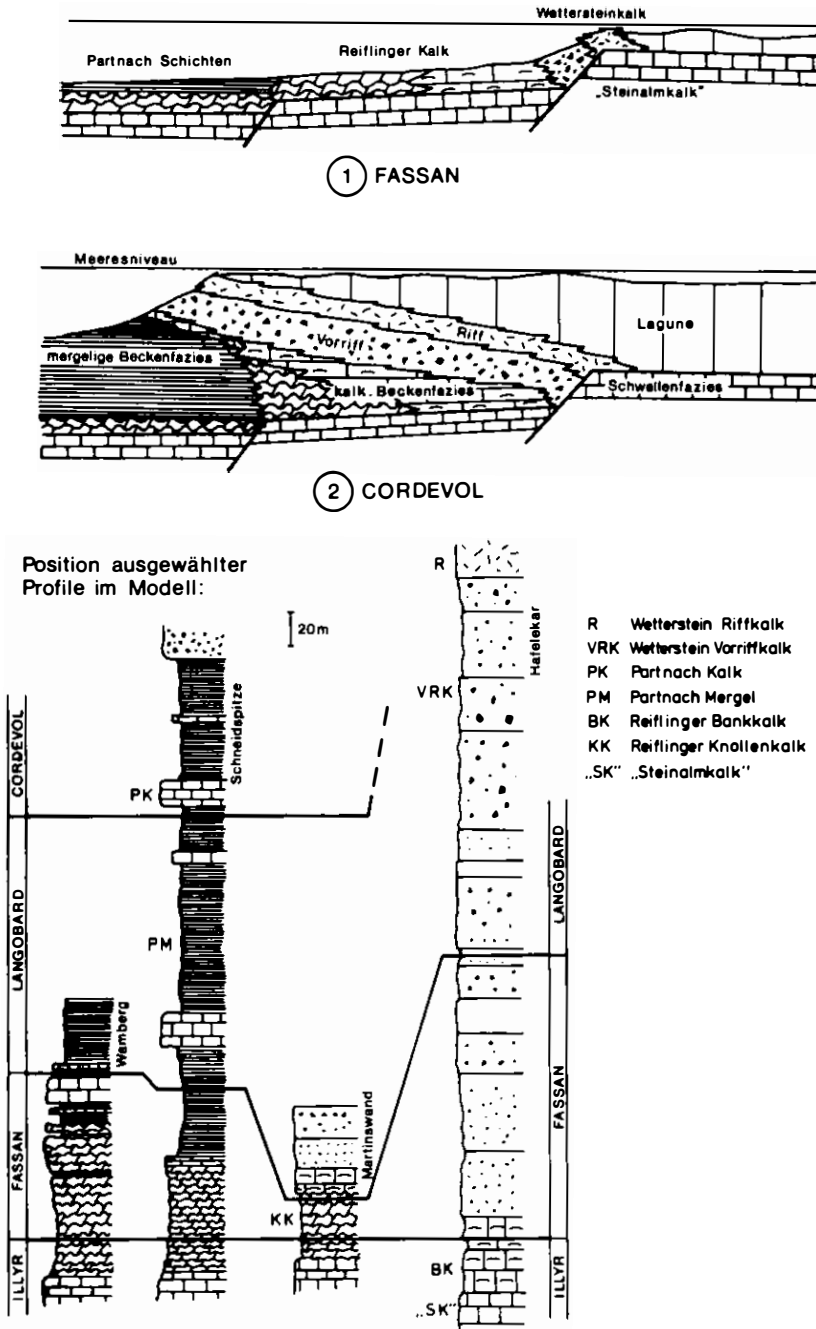


Abb. 6: Skizze zur Deutung der Sedimentationsverhältnisse von Wettersteinkalk, Reiflinger Kalk und Partnach-Schichten. Die Profile wurden entsprechend ihrer Position im paläogeographischen Modell eingezeichnet. Das stark schematisierte Bild berücksichtigte weder unterschiedliche Absenkbeträge noch Ausgleichsbewegungen am Ende der Riffentwicklung.

