

Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck

Band 54

S. 33—59

Innsbruck, November 1966

Sedimentologische Profilreihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck

(Aus dem Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck;
Vorstand: Univ.-Prof. Dr. W. HEISSEL)

I. Fortsetzung¹

von

M. SARNTHEIN

Mit 5 Abbildungen

Synopsis: In the Alpine Middle Triassic around Innsbruck, Austria the investigations of the past years (M. Sarnthein, 1965) have been continued and more detailed measured sections have been examined for their carbonate sedimentology. By this means it has been possible to further complete the knowledge of the area's variable depositional facies and lithostratigraphy.

Several sudden facies changes which had been caused by "events" concurrently effecting the whole of the viewed environment — e. g. bioturbation-sediment-cycles, changes of the speed of subsidence, volcanic tufa — are defined more exactly. These tend to prove the validity of the previously proposed subdivision of the "Alpine Muschelkalk Series" into three main and a number of smaller lithostratigraphic units.

The overlying "Partnachsichten", a basin facies, are subdividable into two sections. In the lower one, the former postulation that there are three shale-horizons constant in thickness and stratigraphic position, was demonstrated with several more profiles. The upper section is composed of the "Partnach Dolomite". This completely homogenous dolomitic complex, nearly barren of any sedimentary structures, is for the first time described as a probable basinal sediment.

The contemporaneously deposited "Facies Complex of the Wetterstein-kalk" — a reef complex — was examined only in its upper part, i. e. in the 1025 m thick facies group of the "Messerstichkalk-beds". This unit consists of 298 unrythmically changing cycles of various lagoonal sediments and supratidal muds. Stratigraphically they are classified into three major significant sections. The changing depositional conditions of all corresponding facies types are discussed. Only a brief sedimentological, but no environmental change, e. g. tectonically caused change, marks the contact between the "Messerstichkalk-beds" and the Upper Triassic Raibler-Schichten.

¹ Eine erste Arbeit gleichlautenden Titels erschien in den Verh. der Geol. B.-A. Wien 1965.

Several sedimentologic profiles are described from the Central Alps for comparison and for completing the regional paleogeographical pattern of the Middle Triassic (M. Sarnthein, 1966).

Inhaltsverzeichnis

Synopsis	33
I. Einleitung	34
II. Profile zur Serie des Alpinen Muschelkalks	35
II. 1. Die topographische Lage der Profile	35
II. 2. Das Profil „Martinswand“	39
II. 2. 1. Die Liegengrenze	39
II. 2. 2. Die Wechselfolge der Wurstlkalke	40
II. 2. 3. Die Mittlere Serie des Alpinen Muschelkalks	41
II. 2. 4. Die Obere Serie des Alpinen Muschelkalks	42
II. 3. Die Serie des Alpinen Muschelkalks in den übrigen Profilen	43
III. Die Partnach Schichten	46
III. 1. Die Liegengrenze	46
III. 2. Der Liegendsabschnitt der Partnach Schichten	46
III. 3. Der Hangendsabschnitt der Partnach Schichten	48
III. 4. Ein Überblick zur Fazies der Partnach Schichten	49
IV. Die Faziesgruppe des Wettersteinkalks	49
IV. 1. Die topographische Lage des Profils Grubreisen	51
IV. 2. Die Faziesgruppe der „Messerstichkalk“ Bänke	51
IV. 2. 1. Der Normalzyklus einer Messerstichkalk Bank	51
IV. 2. 2. Die „Rot-Horizonte“	54
IV. 2. 3. Der Abschnitt der „Monumentalbänke“	55
IV. 2. 4. Eine Deutung zur Faziesgruppe der Messerstichkalk Bänke	55
V. Das Profil Gschnitzer Tribulaun/Brennermesozoikum	57

I. Einleitung

Im Sommer 1965 wurden die karbonatsedimentologischen Profilaufnahmen der Jahre 1963 und 1964 im Raum um Innsbruck mit gleichen Methoden fortgesetzt. Dies führte zu einer besseren Abrundung des regionalen Bildes und zu einer weiteren Bestätigung, Vervollständigung und Verfeinerung der früher bereits dargelegten faziellen und lithostratigraphischen Begriffe in der Mitteltrias (M. SARNTHEIN, 1965). Die vorliegende Arbeit bezieht sich daher bei der Beschreibung der neu untersuchten Profilsäulen auch in vielen Einzelheiten auf die frühere Veröffentlichung und soll sich vorwiegend auf eine Zusammenfassung der ersten Ergebnisse aus den mit der Lupe im Gelände und am Anschliff durchgeföhrten Beobachtungen beschränken. Die in der vorangegangenen Arbeit benützte Nomenklatur für Karbonatgesteine wurde weiterhin beibehalten.

Der Schwerpunkt der Forschungen lag an der Martinswand bei Zirl, in den Karen hinter der Innsbrucker Nordkette und im Unterinntal. Insgesamt wurden rund 2800 m Profil detailliert sedimentologisch durchmustert und über 500 Handstücke orientiert entnommen, die — zu einem Teil — inzwischen auch mit Hilfe von An- und Dünnschliffen und Anätzversuchen bearbeitet worden sind. Das Belegmaterial

ist unter den Nummern 65/1—65/450 im Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck aufbewahrt.

Wie in den vergangenen Jahren bekam ich zu meinen ausgiebigen Geländeaufnahmen von der Geologischen Bundesanstalt in Wien bereitwilligst Unterstützung; außerdem vermittelte mir Herr Prof. W. HEISSEL Mittel des Österreichischen Forschungsrates, die zur Klärung des Aufbaues der Nördlichen Kalkalpen bestimmt sind. Die Innsbrucker Stadtwerke stellten mir für den gesamten Sommer eine Freikarte zur Benützung der Nordkettenbahn aus. Für alle freundliche Hilfe möchte ich mich hier herzlichst bedanken.

II. Profile zur Serie des Alpinen Muschelkalks

II. 1. Die topographische Lage der Profile (siehe Abb. 1 und 2)

Die meisten hier beschriebenen Profilsäulen zur Serie des Alpinen Muschelkalks entstammen dem Inntalraum, ein Profil dem nördlichen Karwendel, eines dem Brennermesozoikum und eines der Trias der Tarntaler Köpfe, Navistal.

II. 1. 1. Das westlichste Profil: „Martinswand“ umfaßt ein Schichtpaket von 184 m Mächtigkeit. Es wurde wegen der dort einzigartig schönen Aufschlußverhältnisse entlang der Trasse der Mittenwaldbahn aufgenommen. Das Profil setzt im Liegenden bei Bahn-km 7.950 ein, knapp oberhalb des Fahrleitungsmasts 7/30, am Ende einer Aufschlußlücke und reicht im Hangenden bis zu Bahn-km 8.320, rund 100 m unterhalb der Finstertaler Brücke, 783 m SH, wo die Felswand nördlich des Bahnkörpers etwa 20 m weit zurückspringt. Zur Profilaufnahme wurden auch je ca. 25 m breit die Felsaufschlüsse südlich und nördlich des Bahnkörpers miteinbezogen, um die Schichten besser im Streichen verfolgen zu können (im Mittel N 61° E / 57° N). An querschlägigen Störungsflächen mit ca. N 10° E Streichen und 50° W-65° E Fallen ist wiederholt eine leichte Bruchtektonik zu beobachten, wobei der jeweilige W-Schenkel um $\frac{1}{2}$ bis maximal 6 m abgesunken ist. Bei der Güte der Aufschlußverhältnisse sind die Versetzungsbeträge aber zuverlässig auf 10 cm genau zu rekonstruieren.

II. 1. 2. An dem Profil „Absamer Weiße Reiße“ wurde ein 90 m mächtiges Schichtpaket untersucht und weitere N-anschließende 200 m Profil ganz grob bemustert. Die Aufnahmen erfolgten rund 750 m N der Jägerkaserne von Absam bei Solbad Hall i. T. Die Profilbasis befindet sich in 965 m SH an der W-Seite der Absamer Weißen Reiße, an einer Stelle, wo von W her eine wiesenbewachsene Rinne einmündet, geologisch gesehen, an einer steilen, ca. E-W verlaufenden Störungsfläche, an der Raibler Schichten an die nördlich der Störung liegende Serie des Alpinen Muschelkalks grenzen. Die Profillinie folgt vom Liegenden zum Hangenden in ihrer gesamten Länge der W-Seite der Absamer Weißen Reiße aufwärts bis auf 1.045 m SH; (knapp oberhalb des Profilendes läuft die Reiße in verschiedene Seiten-tälchen aus).

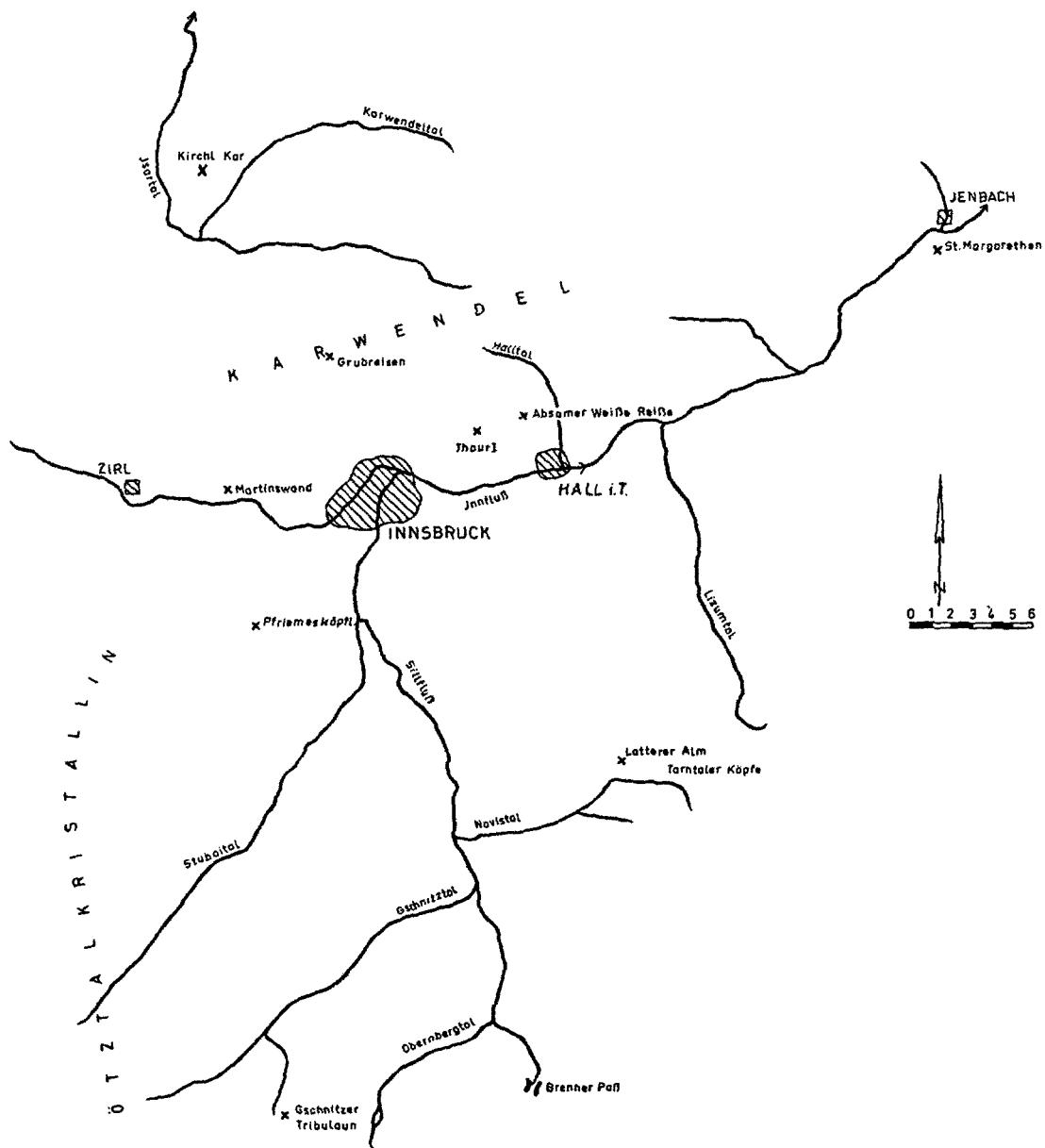


Abb. 1: Lageskizze der Profile

Legende :

