

AUS DER GEOLOGISCHEN GESCHICHTE ÖSTERREICHS

POPULÄRWISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN
DER GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT

**STEINE ERZÄHLEN AUS IHREM LEBEN
DIE KARNISCHEN ALPEN**

Von HANS PETER SCHÖNLAUB

ISBN 3-900312-13-3

Wien 1984

Zum Geleit

Karnische Alpen und Gailtaler Alpen – in der Schönheit ihrer Berge sich gleichend und in ihrer Geschichte doch sehr verschieden.

Dazwischen das Gailtal, im Eiszeitalter mit eigenem Eis erfüllt, das ins Klagenfurter Becken strömte; der Talgrund vielleicht bis zu 400 m tief mit Lockermassen aufgefüllt.

Am Nordfuß der Karnischen Alpen zieht eine gewaltige geologische Störung, die Periadriatische Naht, durch; im Lesachtal ist sie stellenweise deutlich erkennbar, meist aber von eiszeitlichen Lockermassen überdeckt. So sind beide Gebirge getrennt; zwischen ihnen liegen nicht nur die schiefrigen Gesteine des Sockels der Gailtaler Alpen, sondern auch Spuren eines fremden Gebirgskörpers (z. B. der Granit von Nötsch), der sich an die Scholle der Villacher Alpe und ihres Sockels angeschoben hat. Der Raum zwischen den beiden Gebirgen war seinerzeit wesentlich breiter; es fehlen vielleicht 40–50 km in der Nord-Süd-Richtung. Wir müssen heute aber auch annehmen, daß die beiden Gebirge sich um etwa 100 km auch waagrecht gegeneinander verschoben haben. Daraus lassen sich die Verschiedenheiten ihres Schicksals besser verstehen.

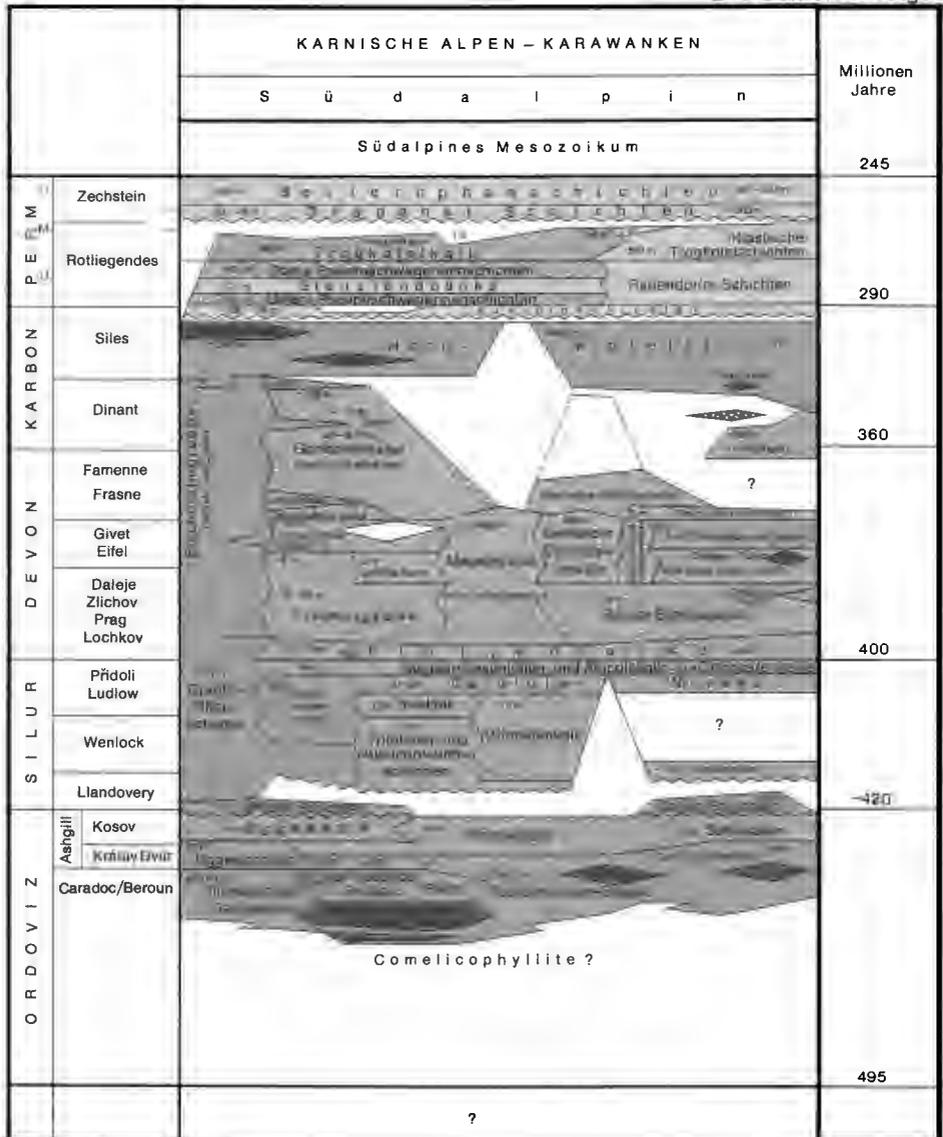
In den Karnischen Alpen sind etwa ab dem Wolayer See nach Osten im oberen Teil des Gebirges die Schichtfolgen reich an Versteinerungen. Mit ihrer Hilfe gelingen wertvollste zeitliche Vergleiche. Das wichtigste Ereignis war die große (sogenannte variszische) Gebirgsbildung mitten in der Steinkohlenzeit. Steil stehen am Zollner See die älteren Schichten. Flach darüber legten sich ein paar Millionen Jahre später, als schon wieder die Abtragung wirksam war, die jüngeren Gesteine. Ein Auf und Ab der Uferlinie bringt Farnpflanzen des Landes (Abb. 18) und wenige Meter darüber Meerestiere (Abb. 20) im wiederholten Wechsel in die Schichtfolge, und erst im Perm gegen Ende des Erdaltertums beruhigt sich der Sockel der Karnischen Alpen in seiner Höhenlage zum umgebenden Meer: etwas früher als in den Gailtaler Alpen beginnt eine großartige Kalkablagerung im Trogkofel, die sich nun in der Trias (wie in den Gailtaler Alpen, wenn auch im einzelnen verschieden) fortsetzt, in der italienischen Carnia aber bis in die Jura- und Kreidezeit andauert. Die Gesteine, die wir im Gailtal am Fuß der Karnischen Alpen sehen, liegen in der Gegend von Tolmezzo etwa in 50 km Tiefe!