Lumachellen und z.T. eingeschalteten synsedimentären Breccien zu den hangenden Flachwassersedimenten. Slumping structures sind in diesem Bereich nicht selten. Entgegen den im E gelegenen und von uns aufgenommenen Profilen ist keine Auffüllung des Beckens durch Riffschutt zu beobachten. Es fehlt hier ein Riff über den unterlagernden Partnach-Schichten, obwohl der Wassertiefe nach in bestimmten Abschnitten der Profile im Raum um den Arlberg Riffwachstum zu erwarten wäre. Diese paläogeographische Situation entspricht weitgehend der der Nördlichen Gailtaler Alpen, wo ebenso die Beckenfazies (dort als Plattenkalk ausgebildet) durch Auffüllung allmählich in eine Flachstwasserfazies überleitet, ohne daß ein Riff zwischengeschaltet wäre (vgl. BECHSTÄDT, BRANDNER & MOSTLER 1976).

Das paläogeographische Bild (Abb.4) wurde auf Grund der Verbreitung von Wettersteinkalk und Partnach-Schichten erstellt. Wie stehen nun die in den unterlagernden Reiflinger Kalken aufgenommenen Profile zu dieser Anordnung der Riffe? Das nach dieser Rekonstruktion nahe dem Zentrum eines der Riffe (Wettersteinmassiv) gelegene Profil Berglental zeigt bereits ab mittlerem Illyr grobe Riffschuttlagen. Das etwas externer gelegene Profil Hafelekar (im Inntal-Riff) hat ab mittlerem Fassin größeren Riffschutt eingelagert, ebenso verhält es sich im Profil Grünsteinscharte E/Tajatörl (Mieminger Berge). Das nördlich des letztgenannten, also riff-ferner gelegene Profil Tajakopf E zeigt erst im höheren Langobard größeren Riffschutt. Ebenso verhält es sich in den am Rande eines Partnach-Beckens gelegenen Profilen Martinswand und Silz. Die Position der Profile Reutte, Schneidspitze und Wamberg ist etwa am Rande des Vorstoßbereiches der Wettersteinriffe, oder knapp darüber hinaus. Die Partnach-Schichten setzen in allen dreien im Fassin ein. Das Profil Reutte (am Rhone) ist dem zentralen Partnach-Becken näher gelegen als das Profil Schneidspitze; dies läßt sich auch aus dem Zeitpunkt des Einsetzens der Partnach-Sedimentation erkennen: Im Profil Reutte beginnt die mergelige Sedimentabfolge im basalsten Fassin, während es an der Schneidspitze erst im mittleren Fassin so weit ist.

Von Interesse ist auch die Mächtigkeitsverteilung im Fassin. In dem zu dieser Zeit stark von Riffschutt beeinflussten Profil Hafelekar ist das Fassin etwa 6mal mächtiger als im nahegelegenen Profil Martinswand, in dem der Riffschutt erst im Langobard einsetzt (vgl. Abb.6). Noch besser wird dieser Umstand herausgearbeitet, wenn man berücksichtigt, daß im Profil Hafelekar der Riffschutt erst im mittleren Fassin beginnt. Dies würde das Verhältnis kalziges Beckensediment zu Vorriffkalk auf 1:12 verschieben.

In Abb.6 sind einige Profile in ein Faziesschema gestellt, aus dem der wohl durch synsedimentäre Bruchtektonik verursachte Übergang Riff – karbonatische Beckenfazies – mergelige Beckenfazies ersichtlich ist. Die aufgetragenen Profile stammen von verschiedenen derartigen Übergängen; es war aus Aufschlußgründen nicht möglich, entsprechende Profile aus einem einzigen Übergang aufzunehmen. Die anderen, in Abb.2 dargestellten Profile können ohne Schwierigkeit in das Modell gestellt werden.

## 5. Conclusion

In the western part of the Northern Limestone Alps, several profiles in the upper Alpine Muschelkalk were investigated (fig.1 and 2). The sediments range in age from the upper Anisian to the upper Ladinian. Formerly, the formation of the Alpine Muschelkalk was thought to contain sediments of only Anisian age. This upper Alpine Muschelkalk (= Reifling limestone) is developed in two facies types: as „Knollenkalk“ (nodular limestone) and as „Bankkalk“ (with thicker beds). We therefore speak of a Reiflinger Knollenkalk and a Reiflinger Bankkalk and consider them as informal units of the formation member Reifling limestone.