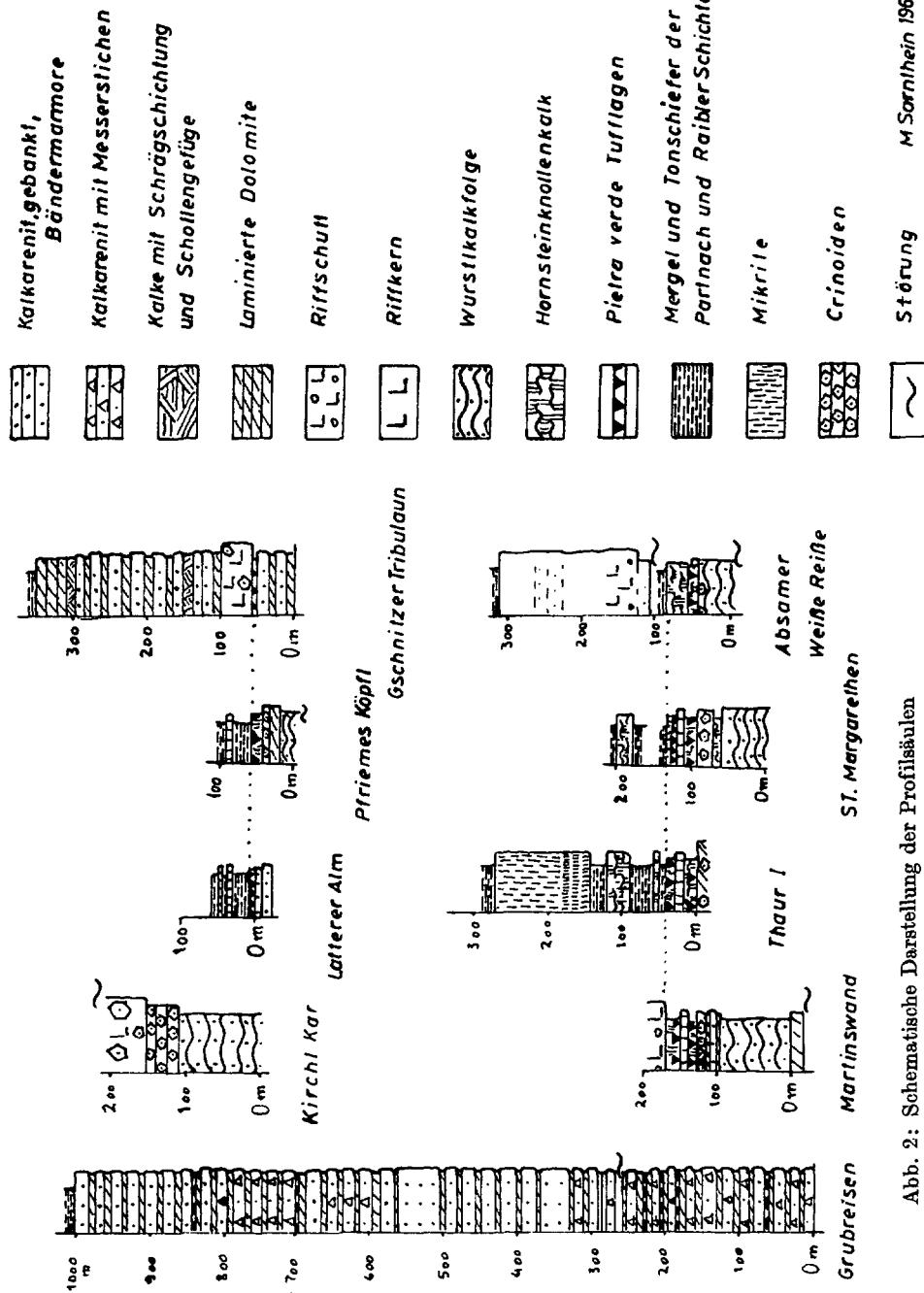


Abb. 2: Schematische Darstellung der Profilsäulen im Maßstab 1:10.000
im Maßstab 1:10.000

Trotz verhältnismäßig guter Aufschlußverhältnisse hat das Profil Absamer Weiße Reiße einen nur geringeren Wert, weil es mehrmals von steilstehenden, E-W und N-S streichenden Störungen mit unbekannten Verschiebungsbeträgen zerhakt ist und daher nur bruchstückhaft eine Faziesabfolge erkennen läßt. Die Schichten liegen im wesentlichen um N52W/75N.

II. 1. 3. Das Profil „St. Margarethen“, insgesamt 197 m mächtig, wurde als östlichstes aller Profile auf der S-Seite des Unterinntales bei Jenbach aufgenommen, und zwar an dem steilen bewaldeten Hang hinter dem Kalkbruch südlich der Ortschaft St. Margarethen. Das Profil beginnt aufschlußmäßig mit seinem Liegenden an der Hangoberkante im S, in 850 m SH, die Talsohle beendet die Aufschlüsse des Profils im N zum Hangenden hin. Die völlig steilstehenden Schichten streichen um N68E, werden aber im Verlaufe des Streichens mehrmals durch N-S streichende Blattverschiebungen gestört, an denen der jeweils westliche Schenkel nach N verschoben wird. Die Versetzungsweiten von max. 30 m konnten durch reichlich gute Aufschlüsse und die differenzierten Verhältnisse der Schichtfolge eindeutig geklärt werden. Die vorhandenen Aufschlußlücken ließen sich, bis auf eine von 10 m im Liegenden, durchwegs auf Tonschieferpakete zurückführen.

II. 1. 4. Das Profil „Pfriemesköpfl“ liegt eng benachbart dem Profil „Pfriemeswand“ am N-Ende der Kalkkögelgruppe südlich Innsbruck und ergänzt dieses in den basaleren Anteilen der Schichtfolge. Die Profillinie verläuft, vom Liegenden zum Hangenden, vom Pfriemesköpfl (1.875 m SH) in gerader Linie über einige kleine Felsnasen hinab nach N bis zu einem schmalen Waldpfad in 1.790 m SH, der vom Pfriemes-Gipfel nach SW führt. Es finden sich durchwegs gute Aufschlußverhältnisse bis auf 2 Lücken von je 7 m Weite. Die gesamte Schichtfolge, 90 m mächtig, liegt invers (N17W/34S), ist aber in sich fast ungestört, mit Ausnahme geringer Anzeichen von beginnendem Hakenwerfen. Die Metamorphoseerscheinungen lassen sich im beobachteten Profil als äußerst geringfügig bezeichnen, worauf noch im einzelnen eingegangen werden wird.

Anders hingegen das Profil „Latterer Alm“ in der sogenannten unterostalpinen Trias der Tarntaler Köpfe am Talschluß des Navistals: hier verschleiert die Metamorphose bereits die meisten sedimentären Merkmale bis auf grundsätzliche Materialunterschiede und die Schichtungsgefüge. Die Profilaufnahme erfolgte gemeinsam mit Fräulein cand. phil. M. ENZENBERG (sie bearbeitete im Rahmen ihrer Dissertation das betreffende Gebiet) NE oberhalb der Latterer Alm auf einer Hangrippe in rund 2.100 m SH. Das invers liegende Schichtpaket ist nur 54 m mächtig und durchwegs gut aufgeschlossen. Die Schichten streichen N43—50E und fallen mit 60° nach NW ein.

II. 1. 5. Das Profil „Kirchl-Kar“, 155 m mächtig, stammt aus dem nördlichen Karwendel, 750 m östlich von der Westlichen Karwendelspitze bei Scharnitz in Tirol. Die Profillinie beginnt mit dem Liegenden am südlichen Felsfuß des Mittleren Kirchl im 2.020 m SH und zieht an diesem in der Falllinie hinauf bis zur obersten Terrassenbildung unter dem Gipfel in 2.160 m SH. Weiters wurde, als vermutliche Profil-

fortsetzung zum Hangenden, ein Profil von der obersten Terrasse des Östlichen Kirchl (2.107 m SH) bis auf den Gipfel des Östlichen Kirchl (2.225 m SH) begangen. Die Aufschlußverhältnisse sind im Felsgelände der Kirchl ausgezeichnet. Die Schichten streichen um E-W und fallen flach mit ca. 20° nach N ein. Leider fanden an steilen, ungefähr N-S streichenden Störungsfächen verschiedentlich Abschiebungsbewegungen des jeweils östlichen Schenkels statt mit z. T. nicht genauer festzulegendem Ausmaß. Deswegen kann auch der zweite, hangende Profilteil nur als vermutliche Profilfortsetzung bezeichnet werden.

II. 1. 6. Die topographische und tektonische Situation des Profils „Thaur I“ wurde bereits im Rahmen der vorhergehenden Arbeit (op. cit. S. 144) genau beschrieben, so daß darauf in dieser Arbeit nicht noch einmal eingegangen zu werden braucht.

II. 2. Das Profil „Martinswand“

Wegen der Klarheit seiner Aufschlüsse und seines Reichtums an Fossilien und sedimentologischen Daten erweist sich dieses Profil brauchbar gewissermaßen als Standardprofil für die Ereignisfolge der Serie des Alpinen Muschelkalks. Es wird daher als erstes beschrieben und gedeutet. Anschließend werden die übrigen Profile hierzu in Vergleich gesetzt.

II. 2. 1. Die Liegendgrenze der Serie des Alpinen Muschelkalks zu den Reichenhaller Schichten entspricht mit ihren lithofaziellen Merkmalen genau der früher bereits gegebenen Definition (op. cit. S. 124) und ist schärfstens faßbar: sie wird an der Oberkante der hangendsten Bank laminiert (= Reichenhaller) Dolomite festgelegt, beziehungsweise an der Basis von Kalkareniten, die reichlich Crinoidenstielglieder führen.

Die mm-weise laminierten Gefüge des Dolomits der Reichenhaller Schichten sind klar als Bildungen von Stomatolithalgen kenntlich (schöne „Krautkopfformen“ des Typus LLH-S). Sie wechseltlagern alle 15 cm mit Lagen von feinen Doloresidiment-Areniten. Von Interesse erscheint die rosarote Farbe vieler einzelner Stomatolith-Rasenlagen, deren Bedeutung bisher aber nicht geklärt werden kann. Diese Farbe fand sich auch wieder bei Resedimenten von solchen Stomatolithen und dürfte daher primär-sedimentäre Ursachen haben. — 45 cm Arenit mit groben Doloresidimenten (max. Korn Ø um 2,5 mm), die sich aber zum Hangenden hin verfeinern, kennzeichnen die Obergrenze der Stomatolithbildung und entsprechen den auch aus anderen Profilen beschriebenen Aufarbeitungslagen (z. B. hangendste Rauhwackenbank im Profil Seegrube W) (H. MILLER 1962: 6; M. SARNTHEIN 1965: 125). Die darüber folgenden mikritreichen Crinoidenarenite werden bereits zur Serie des Alpinen Muschelkalks gezählt.

Der hiermit beschriebene Umschlag der Mikrofazies an der Basis der Serie des Alpinen Muschelkalks läßt sich entsprechend den Kenntnissen rezenter Fazies einfach auch als Ereignis im Ablagerungsraum deuten: Stomatolithrasen aus einem Bereich der Fasttrockenlegung werden infolge raschen Ansteigens des Meeresspiegels überflutet, mit den entsprechenden Aufarbeitungsscheinungen, und von schlammigen Crinoidensanden überlagert, die in tieferem Wasser als dem eines Bereichs gezeitenweiser Trockenlegung entstanden sind.

II. 2. 2. Die Wechselfolge der Wurstlkalke als basale Serie des Alpinen Muschelkalks baut sich im Profil Martinswand gleich wie in den übrigen, dem Autor bekannten Profilen (M. SARNTHEIN 1965: 125) aus 11 Sediment-Zyklen auf, die je mit einem Bioturbationshorizont (eben jenen „Wurstlkalken“) enden. Der gesamte Abschnitt ist nur 89,2 m mächtig. Die Wurstlkalk-Zyklen, im einzelnen bereits früher beschrieben (op. cit. S. 125), sind verschieden mächtig: die liegenden fünf erreichen 2 bis $5\frac{1}{2}$ m, die hangenden 15 bis 20 m Mächtigkeit, mit Ausnahme der geringmächtigeren Zyklen 9 und 11. Während Bioarenite in den liegenden Zyklen den Hauptanteil jener Sedimente, die sich zwischen die Bioturbationshorizonte einschalten, darstellen, z. B. die erwähnten Crinoidenarenite, treten in den mittleren Zyklen dolomitreiche Kotpillen-Arenomikrite und in den hangenden zwei Zyklen teils sogar laminierte Dolomite an deren Stelle, wobei letztere das Ende der Bänke mit Wurstlkalkfazies mit sich bringen. Petrographisch lassen sich die Wurstlkalke e. S. zumeist als mikritreiche Arenite beschreiben, die als Komponenten Kotpillen und wenige Biogene (wie Kleingastropoden, Crinoidenstielglieder, Filamente) führen. Regellos werden sie in wechselnder Dichte von Röhrchen durchlöchert, die, mehrere Zentimeter lang und 5 bis 8 mm im Durchmesser, vorwiegend mit feinen Dolospatit-rhomboederchen (Kristall Ø um 0,05 bis 0,08 mm) gefüllt sind.

Insgesamt erhält man bei einer überblicksweisen Milieuausdeutung der allmählichen Faziesentwicklung in der Gesamtfolge den Eindruck, daß der Ablagerungsraum, von unten nach oben, zunehmend ärmer an Wasserbewegung, lebensfeindlicher und die Wassertiefe wahrscheinlich geringer wurde. Für das eigenartige, gleich wie in allen übrigen vollständigen Profilen elfmal wiederholte Aufblühen der Schlammwühlertätigkeit in den Wurstlkalken e. S. kann allerdings bisher keine belegbare Erklärung gegeben werden.

Zum Hangenden erfährt der erwähnte Faziestrend jener Sedimente, die sich zwischen die obersten Wurstlkalkbänke einschalten, in gerader Linie eine Fortführung. An Hand von Dolo-Arenomikriten mit „Messerstich“-Formen (op. cit. S. 142) und vor allem zwei Stromatolithhorizonten zu oberst läßt sich nämlich eine Entwicklung zur Fast-Trockenlegung des Ablagerungsraumes ablesen (eine ausführliche Diskussion zu dieser Frage geschieht unter IV. 2.). Dieser 26,9 m mächtige lithostratigraphische Abschnitt wurde in den Profilen an der Nordkette mit ähnlicher Ausbildung bereits als unterer Teil der Mittleren Serie des Alpinen Muschelkalks beschrieben, soll hier aber nun abweichend, wegen der überwiegenden Kontinuität der Entwicklung der Ablagerungsbedingungen, noch definitiv zur Unteren Serie des Alpinen Muschelkalks (= entsprechend dem Gastropodenhorizont von A. ROTH-PLETZ) gestellt werden, die somit im Profil Martinswand insgesamt 116,1 m mächtig wird.

Im einzelnen begegnet man hier folgender Faziesabfolge (von unten nach oben): $8\frac{1}{2}$ m nahezu schichtungsfreie Doloarenomikrite mit Messerstichführung in den obersten $1\frac{1}{2}$ m — 4 m untere Stromatolithenbank (Typus LLH-S) mit einer 2—3 cm dicken Lage Tonmergel 0,8 m über der Basis und pyritvererzten kleinen Hohlräumen (\varnothing max. = 4,0 mm) nahe der Obergrenze — 10 m ungebankte Dolomikrite, bemerkenswert durch diffus verstreute, ungeregelte,

kalzitgefüllte Hohlräume mit Ø von 1 bis 15 cm, in den hangendsten 2 m auffallend durch feindiffuse Hornsteinführung — eine 1,6 m mächtige markante Arenitbank mit fast ausschließlich *Physoporella pauciforata* als Komponente (nach freundl. Bestimmung von Dr. E. OTT, München) — 1,3 m obere Stromatolithenbank, besonders gekennzeichnet durch zahlreiche kalzitgefüllte, flach linsenförmige Hohlräume (= "laminierte Fenster-Gefüge" nach G. E. TEBBUTT, C. D. CONLEY u. D. W. BOYD 1965: 1—13).

II. 2. 3. Die Mittlere Serie des Alpinen Muschelkalks wird im Profil „Martinswand“ nur 13,7 m mächtig und soll hier definitionsgemäß auf einen scharf abgrenzbaren Abschnitt beschränkt werden, der im wesentlichen aus reinen Crinoidenstielgliedersanden besteht. Diese Abgrenzung erhält auch für das in der vorhergehenden Arbeit (op. cit. S. 130) beschriebene, faziell sehr ähnliche Profil „Wildanger“ Gültigkeit auf Grund von Ergebnissen aus Dünnschliffuntersuchungen, auf die hier der Kürze halber nicht eingegangen werden kann. Bei detaillierter Betrachtung ergab sich die Möglichkeit, die Mittlere Serie des Alpinen Muschelkalks in 4 einzelne Crinoidenhorizonte zu untergliedern, drei liegende mit *Encrinus (Dadocrinus) c.f. gracilis* und ein hangender (à 40 cm) mit ? *Encrinus liliiformis*. Die dazwischenliegenden Bioarenite sind außergewöhnlich reich an Foraminiferen, Filamenten unbestimmbarer Art, Brachiopoden (vorwiegend *Spirigera [Tetraclinella] trigonella*), Echinoidenstacheln, Conodonten und auch Grünalgendetritus. Lagenweise lassen sich an knolligen Schichtflächen mit auffallender Konzentration der Biogene auch beginnende Anzeichen submariner Subsolution feststellen. Ein weiteres interessantes Gefüge bilden fladenförmige Hohlräume, die senkrecht-ss zwar höchstens 0,5 cm hoch sind, sich parallel-ss aber oft über mehrere dm erstrecken. Während die Bioarenite 8—10 cmweise gebankt sind, besitzen die Crinoiden-Arenite selbst nahezu massigen Charakter.

Dieser Abschnitt mit Crinoidensanden ist ohne weiteres den ähnlichen Bildungen in gleicher lithostratigraphischer Abfolge an der Nordkette (vor allem im Profil Wildanger) zeitlich gleichzusetzen (vgl. auch R. SIEBER 1962 a: 104). Die Betonung der Einzigartigkeit aller dieser Crinoidenstielglieder-Anhäufungen in der Mittleren Serie des Alpinen Muschelkalks wird besonders durch den auch in allen übrigen Profilen vorhandenen, schlagartigen Faziesumschwung an ihrer Basis gerechtfertigt: ähnlich wie bereits an der Liegendgrenze der Serie des Alpinen Muschelkalks kommt es nach der Bildung fast trockenliegender Stromatolithrasen zu einer abrupten Vertiefung des Wassers und damit zu einer völligen Veränderung des Ablagerungsmilieus. Dies führt an anderen Lokalitäten (z. B. Profil Seegrube W), wo die Crinoidenbänke im wesentlichen fehlen, statt diesen sogar zum Ansatz von Riffbildungen. Der hohe Ereigniswert, der bereits in der vorhergegangenen Veröffentlichung (M. SARNTHEIN 1965: 129) dieser Grenze an der Basis der (damals „innerhalb“ der) Mittleren Serie des Alpinen Muschelkalks zugeschrieben wurde, lässt sich somit mit dem Profil Martinswand deutlich bestätigen. Diese eingeengte Deutung lässt sich auch gut untermauern mit Hilfe von Faziesparallelen, wie sie sich aus derzeit laufenden Untersuchungen an rezenten Sedimenten aus dem Persischen Golf ergaben: die dort rasch erfolgte nachpleistocene Transgression führte vielfach zur abrupten Über-

lagerung der älteren Flachstwasser-Kalksande durch sehr Echinodermen-reiche Schlicke, die der heutigen größeren Wassertiefe entsprechen.

II. 2. 4. Die Obere Serie des Alpinen Muschelkalks, 43,2 m mächtig, grenzt sich wiederum (auf den cm!) scharf von ihrem Liegenden ab: mit dem plötzlichen Auftreten der Pietra-verde-Tuffe und -Tuffite. Zugleich findet auch ein allgemeiner plötzlicher Fazieswechsel statt: die zuvor so reich vorhandenen Crinoidenstielglieder setzen an der Grenz-Bankfuge auf einmal aus; an der Basis 40—60 cm, später rund 20 cm dick gebankte Knollenkalke mit Hornsteinknauern und -schnüren treten an ihre Stelle, ein Faziesbild durchaus ähnlich (nur besser ausgeprägt) wie im Profil Wildanger (op. cit. S. 130), etwa 15 km weiter östlich. Das Knollenkalk-Sediment ist ein Biospatarenit bis Biomikritarenit, in dem Filamente und Foraminiferen bis zu 90% der Komponenten stellen. Als Großfossilien finden sich im liegenden Abschnitt der Serie in großer Zahl Ptychitenreste und auch Ceratites (Paraceratites) cf. trinodosus (z. B. 8,9 m über der Basis der Oberen Serie des Alpinen Muschelkalkes).

Die Pietra verde Tuffe kommen sowohl bankintern wie bankextern vor, und zwar auf 3 Hauptabschnitte der Oberen Serie des Alpinen Muschelkalks beschränkt: 10 bankexterne Tufflagen, je 2—10 cm mächtig, zeichnen den Liegendabschnitt aus (14,05 m mächtig). Darüber folgen 3,4 m rote Hornsteinknollenkalke, bemerkenswerterweise in genau der gleichen Reihenfolge wie im Profil Wildanger. Mit 8 bankexternen Tufflagen, die je nur 1 bis 7 cm mächtig werden, und sehr viel bankintern eingeschaltetem Tuffit überlagert hierauf ein mittlerer Pietra verde-Abschnitt, der insgesamt nur 1,75 m Mächtigkeit erreicht. Hierüber stellen sich 6,3 m graue Knollenkalke ein. Jeweils mehrere cm dicke Hornsteinlagen, die die ungefähr 15 bis 20 cm dicken Kalkbänke zur hangenden Bankfuge hin abschließen, sind ein auffallendes Merkmal dieses Abschnitts, aber noch nicht detailliert untersucht.

Hangend führen 8,3 m mächtige Hornsteinknollenkalke ein drittes Mal Pietra verde, und zwar in Form von 21 bankexternen Tufflagen, von denen die 5. und die 9. die beachtlichen Mächtigkeiten von 45 bzw. 55 cm erreichen. Diese beiden markanten Tuffhorizonte überlagern bankexterne Knollenflächen, deren Relief durch geopetale Auffüllung mit 1 bis 4 cm dicken Hornsteinlagen eingeebnet worden ist, und sind intern deutlich gradiert geschichtet: grobporphyrischer Tuff mit Feldspat- und Biotiteinsprenglingen von einem Korn Ø bis zu 2,5 mm liegt an der Basis und geht zum Hangenden hin bei allmählicher Kornverfeinerung über in eine grüne Hornsteinlage von 23 cm Dicke. 9,4 m fast ungebankte Knollenkalke ohne Hornstein, aber mit bankinternen Pietra verde Linsen, stellen das Oberende der Serie des Alpinen Muschelkalks dar und werden an genau faßbarer Grenze von feinem, wahrscheinlich allochthonesem Riffschutt — gröbere Arenite mit Resedimenten und Biotiteritus als Komponenten, begleitet von den typischen Hohlraumbildungen der Großoolithe — überschüttet: dieses letzte Sediment wird bereits zur hangenden Faziesgruppe des Wettersteinkalks gerechnet.