This improved age of the Reifling limestone leads to a change in the former paleogeographic picture. In the Ladinian we have not only the reef-facies of the Wetterstein-limestone (with fore-reef, central-reef, back-reef and lagoon) and the marly basin facies of the Partnach beds. The Reifling limestone, which very often contains reef-material, must have been situated in between, as a carbonate basin-facies. So we have one more example of WALTHER's facies rule (1893): the Reifling limestone, which is overlain by Wetterstein limestone and Partnach beds, is in other places of the same age as these two formations (compare fig. 4 and 6).

The Reifling limestone basin sediments were deposited over a shallow water facies („Steinalmkalk“), the middle part of the formation of the Alpine Muschelkalk, what was most probably caused by syndimentary downlifts. In the areas not affected, reefs started to grow, while in other places, apart from the reefs, marly basin sediments (Partnach beds) cover the Reifling limestone.

Further on, the reef development was stronger than the rate of subsidence, the reefs grew towards their neighbouring basins. First they encroached over the Reifling limestone nearer by, later on also over Partnach beds. Therefore, the basins became smaller and smaller until at last there only channels remained. This might have also affected the reef development in the uppermost Wetterstein limestone. Because of the weaker water turbulence, true central reefs can be found, during this time only in a few places.

A palinspastic reconstruction is difficult because of the different nappes in the area investigated. If we remove the uppermost Inntal-nappe towards the south, we get three different reef-areas in the meridian of Innsbruck, striking approximately ENE-WSW. Further to the west, in the region east of Arlberg, two reef-areas can be found, which enclose a more extended Partnach basin in between. If we compare the development in the eastern and in the western part of the Northern Limestone Alps, it can clearly be seen (throughout the whole Triassic) that the eastern part is nearer to the open ocean, the Tethys, which influenced the whole area from this time on.

## 6. Danksagung

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft dankt der erstgenannte Autor für Sach- und Reisemittel (Projekt Be 641/1,2). Herr Dr. H.BÖGEL und Herr Dr. J.FRISCH, beide München, gaben wertvolle Hinweise, Herr cand. geol. M.DÖHLER, München, half bei der Aufnahme zahlreicher Profile, Herr Dr. R.SCHERREIKS, München, kontrollierte den englischen Teil auf sprachliche Richtigkeit, Frau H.FELSKE, München, besorgte die Reinzeichnung der meisten Abbildungen. Allen sind wir zu Dank verpflichtet, nicht zuletzt Herrn Dr. R.BRANDNER, Innsbruck, für Diskussion der Ergebnisse.

## 7. Schriftenverzeichnis

- BACHMANN, G.H. & JACOBSHAGEN, V. (1974): Zur Fazies und Entstehung der Hallstätter Kalke von Epidaurous (Anis bis Karn; Argolis, Griechenland). – Z. dt. geol. Ges., 125: 195–223; Hannover.
- BECHSTÄDT, T. (1974): Sind Stromatactis und radial-fibröser Calcit Faziesindikatoren? – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1974: 643–663; Stuttgart.
- (1975): Zyklische Sedimentation im erzführenden Wettersteinkalk von Bleiberg-Kreuth (Kärnten, Österreich). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 149: 73–95; Stuttgart.
- , BRANDNER, R. & MOSTLER, H. (1976): Das Frühstadium der alpinen Geosynklinalentwicklung im Drauzug (Osttirol, Kärnten). – Geol. Rdsch., 65: 616–648; Stuttgart.

- & MOSTLER, H. (1974): Mikrofazies und Mikrofauna mitteltriadischer Beckensedimente der Nördlichen Kalkalpen Tirols. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 4, H. 5/6: 1–74; Innsbruck.
- BENSON, H. & SYLVESTER-BRADLEY, P. C. (1971): Deep-sea ostracodes and the transformation of ocean to sea in the Tethys. – *Bull. Centre Rech. Pau – SNPA*, 5 (suppl.): 63–91; Pau.
- ENDERS, P. (1974): Beiträge zur Lithofazies und Paläogeographie des Wettersteinkalkes der Nördlichen Kalkalpen zwischen Isar und Lech. – Unveröffentl. Diss. TU München, 152 S.; München.
- FISCHER, A. G. (1964): The Lofer cyclothems of the Alpine Triassic. – In: MERRIAM, D. W. (Ed.), *Sympos. on cycle sedimentation*, *Bull. Geol. Surv. Kansas*, 169: 107–149; Topeka (Kansas).
- FRISCH, J. (1968): Sedimentologische, lithofazielle und paläogeographische Untersuchungen in den Reichenhaller Schichten und im Alpinen Muschelkalk der Nördlichen Kalkalpen zwischen Lech und Isar. – Unveröffentl. Diss. TU München, 133 S.; München.
- (1975): Sedimentologische, lithofazielle und paläogeographische Untersuchungen in den Reichenhaller Schichten und im Alpinen Muschelkalk der Nördlichen Kalkalpen zwischen Lech und Isar. – *Jb. geol. B.-Anst.*, 118: 75–117; Wien.
- GARRISON, R. E. & FISCHER, A. G. (1969): Deep-water limestones and radiolarites of the Alpine Jurassic. – In: G. M. FRIEDMAN (Ed.), *Depositional environments in carbonate rocks, A symposium*. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ.* 14: 20–56; Tulsa.
- GROTTENTHALER, W. (1968): Zur Geologie des Tschirgant zwischen Gurgl-Tal im Norden und dem Kalkalpen-Südrand (Tirol). – Unveröffentl. Diplom-Arbeit TU München, 110 S.; München.
- GRÜNDEL, J. & KOZUR, H. (1975): Psychrosphärische Ostracoden aus dem Perm von Timor. – *Freiberger Forschungsh.*, C 304: 39–49; Leipzig.
- HECKEL, P. H. (1972): Possible inorganic origin for Stromatactis in calcilutite mounds in the Tully limestone, Devonian of New York. – *J. Sediment. Petrol.*, 42(1): 7–18; Tulsa.
- HIRSCH, F. (1966): Etude stratigraphique du Trias moyen de la Région de l'Arlberg (Alpes du Lechtal, Autriche). – *Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich*, N. F. Nr. 80, 73 S.; Zürich.
- HUCKRIEDE, R. (1959): Trias, Jura und tiefere Kreide bei Kaisers in den Lechtaler Alpen (Tirol). – *Verh. geol. B.-Anst.*, 1959: 44–91; Wien.
- KOBEL, M. (1969): Lithostratigraphische und sedimentologische Untersuchungen in der kalkalpinen Mitteltrias (Anisian und Ladinian) des Rhätikon (Österreich und Fürstentum Liechtenstein). – *Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich*, N. F. 118, 149 S.; Zürich.
- KOZUR, H. & MOSTLER, H. (1972): Die Bedeutung der Conodonten für stratigraphische und paläogeographische Untersuchungen in der Trias. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 21: 777–810; Innsbruck.
- KRAUS, O. (1965): Geologische Spezialuntersuchungen im westlichen Bereich des Heiterwand-Gebietes (Lechtaler Alpen). – Unveröff. Dipl.-Arb. TU München, 96 S.; München.
- KRYSTYN, L. & SCHÖLLNBERGER, W. (1972): Die Hallstätter Trias des Salzkammergutes. – In: H. W. FLÜGEL (Red.), *Führer zu den Exkursionen der 42. Jahresversammlung der Paläontolog. Ges. in Graz*, 6.–16. Sept. 1972: 61–106; Graz.
- KUBANEK, F. (1969): Sedimentologie des Alpinen Muschelkalkes (Mitteltrias) am Kalkalpensüdrand zwischen Kufstein (Tirol) und Saalfelden (Salzburg). – Unveröff. Diss. TU Berlin, 202 S.; Berlin.
- MEISCHNER, K.-D. (1964): Alldapische Kalke, Turbidite in Riff-nahen Sedimentations-Becken. – In: A. H. BOUMA & A. BROUWER (Ed.), *Turbidites. Dev. in Sedimentol.*, 3: 156–191; Amsterdam (Elsevier).
- MOJSISOVICS, E. (1903): Übersicht der geologischen Verhältnisse des Salzkammergutes. – In: C. DIENER, *Bau und Bild Österreichs*, 383–391; Wien und Leipzig (Tempsky-Freytag).
- MOSTLER, H. (1968): Conodonten aus den Werfener Schichten (Skythium) der Nördlichen Kalkalpen (Salzburg). – *Anz. math.-naturw. Kl. Österreich. Akad. Wiss.*, Jg. 1968, 4: 62–64; Wien.