Unterschiedlich zur früheren Deutung der entsprechenden Sedimentfolge im Profil Wildanger (op. cit. S. 132) werden in der vorliegenden Arbeit nun die gesamten Knollenkalke als Faziesfolge submariner Subsolutionsbedingungen hangend vom großen Crinoidenhorizont zur Oberen Serie des Alpinen Muschelkalks zusammengefaßt, und zwar auf Grund ihres gemeinsamen Merkmals, der auch im Dünnschliff (mit Glas, detritischem Quarz, sauren Vertretern der Albitreihe, Biotit) belegten Pietra-verde-Tuffe. Die auf diese Weise abgegrenzte Serie ist sowohl sedimentologisch wie auch paläontologisch im gesamten bearbeiteten Raum (siehe unten) als geschlossene Ereignisfolge leicht kenntlich. Erstens dienen hierzu die 3 unterscheidbaren Abschnitte mit Pietra-verde-Schüttung, wobei sich auch die relativen Mächtigkeits-

abstufungen der einzelnen Abschnitte als anhaltend erweisen (der mittlere, sehr kleine Pietra-verde-Abschnitt kann in einigen geringmächtigen Profilen allerdings unterdrückt sein). Mit Hilfe der sehr genauen Arbeit von K. HUMMEL (1932) wurde auch versuchsweise die Tuffschüttungsfolge aus den Profilen der südalpinen Buchensteiner Schichten verglichen, was aber zu keinem positiven Ergebnis führte. — Zweitens kennzeichnet stets das plötzliche Auftreten von Ammonitenfaunen als paläontologisches Ereignis deutlich den Liegendabschnitt dieser „Oberen Serie“ und vermittelt auch eine klare Verbindung zum anderen, riffnahen Faziesbereich, nämlich den „Hangenden Bankkalken“ in den beiden Profilen an der Seegrube (M. SARNTHEIN 1965, S. 129), die ebenso reichlich Ammoniten, vorwiegend nahe ihrer Basis führen. Diese hangenden Bankkalke schieben sich allmählich verzahnend zwischen die Faziesbereiche der Profile Martinswand und Wildanger ein und verhindern, im Gegensatz zu R. SIEBER (1965: A 64), deren geschlossenes Durchziehen.

II. 3. Die Serie des Alpinen Muschelkalks in den übrigen Profilen (ein allgemein vergleichender Überblick)

II. 3. 1. Die Untere Serie des Alpinen Muschelkalks ist in den Profilen des Inntalraumes entweder gar nicht (Profil Thaur I und Profil Latterer Alm) oder nur zu einem Teil aufgeschlossen, wobei durchwegs der liegende Abschnitt fehlt.

Im Profil Absamer Weiße Reiße finden sich nur die 5 hangenden Wurstlkalk-Zyklen, einzeln 7 bis 12 m, insgesamt 47 m mächtig. Kalkmikrite mit wenigen Crinoidenstielgliedern herrschen bei weitem als Sediment vor. 41 m über der Profilbasis schaltet sich eine 10-cm-Bank mit Sanden von *Pentacrinus*-Stielgliedern ein. Die Hangendgrenze der Wurstlkalke ist mit einer Störung gegeben.

Das Profil St. Margarethen zeigt in dem zur Diskussion stehenden, 66 m mächtigen Abschnitt bloß 3, je 2 bis 3 m mächtige Wurstlkalk-Zyklen aufgeschlossen, 12 m über der Profilbasis. Eine darüberfolgende, 10 m lange Aufschlußlücke verdeckte vermutlich weitere Zyklen. Die Sedimente bestehen durchwegs aus homogenen Dolomikritten, teilweise einer starken Sammelkristallisation verfallen, teilweise auch von zahlreichen kleinen, ss-parallelen Hohlräumen (\varnothing bis 2 cm) durchsetzt. Lamierte Dolomite und Stromatolithrasen fehlen zum Hangenden hin; ungefähr an ihrer lithostratigraphischen Position schaltet sich eine 1-m-Bank Kalkmikrit mit Hornstein-Schnüren ein.

Im Profil Pfriemesköpfl erreicht der sehr lückenhaft aufgeschlossene Rest der Unteren Serie des Alpinen Muschelkalks insgesamt 35 m Mächtigkeit. Im Gegensatz zu den übrigen Profilen des Brennermesozoikums (vgl. op. cit. S. 148) blieben hier die sedimentären Gefüge von der Metamorphose vorwiegend verschont: es zeigen sich am Pfriemesköpfl zwei, je 10 m mächtige Wurstlkalkzyklen, die von laminiertem Dolomit mit Stromatolithstrukturen überlagert werden.

Das Profil Kirchl-Kar im nördlichen Karwendel — gemeinsam mit Herrn Dr. E. OTT aufgenommen — birgt hingegen eine vollständig erhaltene Wechselfolge der Wurstlkalke, insgesamt 107,5 m mächtig mit 12 Zyklen, deren Einzelmächtigkeit, wie

üblich, von 2 bis 5 m im Liegenden auf 12 bis 17 m im Hangenden ansteigt. Die Sedimente bestehen vorwiegend aus mikritreichen Kotpillen-Areniten und führen wechselnd reich Stielglieder von Crinoiden als wichtigste Biogen-Komponente eingestreut. Die Stromatolith-Rasenbildung im Hangenden fehlen. Eine neuere geologische Darstellung von diesem Teil des Karwendels stammt von J. FRISCH (1964).

Zusammenfassend soll folgendes als ein Ergebnis aller dieser Profile hervorgehoben werden: die Ereignisfolge der Wurstlkalkzyklen tritt, wenn auch leicht modifiziert, in sämtlichen beschreibbaren Profilen (und Faziesbereichen) der weiteren Umgebung von Innsbruck als basale Serie des Alpinen Muschelkalks auf. Es erübrigt sich somit jede Aussicht, in diesem regionalen und stratigraphischen Raum einmal auch eine Cephalopoden führende (pelagische?) Knollenkalk-Fazies zu finden. Weiters erscheint von besonderem Interesse, daß in sämtlichen voll erhaltenen Profilen die Anzahl der Zyklen 11 bis 12 beträgt, also eine Art Leithorizont vorliegt.

II. 3. 2. Die Mittlere Serie des Alpinen Muschelkalks kommt in allen 1965 untersuchten Profilen in der Fazies der Crinoidenstielglieder-Sande vor. Sie erreicht im Profil St. Margarethen 20 m Mächtigkeit, wobei sich deutlich wieder ein 11 m mächtiger, liegender Horizont mit *Encrinus (Dadocrinus) gracilis* und ein bloß 0,8 m dicker hangender Horizont mit *Encrinus cf. liliiformis* unterscheiden läßt. Im Profil Pfriemesköpfel ist wegen einer Aufschlußlücke nur der hangendste halbe Meter des Crinoidenhorizonts aufgeschlossen. Das Profil Kirchl-Kar bringt eine besonders üppige Entwicklung des Crinoidenhorizonts: über einer 2-m-Lage mit Hornstein-Knollenkalken folgen bankungsfrei 45 m mächtige Arenite aus Crinoidenstielgliedern (*Encrinus [Dadocrinus] gracilis*) gemeinsam mit Brachiopoden und vielen anderen Schalenresten. Die Matrix ist Mikrit. Wegen der bereits erwähnten tektonischen Störungen läßt sich aber das Profil nicht weiter zum Hangenden hin einwandfrei fortsetzen. Das Profil Thaur I (op. cit. S. 144) zeigt nur einen sehr stark umkristallisierten Rest der Mittleren Serie des Alpinen Muschelkalks, dem außer wenigen Schichtgefügen auch mit einer ganzen Dünnschliff-Reihe keinerlei sedimentäre Daten mehr abgewonnen werden konnten. Im Profil Absamer Reiße entfällt der Crinoidenhorizont auf Grund der bereits erwähnten tektonischen Störungen.

Zusammenfassend erscheint von Bedeutung, erstens, daß eine Riff-Faziesausbildung der Mittleren Serie des Alpinen Muschelkalks in allen hier besprochenen Profilen fehlt und somit auf den Bereich der Profile an der Seegrube (M. SARNTHEIN 1965; S. 128) beschränkt zu sein scheint, zweitens, daß die Crinoidensedimente, obwohl letztlich nur eine reine Faziesvariante, im gesamten untersuchten Raum (mit der einen erwähnten Ausnahme an der Seegrube) einzeitig als Horizont auftreten und auch wieder enden. Dies wird vor allem durch die gemeinsame feinstratigraphische Position und durch die interne Abfolge der beiden mit verschiedenen Arten gekennzeichneten Crinoidenbänke nahegelegt.

II. 3. 3. Die Obere Serie des Alpinen Muschelkalks ließ sich, ausgehend von den klaren Verhältnissen im Profil Martinswand, auch in allen übrigen Profilen zuverlässig umgrenzen.

Im Profil Thaur I mußte im Rahmen der vorangegangenen Veröffentlichung (op. cit. S. 147) eine einschlägige lithostratigraphische Zuordnung der Serie des Alpinen Muschelkalks offen gelassen werden. Die in sich dreigeteilte, 35 m mächtige Folge (zusätzlich von 4 m crinoidenhältigen Areniten an ihrer Basis) kann aber nun ohne weiteres der Oberen Serie des Alpinen Muschelkalks im Profil Martinswand (43 m mächtig) gleichgesetzt werden: der untere (15 m) und der obere (9 m) Hornstein-Knollenkalkabschnitt des Profils Thaur I entsprechen dem liegenden (14 m) und hangenden (8,3 + 9,4 m) Pietra-verde-Horizont an der Martinswand. Der mittlere Tuffhorizont fehlt im Profil Thaur I, wahrscheinlich wegen der allgemein viel geringer mächtigen Ausbildung. Der obere Knollenkalkabschnitt ist zusätzlich mit dem Vorkommen einer 50 cm mächtigen (? entsprechend Lage 5 des 3. Pietra-verde-Abschnitts an der Martinswand) und mehreren dünnen Pietra-verde-Bänken gekennzeichnet; der untere Knollenkalk trägt außer mit seinem Hornsteingehalt auch durch vereinzelte, nur in diesem Abschnitt auftretende Ammoniten, von denen ein Exemplar als ? *Cuccoceras cf. succense* bestimmt wurde, zu dieser Deutung bei, die somit als wahrscheinlichste gilt. (Eine freundliche briefliche Bestätigung der Ammonitenbestimmung dankt der Autor Herrn Prof. Dr. R. SIEBER, Wien).

Das Profil St. Margarethen ist sedimentologisch-faziell mit Hornstein-Knollenkalken den beiden ersten Profilen sehr verwandt ausgebildet. In der hier ebenfalls 43 m mächtigen Oberen Serie des Alpinen Muschelkalks schalten sich wieder drei Abschnitte mit Pietra-verde-Führung ein: ein liegender mit 8 m und ein mittlerer mit 2 m Mächtigkeit, beide mit reichlich bankinternen Tuff-Scherben, und ein hangender (16,6 m) Abschnitt, in dem erwartungsgemäß auch 2 besonders mächtige (bis 1 m!) Tufflagen auffallen.

Auch im Profil Pfiemesköpfl untergliedert sich die Obere Serie des Alpinen Muschelkalks, nur 16 m mächtig, in einen liegenden und einen hangenden Hornstein-knollenkalk-Abschnitt, denen 6 m knollenfreie Kalke zwischenlagern. Der obere Knollenkalk-Abschnitt führt auch mehrere Lagen Pietra verde, hiervon eine mit 18 cm Mächtigkeit, die im Liegenden Knollenkalk-Abschnitt, ähnlich dem Profil Thaur I, fehlen.

Erstmalig fallen in dieses Kapitel auch Daten des Profils Latterer Alm zur Beschreibung: zwischen metamorphe Breccienbänke von insgesamt $3\frac{1}{2}$ m Mächtigkeit schalten sich 3 Lagen von grünen, feinsten Mergeln, je 20 bis 30 cm mächtig, die auf Grund ihrer lithostratigraphischen Position nahe der Triasbasis und direkt liegend von Partnach-Schichten als Reste von Pietra-verde-Tuffen gedeutet werden können, obwohl die Korngrößen unter dem Bereich mikroskopischer Erkennbarkeit liegen.

Im Profil Absamer Weiße Reiße sind wegen tektonischer Zerrüttung von der Oberen Serie des Alpinen Muschelkalks nur kurze Abschnitte mit Hornstein-Knollenkalk aufgeschlossen, die teilweise auch etwas Pietra verde führen. Das Profil Kirchl-Kar konnte nicht mehr bis zu diesem Horizont hinauf verfolgt werden.

Wie sich zeigt, entstanden in allen dargestellten Profilen die Sedimente der Oberen Serie des Alpinen Muschelkalks als Knollenkalke unter dem Einfluß submariner

Subsolution, die stets gemeinsam mit dem Pietra-verde-Vulkanismus (durch CO₂-Zufuhr?) in etwas größeren Wassertiefen im „Nicht-Riff“-Bereich auftrat (vgl. Diskussion op. cit. S. 132). Eine ausführliche Deutung der Oberen Serie findet sich auch unter 2. 2. 4.

Abschließend zur Serie des Alpinen Muschelkalks soll noch daraufhin verwiesen werden, daß der Autor im Sommer 1965 die günstige Möglichkeit hatte, gemeinsam mit Herrn Prof. Dr. R. SIEBER die Serie des Alpinen Muschelkalks in den Profilen Wildanger und Seegrube E paläontologisch-sedimentologisch zu bemühen. Für die beim regen Gedankenaustausch entstandenen Anregungen soll an dieser Stelle herzlicher Dank abgestattet werden.

III. Die Partnach-Schichten

Zur Untersuchung der Partnach-Schichten dienten 1965 im Inntalraum die Profile Thaur I, Absamer Weiße Reiße und St. Margarethen, in den Zentralalpen die Profile Pfiemesköpfl und Latterer Alm. Die topographische und tektonische Situation dieser Profile wurde bereits unter II. 1. erläutert, beziehungsweise in der früheren Veröffentlichung (op. cit. S. 144).

III. 1. Die Liegendgrenze

Die Definition der Liegendgrenze der Partnach-Schichten, die in der vorangegangenen Arbeit am Profil Thaur I gegeben wurde (op. cit. S. 149), erwies sich auch bei den neu aufgenommenen Profilen voll brauchbar: dunkelgraue Partnach-Tonschiefer überlagern schlagartig die Hornsteinknollenkalke der Serie des Alpinen Muschelkalks, wenige Meter über der hangendsten Pietra-verde-Lage: im Profil Thaur I sind es 3 m, im Profil St. Margarethen 6,7 m, in den Profilen Pfiemesköpfl und Latterer Alm 0,5 bis 1,5 m, im Profil Absamer Weiße Reiße sind die Verhältnisse an der Liegendgrenze gestört. Vergleichsweise beginnt im Profil Martinswand die Faziesgruppe des Wettersteinkalks 9,4 m über der hangendsten bankexternen Pietra-verde-Lage. Die verhältnismäßig geringen Differenzen aller dieser Beträge lassen sich eher mit verschiedenen Quoten der Karbonatsedimentation (was bei detaillierter petrographischer Betrachtung der verschiedenen Knollenkalk-Sedimente durchaus nahe liegt) als mit einer wesentlichen Verschiedenzeitigkeit dieser Grenze im betrachteten Bereich deuten. Auch die Annahme einer Einzeitigkeit der Basis von Partnach-Schichten und Faziesgruppe des Wettersteinkalks (letztere nur dort, wo sie die Serie des Alpinen Muschelkalks direkt überlagert) kann beibehalten werden.

III. 2. Der Liegendabschnitt der Partnach-Schichten

Die drei Tonschiefer- und Mergelhorizonte der Partnach-Schichten sollen mit den zwischenlagernden Kalkbänken als Liegendabschnitt zusammengefaßt werden.

Seine Neuuntersuchung war vor allem Aufgabe im 68 m mächtigen Profil Sankt Margarethen, als Vergleich zu den bereits vorhandenen Ergebnissen aus den

Profilen Thaur I, Thaur II und Priemeswand (op. cit. S. 150). Bereits H. PIRKL (1961) veröffentlichte wertvolle paläontologische Angaben zu den Partnach-Schichten aus diesem Profil, so daß eine detaillierte sedimentologische Aufnahme hier lohnend erschien.

Die Tonschieferhorizonte liegen aber, mit Ausnahme ihrer Grenzbereiche zu den steilstehenden Kalkzügen, fast nur als durchgehende Aufschlußlücken vor. Versuchsweise wurden die Lücken in die Ausmessung der Mächtigkeit miteinbezogen. Hierbei ergab sich für den unteren Bereich von (?) Tonschiefern 44 m Mächtigkeit. Diese Größe entspricht auffallend genau der addierten Gesamtmächtigkeit (41,4 m) des unteren (11 m) und mittleren (30,4 m) Tonschieferhorizonts im Profil Thaur I¹. Ebenso wäre für eine infolge der schlechten Aufschlußverhältnisse verborgen gebliebene Kalklage, die sich zwischen die beiden Tonschieferhorizonte im Profil St. Margarethen einschöbe, Platz von wenigen Metern (im Profil Thaur I: 7 m, im Profil Thaur II: 2,5 bis 5,0 m mächtig). Wenn auch diesen Meßergebnissen keine zu große Beweiskraft zukommt, so können sie doch als Hinweis dafür dienen, daß neben der Horizontbeständigkeit eine Mächtigkeitskonstanz der Partnach-Tonschiefer wahrscheinlich ist. Von dem vermutlich dritten, obersten Tonschieferhorizont sind im Profil St. Margarethen nur die basalen 4 m aufgeschlossen, womit das Profil zum Hangenden hin an der Talsohle des Inntales endet.

Von Bedeutung ist der Partnach-Kalkhorizont, der sich — 20 m mächtig — zwischen den zweiten und dritten Tonschiefer einschiebt. Faziell entsprechen diese Knollenkalke weitgehend denen der Oberen Serie des Alpinen Muschelkalks. Sie bestehen aus Mikriten, in denen wechselnd reich Schälchenreste schwimmen. Ihre knolligen Bankflächen, die wiederholt auch dünne Tonschieferlagen (von max. 30 cm) tragen, zeigen mehrfach Gefüge, die auf submarine Subsolution hinweisen. Als Besonderheit finden sich an den Unterseiten der Kalkbänke zweimal die bereits von H. PIRKL beschriebenen Muschelpflaster (7,7 und 9,6 m über der Basis des Kalkhorizonts). Auch die Muscheln (indet. *Daonella*) deuten auf Grund ihrer (geopetal!) angeätzten Schalenoberseiten auf submarine Subvolutionsverhältnisse. Lithostratigraphisch läßt sich dieses Fossilvorkommen ohne Schwierigkeit mit den daonellenführenden Kalkknollen an der Obergrenze des 2. Tonschieferhorizonts im Profil Pfriemeswand vergleichen.

Im Profil Absamer Weiße Reiße fanden sich geringe Reste von Partnach-Schichten zwischen Störungen eingekleilt. 3,4 m Tonschiefer an der Basis werden von einer 2,5 m dicken Kalkbank überlagert, über der bis zur hangenden Störung noch einmal 2,0 m Tonschiefer folgen. Wegen dieser nur mangelhaften Aufschlußverhältnisse muß eine Deutung unterbleiben.

In den Profilen Latterer Alm und Pfriemesköpfl sind die Partnach-Schichten in sehr ähnlicher Folge ausgebildet. Der untere und mittlere Tonschiefer-

¹Eine in M. Sarnthein 1965: 149, Zeile 35, infolge eines Druckfehlers leider falsche Mächtigkeitsangabe des mittleren Tonschieferhorizontes im Profil Thaur I soll an dieser Stelle von 40,4 m auf 30,4 m berichtigt werden.

horizont fallen hier zu einem Komplex zusammen. Die trennende erste Kalk- (bzw. Marmor-) Einlage, die im Profil Pfriemeswand noch 1,5 m mächtig wird, ist offenbar nicht vorhanden. 23 bis 25 m über der Basis zeigt sich (stratigraphisch entsprechend einer Mergelkalk-Lage im Profil Pfriemeswand) dann eine Zunahme des Karbonatgehalts, die im Profil Pfriemesköpfl sogar bis zur Einlagerung von 5 m mächtigen Knollenkalken führt, Hangend folgen weitere Partnach-Tonschiefer. Insgesamt werden die aufgeschlossenen Partnach-Schichten an der Latterer Alm 50 m, am Pfriemesköpfl 36 m mächtig. Beide Profile wurden vor allem aus regional-paläogeographischem Interesse aufgenommen.

III. 3. Der Hangendabschnitt der Partnach-Schichten

Der unter diesem Kapitel beschriebene Partnach-Dolomit kommt allein im Profil Thaur I vor; nur dort ist die Faziesfolge der Partnach-Schichten vollständig durchgehend bis zu den obertriadischen Raibler-Schichten entwickelt. Über dem 3. Tonschieferhorizont folgen zunächst wieder 20 cm dick gebankte Knollenkalke, die sich aus homogenem Mikrit aufbauen, der kaum Schälchenreste führt. 8 m über dem Tonschiefer steht aber dann ein Dolomit an, der sehr gleichmäßig ausgebildet ist. In den liegenden 30 m ist er 10 bis 20 cm dick gebankt, in den nächsten 40 m wächst die Bankmächtigkeit auf 50 bis 100 cm, der Hangendteil ist vollkommen massig. Insgesamt erreicht der Dolomit eine Mächtigkeit von 126 m. Die Profilaufnahme gestaltete sich anfänglich schwierig, da sie in zwei Paralleltälchen (Thaurer Klamm und östliches Paralleltälchen) zugleich durchgeführt werden mußte, um anfängliche Bedenken der stratigraphischen Zuordnung ausschalten zu können.

Das Dolomitsediment erweist sich als weitgehend homogener Mikrit, in dem u. d. M. höchstens noch Andeutungen etwaiger seltener Reste von Foraminiferen- und Ostracoden-Schälchen zu sehen sind. Auch an den Schicht- und Bankfugen ist kein Wechsel im Sediment zu bemerken. Von Bedeutung ist lediglich ein Wechsel in der Kristallinität, die auf kurze Distanz von einem bis auf 80 Mikron Kristall Ø wechselt. Hierdurch ließen sich wiederholt Lagen mit eigenartigen Schlammbreccien erkennen: feinstkristalline kantige Schlammbrocken zeigen keinerlei Abrundungserscheinung bei willkürlich gezackten Umrissen und erreichen Durchmesser von maximal 2 bis 3 cm. Im Internegüfe sind diese Komponenten entweder völlig homogener, strukturfreier Mikrit oder Mikrit mit jenen bereits erwähnten Andeutungen von Schälchenresten oder auch ein Mikrit, in dem feine Bitumenhäutchen ein ss abbilden, welches aber zusammen mit der Komponente im Verhältnis zur Gesamtschichtung verstellt ist. Bereits im Bereich eines größeren Dünnschliffs kann sich auf diese Weise eine ganz polymikte Gesellschaft von Dolomitkomponenten zusammenfinden, welche in einer grobkristallinen Matrix von Dolomikrit schwimmen; diese Matrix scheint die feinkristallinen Komponenten an einigen Stellen anzulösen.

Wenn auch auf Grund der polymikten Natur eine tektonische Erklärung dieser Breccie von vorne herein wegfällt, so bereitet auch die Erklärung der sedimentären Ursachen große Schwierigkeiten in einem Bereich, in dem die Möglichkeit der Aufarbeitung durch starke Wasserbewegung praktisch wegfällt: gegen jede größere Wasserbewegung spricht die durchgehend mikritische Natur des Sediments, weiters das Fehlen jeglicher sedimentärer Hohlräume und schließlich der absolute Mangel an Schrägschichtungs- und Gradierungsgefügen, ja in 56 m Dolomit fehlt sogar jedes ss-Gefüge überhaupt. Die Verfestigung des Sediments dürfte relativ langsam vor sich gegangen sein; hierauf deutet das eigenartige Anreißen des Umrisses einiger Schlammbreccien-Komponenten und die äußerst geringe kontinuierliche Sedimentation.

Hangend von diesem Dolomitkomplex folgen wieder 35 m reine Tonschiefer mit wenigen Kalkeinlagen, die in der vorangegangenen Arbeit (op. cit. S. 150) vom Autor als möglicher 4. Tonschiefer-Horizont der Partnach-Schichten angedeutet wurden. Nach ausführlichen Diskussionen mit einem der kundigsten Bearbeiter der Raibler-Schichten, Herrn Dr. H. JERZ, und nach verschiedenen Vergleichsüberlegungen sind aber diese Tonschiefer als überaus mächtiger, erster Raibler-Schiefer-Horizont einzustufen. Leitende Fossilien scheinen nach dem bisherigen Stande der Kenntnisse in diesem Faziesbereich zu fehlen.