- (1972): Holothuriensklerite der alpinen Trias und ihre stratigraphische Bedeutung. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 21: 729–744; Innsbruck.
- & SCHEURING, B. (1974): Mikroflora aus dem Langobard und Cordevol der Nördlichen Kalkalpen und das Problem des Beginns der Keupersedimentation im Germanischen Raum. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 4, 4: 1–35; Innsbruck.
- OTT, E. (1967): Segmentierte Kalkschwämme (Sphinctozoa) aus der alpinen Mitteltrias und ihre Bedeutung als Riffbildner im Wettersteinkalk. – Bayer. Akad. Wiss., Math.-Naturw. Kl., Abh. N.F. 131, 96S.; München.
- (1972): Die Kalkalgen-Chronologie der alpinen Mitteltrias in Angleichung an die Ammoniten-Chronologie. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 141, 81–115; Stuttgart.
- REITHOFER, O. (1958): Bericht 1957 über Aufnahmen auf den Blättern Feldkirch (141) und Schruns (142). – Verh. Geol. B.-Anst., 1958: 247–248; Wien.
- REIS, O. M. (1900): Die Fauna des Wettersteinkalkes. I. Teil, Cephalopoden. – Geogn. Jh., 13, 71–105; München.
- (1905): Die Fauna des Wettersteinkalkes. II. Teil, Nachtrag zu den Cephalopoden. – Geogn. Jh., 18: 113–152; München.
- RIEDEL, W. R. & FUNNEL, B. M. (1964): Tertiary sediment cores and microfossils from the Pacific Ocean floor. – Geol. Soc. London Quart. J., 120: 305–368; London.
- SARNTHEIN, M. (1965): Sedimentologische Profilreihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. – Verh. geol. B.-Anst., 1965: 119–162; Wien.
- (1966): Sedimentologische Profilreihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. I. Fortsetzung. – Ber. Naturw. Med. Ver. Innsbruck, 54: 33–59; Innsbruck.
- (1967): Versuch einer Rekonstruktion der mitteltriadischen Paläogeographie um Innsbruck, Österreich. – Geol. Rdsch., 56: 116–127; Stuttgart.
- SCHLAGER, W. (1968): Hallstätter- und Dachsteinkalk-Fazies am Gosaukamm und die Vorstellung ortsgebundener Hallstätter Zonen in den Ostalpen. – Verh. Geol. B.-Anst., 1967: 50–70; Wien.
- & SCHÖLLNBERGER, W. (1974): Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen. – Mitt. geol. Ges. Wien, 66/67: 165–193; Wien.
- SCHNEIDER, H.-J. (1964): Facies differentiation and controlling factors for the depositional lead-zinc-concentration in the Ladinian geosyncline of the Eastern Alps. – Dev. Sedimentology, 2: 29–45; Amsterdam/London/New York (Elsevier).
- SCHNEIDER, H.-J. (1964): Facies differentiation and controlling factors for the depositional lead-zinc-concentration in the Ladinian geosyncline of the Eastern Alps. – Dev. Sedimentology, 2: 29–45; Amsterdam/London/New York (Elsevier).
- TOLLMANN, A. (1973): Der Südwestrand der Inntaldecke in den Tiroler Kalkalpen. – Verh. geol. B.-Anst., 1973: 367–376; Wien.
- (1974): Zur Gliederung der triadischen Faziesregionen in den Ostalpen. – „Die Stratigraphie der Alpin-Mediterranen Trias“, Symposium Wien, Mai 1973. Schriftenr. Erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss., 2: 183–193; Wien.
- WALTHER, J. (1893/94): Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. – 3 Bde., Jena (Fischer Verlag).
- ZACHER, W. (1962): Fazies und Tektonik im Westabschnitt der Nördlichen Kalkalpen. – Jber. u. Mitt. oberh. geol. Ver., N.F. 44: 85–92; Stuttgart.
- ZANKL, H. (1967): Die Karbonatsedimente der Obertrias in den Nördlichen Kalkalpen. – Geol. Rdsch., 56: 128–139; Stuttgart.

Manuskript eingegangen am 25. 8. 1975.