III. 4. Ein Überblick zur Fazies der Partnach-Schichten

Die Partnach-Schichten erreichen insgesamt bei vollständiger Entwicklung die geringe Mächtigkeit von nur 234,4 m (vergleiche die 1.730 m der gleichzeitigen Faziesgruppe des Wettersteinkalks). Die bereits in der vorangegangenen Arbeit (op. cit. S. 150) diskutierte Deutung des Ablagerungsmilieus als das einer Beckenfazies kann auch hier beibehalten werden. Ein besonderes Licht erhält dadurch der Partnach-Dolomit, weil bisher nur sehr wenige Beispiele von Dolomitbildung aus Beckenbereichen in der Literatur beschrieben worden sind. Eine Darstellung rezenter mikritischer Tiefseedolomite von Seamounts des Atlantik (rund 300 m unter dem Wasserspiegel) gibt G. M. FRIEDMAN (1964). — Der Beckenbereich wurde zum Hangenden hin, vor allem über dem 2. Tonschieferhorizont zunehmend von der Faziesgruppe des Wettersteinkalks eingeengt. Dies kommt, ähnlich dem Profil Pfiemeswand, auch besonders schön im Profil Absamer Weiße Reiße zum Ausdruck. Über Partnach-Tonschiefern liegen dort zunächst Riffschuttsedimente (etwa 40 m), anschließend folgen — nebst anderen Biogenen — Korallenstücke mit mehreren Metern Durchmesser, die der Fazies eines Riffkerns entsprechen, und schließlich Backreef-Sedimente. — Das Profil Thaur I (vermutlich auch die Profile St. Margarethen und Latterer Alm) führt die Beckenfazies hingegen fort bis zu den Raibler-Schichten, in deren liegenden Anteilen sie auch noch erhalten bleibt. Die Reiflinger-Schichten weiteren Sinnes, neu untersucht von D. GEISSNER (1963) an ihrer Typlokalität, lassen sich mit gewissen Vorbehalten den Partnach-Schichten lithostratigraphisch vergleichen.

IV. Die Faziesgruppe des Wettersteinkalks

In der Faziesgruppe des Wettersteinkalks bezweckten die Geländearbeiten des Sommers 1965 die Aufnahme eines Profils, das den gesamten mächtigen oberen Abschnitt dieser Einheit erfaßt bis zur Basis der Raibler-Schichten. Dadurch sollten die Profile aus den vorhergehenden Sommern, die nur die unteren Anteile des Wettersteinkalks wiedergegeben hatten, die nötige Fortsetzung und einen Abschluß zum Hangenden hin erfahren.



Abb. 3: Ostansicht der Grubreißenspitzen: unterer Abschnitt der Messerstichkalk-Bänke



← Abb. 4: Messerstichkalk



Abb. 5: Ein Beispiel aus den Zwischenschichten mit deutlicher Feinschichtung von Kalk- und Dolomitlagen

IV. 1. Die topographische Lage des Profils Grubreisen (siehe Abb. 1 und 3)

Die kahlen Felskämme der Grubreisentürme und der Kumpfkarspitze verlaufen als S-N streichende Querelemente von der Innsbrucker Nordkette — nahe der Hafelekar-Bergstation — nach N auf das innere Karwendelgebirge zu. Die steil-stehende Schichtung des Wettersteinkalks streicht quer zu den Felskämmen: N 76-85 E/75-85 N. Der bewuchsfrei aufgeschlossene Felsfuß der Grubreisentürme eignet sich also gut zur Anlage des Profils „Grubreisen“, das insgesamt ein 1.025 m mächtiges Schichtpaket umfaßt. Die Liegengrenze des Profils liegt im S direkt beim östlichen Einstieg zur Grubreisen-Scharte; von dort führt die Profillinie, zum Hangenden fortschreitend, am östlichen und nördlichen Wandfuß entlang nach N bis zum N-Ende des Grubreisen-Kamms („Am Tumpfen“, 1.725 m SH). — Weil von dieser Stelle weg auf Grund mangelnder Aufschlüsse eine Untersuchung der restlichen Schichtfolge bis zu den Raibler-Schichten hinauf nicht mehr möglich war, wurde die Profillinie von da um 420 m zum östlichen Felsfuß des Kumpfkars Kammes (etwa in 1.780 m SH) ss-parallel versetzt. Dies geschah erstens auf dem Wege einer genauen ss-parallelprojektion (mit topographischer Karte 1 : 10.000 und Visierkompaß) der letzten Bankoberfläche am Grubreisen-Kamm, die sich wie die meisten anderen Bankflächen vollkommen plan auf Kilometer hin erstreckt. Zweitens diente zur bestätigenden Kontrolle ein markanter Leithorizont, nämlich der hangendste der insgesamt 8 seltenen, ss-parallel „Rothorizonte“, der 35 m liegend vom eingesessenen Niveau sich in den Profilen beider Felskämme einschaltet. Bis zu den 1. Raibler-Tonschiefern, die in der Rinne am Widdersberg am N-Ende des Kumpfkars Kammes anstehen, kamen noch weitere 150 m Wettersteinkalk zur Untersuchung. — Das Ausmaß der tektonischen Störung ist im Profil Grubreisen relativ sehr gering und tritt einem vor allem in Form von kleinen N-S-Blattverschiebungen entgegen: die Versetzungswelten wechselnden Relativsinns ließen sich immer im 0,5- bis 4-m-Bereich ermitteln, bis auf zwei Ausnahmen NE vom Grubreisen-Nordturm, wo die Störungsbeträge auf Grund der Faziesabfolge mit rund 8 bis 10 m nur abzuschätzen waren.

IV. 2. Die Faziesgruppe der „Messerstichkalk“-Bänke

IV. 2. 1. Der Normalzyklus einer Messerstichkalk-Bank

Die langwierige Darstellung der 1025 m mächtigen Schichtfolge des Profils Grubreisen läßt sich sehr vereinfachen. Dies ist möglich mit der Beschreibung von Teilbereichen, die sich mit ihrem annähernd gleichartigen faziellen Aufbau senkrecht zur Schichtung andauernd wiederholen (vgl. die Definition eines „Raumrhythmus“ von W. SCHWARZACHER, 1947). Solche Teilbereiche, deren Raumabstand aber unrhythmisches schwankt und deren Internaupbau auch einige Varianten aufweisen kann, lassen sich in den zyklischen Sedimenten der einzelnen Messerstichkalk-Bänke wiederfinden (vgl. M. SARNTHEIN, 1965: III. 3. 4.).

Ein Messerstichkalk-Zyklus untergliedert sich in eine liegende Bank von nahezu ungeschichtetem, kompaktem Kalk (die „Kompaktkbank“) und die hangenden Zwischenschichten (Nomenklatur nach dem Erstbearbeiter B. SANDER, 1936: 127). Die Kompaktkörper vereinen wiederum verschiedene Sedimentfaziestypen, die, wie folgt, mit ihrem Komponentenbestand beschrieben werden können.

Die Fazies der Kornaggregat-Klumpen stellt einen großen Anteil innerhalb der Kompaktkörper.

Ihr Komponentenbestand addiert sich vorwiegend, oft bis zu über 90%, aus den zusammengeklumpten Kornaggregaten, deren Durchmesser zumeist im Bereich zwischen 1,0 und 2,0 mm liegt, aber auch 4 bis 5 und in Einzelfällen 12 mm — erreichen kann. Neben einigen Kotpillen, Schlammaggregaten und wenigen Biogenen spielen vor allem rindenumkrustete Körner eine bedeutendere Rolle, die sämtliche zuvor genannten Komponentenarten (vor allem die Kornklumpen) als Kern tragen können. Sie werden zu den Onkoiden gezählt, wenn der Krustenanteil am Korn über 50% beträgt. Selten, oder auf gewisse Bereiche beschränkt, finden sich auch dolomitumkrustete Körner und andere unbestimmbare Dolomitkomponenten in den ansonsten meist dolomitärmeren Kompaktkörpern. Im Intergranulare herrscht im allgemeinen Kalk- oder Dolospatit vor, häufig zeigt sich aber auch vollkommen unregelmäßig verteilter Mikrit. Bitumensäume können in wechselndem Maße das primärsedimentäre Porenvolumen umranden. In dem sehr homogenen Sediment entstehen die spärlichen Schichtungsgefüge entweder durch lagenweise Bitumenanreicherung oder auf dem Wege der Einregelung von Kornlängsachsen parallel ss. Auf weite Strecken hin kann jedes erkennbar geregelte Gefüge fehlen.

Die Kotpillen-Schlamm-Fazies beteiligt sich ebenso wesentlich am Aufbau der Kompaktkörper.

Die wichtigsten Komponenten, die Pseudooide, sind zum größten Teil als Kotpillen entstanden, ebenso stammen wahrscheinlich die unförmigen Schlammaggregate aus zerfallenen Kotpillen. Die übrigen anorganischen Komponenten wie Kornklumpen, umkrustete Körner etc. sind nur selten eingestreut. Die Biogene treten als Komponenten etwas stärker hervor (5–10%) mit Foraminiferen, Brachiopodenschalen und einigen Grünalgen. Die Kalkmikritmatrix übersteigt häufig 50% des Gesamtvolumens. Die Herausbildung von ss-Gefügen scheint ähnlich wie in der Kornaggregat-Klumpen-Fazies eher zurückzutreten; primärsedimentäres Hohlraumvolumen fehlt fast vollständig.

In den Kompaktkörpern befinden sich auch Bereiche reiner Kalkschlamm-Fazies, in der ss-parallele Sonderung von Mikrit und Kryptit häufig eine 2–4 mm-weise Laminierung bewirkt.

Die Biogen-Schlamm-Fazies ist die dritte wichtige Faziesvariante in den Kompaktkörpern.

Die Pseudooide treten in dieser Fazies zugunsten von biogenen Komponenten, vor allem sehr vieler Dasycladaceen und Foraminiferen (z. B. Nodosarien) stark zurück. Auffallend ist der Reichtum von Makrofossilien, und zwar sind die Vorkommen stets individuenreich und artenarm. Es gibt z. B. mächtige Horizonte mit außergewöhnlicher Anreicherung von Brachiopoden, wie Rhynchionelliden und Terebratuliden, mit einer Dichte von einer Schale pro cm². Wegen äußerst ruhiger, gleichmäßiger und rascher Sedimentationsverhältnisse wurden die vollständig mit ihrem Kalzit-Prismenbau erhaltenen Schalen rasch und völlig dicht im Kalkschlamm (zumeist ungeregelt!) eingebettet. Der Innenraum der Schalen blieb hingegen frei von Mikritfüllung und wurde auch nicht (vermutlich wegen zu geringer Zirkulationsmöglichkeit des Porenwassers) mit Kalzit ausspätiert, was eine vollständig freie Erhaltung der Armgerüste im primären, stets offenen Hohlraumvolumen mit sich brachte. Chemnitzien (vor allem *Chemnitzia tumida*) sind weitere Makrofossilien mit massenhaftem Auftreten in der Biogen-Schlamm-

Fazies. Sie wandern aber auch in den Faziesbereich der Kornaggregatkumpen hinüber. Eine statistische Untersuchung zu einer möglichen strömungsbedingten Einregelung ihrer Gehäuse blieb leider ohne positives Ergebnis. Von Interesse ist letztlich der Umstand, daß die meisten Chemnitzienschalen von außen her angeätzt erscheinen. — Auch in der Biogen-Schlamm-Fazies kann der Mikritanteil 40 bis 50 Volumprozente erreichen. Schichtgefüge wie alle übrigen Regelungen von Gefügen treten stark in den Hintergrund.

Die „Messerstichformen“ (siehe Abb. 4 und vgl. die Beschreibung in M. SARNTHEIN 1965: 142) können sich in allen aufgezählten Fazies der Kompaktbänke finden, mit Ausnahme der Biogen-Schlamm-Fazies. In hangenderen Profilanteilen führen aber schließlich auch Bereiche von Dasycladaceen-Schlamm-Fazies „Messerstiche“. — Schichtungsparallel fladenförmige Hohlräume liegen als auffallendes Gefüge häufig nahe der Basis von Kompaktbänken und sind mit Kalkspat wandständig auszementiert.

Die Zwischenschichten (siehe Abb. 5) setzen sich zum größten Prozentsatz aus Areniten zusammen, deren Komponenten (Resedimente, rindenumkrustete Korn-Klumpen, Onkoide, Kotpillen, wenige Grünalgenfragmente) aus Dolomit bestehen. Dolomikritmatrix oder Dolospatit und Kalkspatit füllen entsprechend dem Grade der Wasserbewegung das Porenvolumen aus. Wichtigstes Kennzeichen der Zwischenschichten sind aber ihre vielfältig ausgebildeten Gefüge: vorne an sind die mächtig ausgebildeten Stromatolithrasen (zumeist LLH-Typen mit Kuppel Ø von 1 bis 3 cm) zu nennen, weiters jede Feinschichtung sonstiger Entstehung und die laminierten Fenstergeschiebe. Man versteht darunter ss-parallel gelängte, blasenartige, sedimentäre Hohlräume (als Kalzitaugen vorliegend), die meist zusammen mit Stromatolithen auftreten und sich nicht aus der Art des Korngefüges ableiten lassen (Definition nach G. E. TEBBUTT, C. D. CONLEY und D. W. BOYD 1965). Andere häufig wiederholte Gefüge sind Gradierung, Schlammrisse, intraformationelle Brecien und Resedimente von Dolomitkrusten, Wannen- und Kolkbildung. Schollen- und Schrägschichtungsgefüge und kleine synsedimentäre Auffaltungen konzentrieren sich besonders auf die hangenden 350 m der Gesamtfolge (entsprechend der „Sonderfazies“ von H. J. SCHNEIDER 1954). Die Zwischenschichten beinhalten in selteneren Fällen bis zu 40 cm dicke Einlagerungen von dolomitischer Kornaggregat-Klumpen-Fazies, die auch jene Messerstich-Formen aufweisen können, welche sonst in den Zwischenschichten fehlen.

Die nun beschriebenen Faziestypen überlagern einander auf kurze Strecke senkrecht zur Schichtung in einer Reihenfolge, die sich zyklisch konstant (aber mit unkonstanten Mächtigkeiten!) durch lange Sedimentationsperioden hindurch immer wieder wiederholt; der auf diese Weise definierte Normalzyklus einer Messerstichkalk-Bank erreicht in 80,3% aller Fälle eine Mächtigkeit zwischen 0,5 und 4,5 m, bei 17,3% eine Mächtigkeit von 4,8 bis 9,6 m (genau entsprechend einer GAUSS'schen Normalverteilung). Er beginnt, wie bereits erwähnt, mit einer Kompaktbank. Der Liegendanteil einer solchen Bank besteht aus Kornaggregat-Klumpen-Fazies oder Kotpillen-Schlamm-Fazies mit Messerstich-Formen. Dieser Messerstich-Fazies läuft vielfach eine Erhöhung des Dolomitanteils in der Intergranular-

ausfüllung parallel. Im Durchschnittszyklus hören die Messerstiche rund 60 bis 100 cm über der Basis auf; im Hangende der Bank entwickelt sich allmählich eine Biogen-Schlamm-Fazies, wobei sich das Vorkommen vieler Biogene, z. B. der Chemnitzien, mit dem der Messerstiche kontraktorisch ausschließt. Die Fazies der Zwischenschichten folgt schließlich schlagartig oder nach nochmaliger kurzer Einschaltung von Messerstich-Fazies und stellt den geringmächtigen Oberteil des Zyklus dar. Nur in einem kleinen Teil der Fälle erreicht die Mächtigkeit der Zwischenschichten 30 bis 50% von der des Gesamtzyklus. — In den Zyklen werden vor allem folgende Variationen der geschilderten Reihenfolge beobachtet: Die Messerstich-Formen führende Fazies kann die Biogen-Schlamm-Fazies weitestgehend verdrängen, oder umgekehrt, so daß eine der beiden Typen in der Kompaktkbank fehlt; Kompaktkbank und Zwischenschichten sind aber immer vorhanden. Gelegentlich stellen sich bereits erste 2—4 cm dicke Linsen mit Stromatolithgefügen innerhalb der Biogen-Schlamm-Fazies ein. Weitere interessante Erkenntnisse ergaben sich aus dem Wechsel der vorherrschenden Organismengruppen in der Biogen-Schlamm-Fazies und aus einer systematischen Darstellung des Verlaufs der unrhythmisch wechselnden Zyklusmächtigkeit.

IV. 2. 2. Die „Rot-Horizonte“

In acht Messerstichkalk-Zyklen, die sich willkürlich(?) über das gesamte Profil verteilen, begrenzen tiefrote, arenitische Kalkmitkrite, seltener Dolomitmergel die Zwischenschichten zum Hangenden hin. Sieben der acht betreffenden Zyklen fallen mit ihrer überdurchschnittlichen Mächtigkeit von 4 bis 9 m auf, drei davon sind über 8 m mächtig (Es sind dies der 18., 61., 71., 87., 163., 167. und 220. Zyklus). Im einzelnen trifft man auf folgende Verhältnisse: Die Zwischenschichten beginnen unter den Rot-Horizonten gewöhnlich in Wannenformen von maximal 10 m Durchmesser und 60 bis 80 cm Tiefe. Schräggeschichtete Dolarenite füllen geopetal diese Wannen aus, bis sich schließlich Stromatolithrasen ansiedeln nach Abnahme der Wasserbewegung. Hangend füllen homogene, z. T. größer kristalline Dolomikrite, in denen außer gelegentlichen laminierten Fenstergütern weder Komponenten noch sonstige Gefüge zu erkennen sind, die noch immer vielfach grobwelligen Oberflächenformen des Liegenden aus und erreichen eine Mächtigkeit von 10 bis 30 cm. 1 bis 3, höchstens 10 cm mächtige, tiefrote Kalkmikrite und Dolomitmergel schneiden darüber an einer brettabebenen Schichtfläche, die sich über hunderte Meter hinweg verfolgen läßt, alle liegenden Faziestypen mit einem Schlag ab. Diese Rot-Horizonte fallen auch markant in der Felsmorphologie auf (z. B. als Nordwand des Grubreisen Nordturms). Über den Rot-Horizonten folgen zunächst 10—30 cm dicke Dolarenite. Diese führen als einzige Komponenten grobe Doloresedimente mit 2—4 mm Korndurchmesser, als Matrix dient vielfach noch der rote oder aber jener grobkristalline weiße Dolomit. Fladenförmige Hohlräume treten in dieser Fazies gehäuft auf, ebenso aufgestauchte Schollen und Falten. Mit dem Einsetzen von Messerstichkalken folgt der nächsthängende Zyklus.

Die verschiedenen sedimentären Merkmale an den völlig ungestörten Aufschlüssen schließen eine Deutung der „Rot-Horizonte“ als sogenannten „tektonischen Rot-schlamm“, wie er an Störungsflächen auftritt, eindeutig aus. „Rot-Horizonte“ des Oberen Wettersteinkalks (bzw. solche von ähnlichen triadischen Karbonatfazies) fanden bereits früher kurz Erwähnung, und zwar bei B. SANDER (1936:200), W. SCHWARZACHER (1949), O. SCHMIDEGG (1949:167) und F. PURTSCHELLER (1962:180, als „Fazies E“).

IV. 2. 3. Der Abschnitt der „Monumentalbänke“

In 5 Zyklen erreichen die Kompaktbänke außergewöhnliche Einzelmächtigkeiten: im 100. Zyklus 45 m; im 102. 18 m; im 120. 14 m; im 129. 61 m; im 130. 16 m. Auch die meisten Zwischenzyklen in der aufgezählten Reihe besitzen überdurchschnittliche Größen, so daß der Gesamtabschnitt bei oberflächlicher Betrachtung den Eindruck eines Massenkalks erweckt. Aber selbst die größte Kompaktbank bildet nur die definierte Faziesreihenfolge eines Zyklus ab: über basalen, rund 20 m Kornaggregat-Klumpen-Fazies mit Messerstichformen folgen mehr oder weniger kalkschlammreiche Bioarenite, wobei sich noch gelegentlich kleine Linsen der Messerstichfazies einschalten können. Zuletzt überlagern wieder Zwischenschichten mit den charakteristischen Stromatolithen. Mit Ausnahme von den Zwischenschichten kommen im gesamten homogenen Abschnitt nur kaum Schichtungsgefüge vor, auch keine Bankfugen. In den überaus mächtigen kontinuierlichen Bereichen von Biogenschlamm-Fazies läßt sich eine außergewöhnliche Entfaltung (und Neuentwicklung?) der Organismen feststellen: der Zyklus 100 enthält beispielsweise den bereits beschriebenen Brachiopodenhorizont, mit dem Zyklus 129 scheinen die für den obersten Wettersteinkalk leitenden *Dasycladaceen*, die *Poikiloporella duplicata* (nach freundl. Bestimmung von Dr. E. OTT/München), sich anzusiedeln. Die in den kleineren Zyklen bei Individuenreichtum vorherrschende Artenarmut der Organismenwelt wird in diesen Großbereichen zu einem guten Teil aufgehoben. Von besonderem Interesse scheint auch, daß die Mächtigkeitswerte der Monumentalbänke in auffallender Weise außerhalb der für die übrigen Bankmächtigkeiten gültigen, bereits erwähnten GAUSS'schen Normalverteilung stehen (für diese freundliche mündliche Mitteilung dankt der Autor Herrn Dr. E. WALGER, Kiel).

IV. 2. 4. Eine Deutung zur Faziesgruppe der Messerstichkalk-Bänke (siehe Abb. 2)

Die Faziesgruppe der Messerstichkalk-Bänke umfaßt eine Folge von 298 Sediment-Zyklen mit zusammen 1025 m Mächtigkeit. Sie unterteilt sich deutlich in einen unteren Abschnitt von 99 Zyklen mit 5 Rot-Horizonten (326,4 m mächtig), in den Mittelabschnitt der Monumentalbänke von 31 Zyklen (265,6 m mächtig) und den Hangendabschnitt von 168 Zyklen mit 3 Rot-Horizonten (433,0 m mächtig).

Nach den jetzt vorliegenden Meßergebnissen läßt sich die Gesamtmächtigkeit der Faziesgruppe des Wettersteinkalks an der Innsbrucker Nordkette mit 1730 m an-

geben, die sich auf fünf Großfaziesabschnitte aufgliedert: den Hafelekar-Riffkörper, die Untere Schollenserie und die drei Abschnitte der Faziesgruppe der Messerstichkalk-Bänke. Diese Unterteilung scheint allen bisherigen Gliederungsversuchen (z. B. H. MILLER 1962, 1965:206) insofern überlegen zu sein, als sie auf allgemein lithogenetischen Grundlagen einer vollständig durchmusterteren Profilsäule Wettersteinkalk beruht.

Eine Deutung der Messerstichkalk-Zyklen muß, wie bereits in der früheren Arbeit versucht wurde (M. SARNTHEIN 1965: 143), von den Erkenntnissen an rezenten Sedimenten ausgehen. Während sich auf diesem Wege (vor allem nach E. G. PURDY 1963 und nach L. V. ILLING et al. 1965) die verschiedenen Fazies der Kompaktbänke auf verschiedene, bereits gut unterscheidbare Bereiche einer flachen Rifflagune zuordnen lassen, deren wechselnde Strömungsverhältnisse und offenen oder geschlossenen Zugänge zum freien Meer die Faziesausbildung bestimmen, kristallisiert sich für die Zwischenschichten immer mehr eine Deutung heraus, die diese Fazies angehenden fossilen Trockenlegungsgebieten und kurzzeitigen Inselbildungen zuschreibt (vgl. E. G. PURDY et al. 1965). Die Rot-Horizonte könnten in diesem Milieu vielleicht als Transgressionsreste fossiler Verwitterungskrusten zu erklären sein. Röntgenographische Analysen sind zur weiteren Untersuchung dieses Problems nötig. Die „unrhythmische Zyklusbildung“ (im Gegensatz zur früher angenommenen Rhythmik) hängt also klar auch mit den beständig zwischen 0 und max. 10 m schwankenden Wassertiefen des Ablagerungsraumes zusammen, die ihrerseits für den andauernden Wechsel von aufarbeitendem (= Zwischenschichten) und agglutinierendem Milieu (= Kompaktbänke) verantwortlich sein dürften. L. V. ILLING et al. (1965) bringen sogar Rezentbeispiele für die Bildung von Messerstichkalken: sie beschreiben nämlich von den Salzlagunen („sebkha“) am Südrand des Persischen Golfs große, flächige Gipskristalle, die in frisch-rezenten Aragonit-Dolomit-Schlicken ausblühen und bei späterer (syndiagenetischer?) Auslaugung die charakteristischen Messerstichformen hinterlassen könnten.

Von besonderem stratigraphischem Interesse ist vermutlich der Mittelabschnitt, der der Monumentalbänke. Während dieser Periode kontinuierlicher und meist gut durchlüfteter Wasserbedeckung scheint nämlich auf der Riffplatte des Wettersteinkalks eine größere Erneuerung der Organismenwelt vor sich gegangen zu sein, jener Organismen, die sich während der Kleinzyklen in dem flachen Lagunenwasser vielleicht sogar leicht brackischen Verhältnissen (durch Regenfälle möglich!) anzupassen gehabt hatten, worauf die individuenreichen und artenarmen Biotope hinweisen könnten.

Interessanterweise setzen sich im Profil Grubreisen die Messerstichkalkbank-Zyklen des Oberen Abschnitts gleichförmig fort bis an die Basis der Raibler Schichten. Auch in diesen scheinen sie weiter zu bestehen: zutiefst lassen sie sich am wiederholten Auftreten der Sphärocodienbänke (= Onkoide) erkennen, die der Fazies von Zwischenschichten entsprechen, in den unteren Raibler Kalk- und Dolomiteinheiten entsprechen sie wieder völlig dem Wettersteinkalk. Weder finden sich nahe der

Hangengrenze des Wettersteinkalks Rot-Horizonte, die auf Trockenlegung und Perioden verringriger Absenkung hinweisen könnten, noch zeigen sich Monumentalbank-artige Zyklen, die in Richtung auf eine schnellere Absenkung deuten und eine Faunenerneuerung mit sich bringen könnten. Es läßt sich also zusammenfassend feststellen, daß nahe der Basis der Raibler Schichten im Ablagerungsraum der Riff-lagune keinerlei Veränderung der Sedimentationsbedingungen (z. B. tektonischer Art wie der „Labinischen Phase“) bisher nachzuweisen ist, die plötzliche Tonschiefer- und Sandsteinsedimentation somit von einem Diktator außerhalb des Beobachtungsbereiches abhängig gewesen sein muß, der weiterhin eine Unbekannte darstellt.

V. Das Profil Gschnitzer Tribulaun, Brennermesozoikum (siehe Abb. 1 und 2)

Zur Abrundung des paläogeographischen Bildes wurde noch ein 357 m mächtiges Profil in den flachliegenden Dolomitmarmoren am NE-Wandfuß des Gschnitzer Tribulaun aufgenommen (südlich von Gschnitz am Brenner) vom tiefsten Felsaufschluß in 2040 m SH bis auf 2350 m SH. Ähnlich den Profilen St. Magdalena oder Waldbauer (M. SARNTHEIN 1965) ist fast die gesamte Mitteltrias in gebankter Lagunenfazies ausgebildet, vergleichbar den oberen Anteilen des Wettersteinkalks (mehrere Chemnitzenvorkommen untermauern diese Deutung). 60 m über der Basis schaltet sich zusätzlich, über Pietra-verde-ähnlichen grünen Mergeln ein 50 m mächtiger Abschnitt mit reichlich Crinoidenstielgliedern und Großoolithgefügen ein. 45 m unter den ersten Raibler Tonschiefern läßt sich wie in allen übrigen Profilen des Brennermesozoikums ein markanter Schollen- und Schrägschichtungshorizont (8 m mächtig) erkennen.

Literatur

- Das dieser Arbeit angeschlossene knappe Literaturverzeichnis ist nur als kurze Ergänzung zu dem ausführlichen in der früheren Veröffentlichung (M. SARNTHEIN 1965) gedacht.
- ALDERMAN, A. R. (1965): Dolomitic sediments and their environment in the South-East of South-Australia. — *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **29**: 12, 1355—1365, 1 Abb., 3 Tab., Oxford.
- CALLEGARI, E. & MONESSE, A. (1964): Il chimismo della "pietra verde" degli Strati di Livinallongo (Dolomiti). Contributo allo studio petrogenetico della "pietra verde" ladinica. — *Studi Trentini di Sc. Nat.* **41**: 1, 45—71, Trent.
- DIENI, J. & SPAGNULO, G. (1964): Alge Calcareae nell' Anisico del Dosso dei Morti (Adamello Sud-Orientale). — *Mem. Accad. Patav. di SS. LL. AA., Cl di Sci. Mat. Nat.*, **76**: 1963—1964) 13 S., 2 Taf., Padova.
- ENZENBERG, M. (1965): Vorbericht über geologische Studien in den Tarntaler Bergen (Tirol). — *Anz. math. nat. Kl. Öst. Akad. Wiss. Jg.* 1965 Nr. 9, 192—194, Wien.
- EPHENSTEINER, W. (1965): Die schwarzen Breccien der Bleiberger Fazies. — *Mittl. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **14**—**15**: 1963—1964, 205—228, 1 Abb., Wien.
- FRIEDMAN, G. M. (1964): Early Diagenesis and Lithification in Carbonate Sediments. — *J. Sediment. Petrol.*, **34**: 4, 777—813, Abb. 1—53, Tulsa.
- FRISCH, J. (1964): Zur Geologie der nördlichen Karwendelkette im Bereich des Kirchlkars zwischen Isartal im Westen und Karwendeltal im Osten (Tirol). — Unveröff. Dipl. Arbeit., T. H. München, München.
- FISCHER, A. G. (1966): The Lofer Cyclothsems of the Alpine Triassic. — *Kansas Geol. Surv. Bull.* **169** (1964), 107—149, 38 Abb., Kansas.
- GEISSNER, D. (1963): Stratigraphisch-paläontologische Untersuchungen in den Reiflinger Kalken an der Typlokalität Großeifling (Enns). — Unveröff. Diss., Universität Graz, 184 S., 1 Karte, Beilagen, Graz 1963.
- HARRINGTON, H. J. (1965): Space, Things, Time, and EVENTS — an Essay on Stratigraphy. — *Bull. AAPG*, **49**: 10, 1601—1646, 7 Abb., Tulsa.
- HERAK, M. (1965): Comparative Study of some Triassic Dasycladaceae in Yugoslavia. — *Bull. Geol. d. Inst. f. geol. Forsch. in Zagreb u. d. Geol. Ges. Kroat.*, 1—32, 15 Taf., 1 Abb., Zagreb.
- HUMMEL, K. (1932): Zur Stratigraphie und Faziesentwicklung der südalpinen Mitteltrias. — *N. Jb. Miner., Geol. Paläontol.*, Beil.-Bd., **68**: 403—462, Taf. 9—10, Stuttgart.
- ILLING, L. V., WELLS, A. J., TAYLOR, J. C. M. (1965): Penecontemporary Dolomite in the Persian Gulf. — in: Pray, L. C. and Murray, R. C. edit.: *Dolomitization and Limestone Diagenesis, a symposium*. — *Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ.*, **13**: 89—111, 10 Abb., Tulsa.
- JERZ, H.: Untersuchungen über Stoffbestand und Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen). — Unveröff. Diss., T. H. München, 147 S., 1 Abb., 1 Mappe mit Profiltafeln, München. 1964.
- JERZ, H. (1965): Zur Paläogeographie der Raibler Schichten in den westlichen Nordalpen. — *Verh. Geol. B.-A. Sonderh. G.*, 171—183. Wien und: *Z. deut. geol. Ges. Jg.* 1964, **116**: 2, 427—439, Hannover, 9 Abb.
- KARAGOUNIS, K. (1962): Zur Geologie der Berge zwischen Ofenpaß, Spöltal und Val del Gallo im Schweizerischen Nationalpark (Graubünden). — *Erg. d. wiss. Unters. im Schw. Nationalpark*, VII (N. F.), 48, 373—451, 6 Taf., Chur.
- LEONARDI, P. (1961): Triassic Coralligenous Reefs in the Dolomites. — *Ann. Univ. Ferrara, N. S. (IX). Sci. Geol. Min.*, **3**: 8, 127—155, 20 Abb., 3 Taf., Ferrara.
- MILLER, H. (1965): Die Mitteltrias der Mieminger Berge mit Vergleichen zum Westlichen Wettersteingebirge. — *Verh. G. B. A.* 1965, 187—212, 1 Tab., 7 Abb., Wien.
- OTT, E. (1966): Die gesteinsbildenden Kalkalgen im Schlauchkar (Karwendelgebirge). — *Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere e. V.*, **31**: 1—8, 7 Abb., 2 Aufn., 1 Zeichn., München.
- PURDY, E. G., EBANKS, W. J., TEBBUTT G., WANTLAND, K. F., (1965): Genesis and Diagenesis of Carbonate Islands. — *Amer. Petr. Inst. Res. Proj.* 71 A, Annual Rep., Dept. of. Geol., Rice University, Houston.

- ROSENBERG, G. (1962): Bericht aus Judicarien. — Verh. G. B. A., **1**: 63—76; 1 Abb., Wien.
- SARNTHEIN, M. (1965): Sedimentologische Profilreihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. — Verh. G. B. A. 1965, 119 bis 162, 1 Taf., Wien.
- SARNTHEIN, M. (1966): Versuch einer Rekonstruktion der mitteltriadischen Paläogeographie um Innsbruck. — Vortrag gehalten auf der 56. Jahrestagung d. Geol. Ver. in Wien, 25—27. Feb. 1966. Geol. Rdschau, **55**: (im Druck).
- SCHWARZACHER, W. (1946): Sedimentpetrographische Untersuchungen kalkalpiner Gesteine. Hallstätter Kalk von Hallstatt und Ischl. — Jb. G. B. A., **91**: 1—48, 15 Abb., Wien.
- SCHWARZACHER, W. (1949): Über die sedimentäre Rhythmik des Dachsteinkalkes von Lofer. — Verh. G. B. A. 1947, H. 10/12, 175—188, Wien.
- SIEBER, R. (1965): Bericht 1964 über paläontologisch-stratigraphische Untersuchungen zu geologischen Arbeiten in Nordtirol und Kärnten. — Verh. G. B. A. 1965, A 63—A 65, Wien.
- SUMMERSON, C. H. (1966): Crystal Molds in Dolomite: their Origin and Environmental Interpretation. — J. Sedim. Petr. **36**: 1, 221—224, 2 Abb., Tulsa.
- TAUPITZ, K. Chr. (1954): Die Blei-, Zink- und Schwefelerzgerüste der nördlichen Kalkalpen westlich der Loisach. — Unveröff. Diss. Bergakad. Clausthal. 120 S., 48 Abb., 14 Tab., 5 Taf., Clausthal.
- TEBBUTT, G. E., CONLEY, C. D. & BOYD, D. W. (1965): Lithogenesis of a distinctive Carbonate Rock Fabric. — Contr. to Geol., **4**: 1, 1—13, 2 Taf., Laramie/Wyoming.
- TOLLMANN, A. (1966): Die alpidischen Gebirgsbildungphasen in den Ostalpen und Westkarpaten. — Geotekt. Forsch. **21**, 1—156, 20 Abb. 3 Beil. 1 Tab., Stuttgart.
- ZAPFE, H. (1964): Das Mesozoikum in Österreich. — Mitt. Geol. Ges. Wien **56**: 2, 361—400, Wien.

Derzeitige Anschrift des Verfassers: Dr. Michael SARNTHEIN, Geol. Paläontol. Institut u. Museum d. Univ. Kiel, D-23 Kiel, Olshausenstraße 40—60.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1966

Band/Volume: [54](#)

Autor(en)/Author(s): Sarnthein Michael

Artikel/Article: [Sedimentologische Profilreihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. 33-59](#)