Das hat die Bildung der heutigen Alpen, insbesondere auch der Südalpen, zustandegebracht: vorher Fremdes nahe aneinander zu bringen, Nachbarliches zu trennen, zu verschieben, hochzuheben, übereinander zu stapeln und auch wieder zu versenken. Wieder greift der Abtrag tief in den neuen Gebirgskörper ein und füllt mit dem Schutt auf der Südflanke die immer tiefer absinkende Poebene während der Dauer des Eiszeitalters bis zu 1600 m auf: auch die höchsten Berge werden wieder vergehen.

Großartig sind die Karnischen Alpen; großartiger noch ist ihre Geschichte, von der ein fast unvorstellbarer Zeitraum einer halben Milliarde Jahre besonders gut dokumentiert ist.

PALÄOZOIKUM DER SÜDALPEN

Die Schichtenfolge



Steine erzählen aus ihrem Leben – die Karnischen Alpen

Eine allgemein verständliche Darstellung
von HANS PETER SCHÖNLAUB

Nur in wenigen Gebieten auf der Erde sind in Gesteinen Zeugnisse der Vergangenheit in so eindrucksvoller Weise überliefert, wie in den Karnischen Alpen. Wer ihnen im Raum zwischen den Gailtaler Alpen im Norden und der Staatsgrenze im Süden, zwischen Arnoldstein im Osten und Sillian im Westen nachspürt, stößt allenthalben auf die Reste längst ausgestorbener Meerestiere und

Landpflanzen; sieht uralte Riffe aus Korallen, Medusen-ähnlichen Hohltieren, Schnecken, Muscheln, Seelilien und vielen anderen Organismen; er lernt das Entstehen und Vergehen eines Gebirges kennen, niedergeschrieben im Buch der Natur in vielen spannenden Kapiteln. Es beginnt bei rund 460 Millionen Jahren und endet nach einem ersten Abschnitt vor etwa 300 Millionen Jahren.

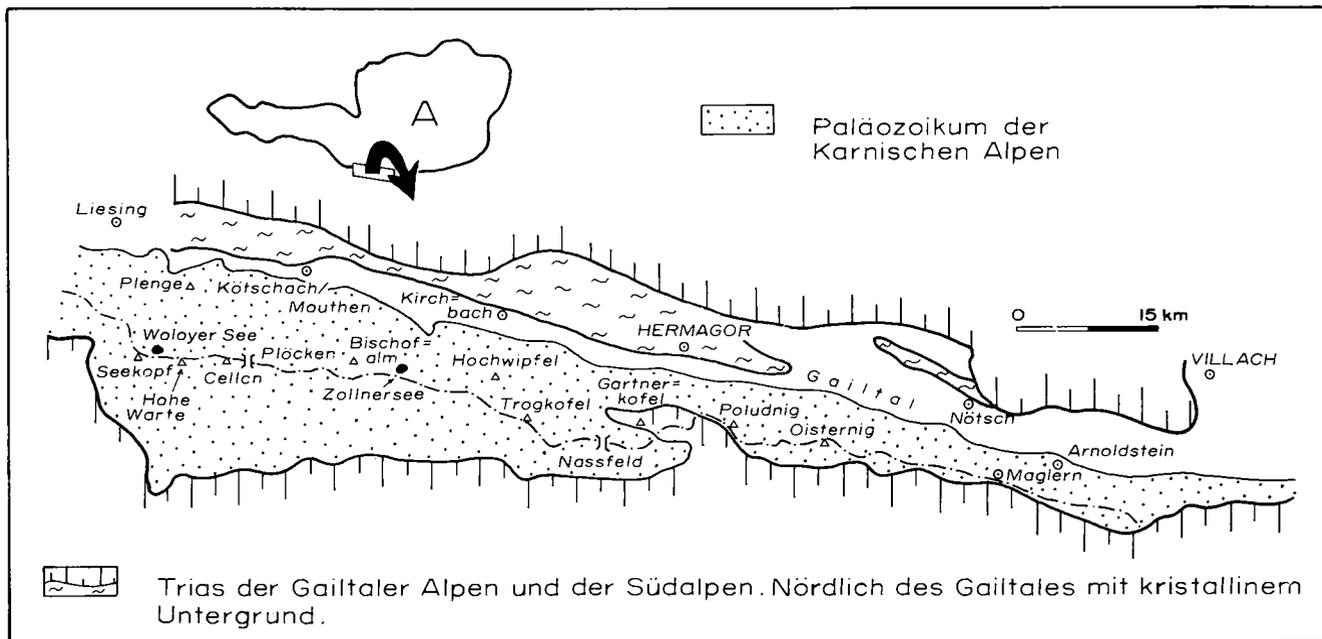


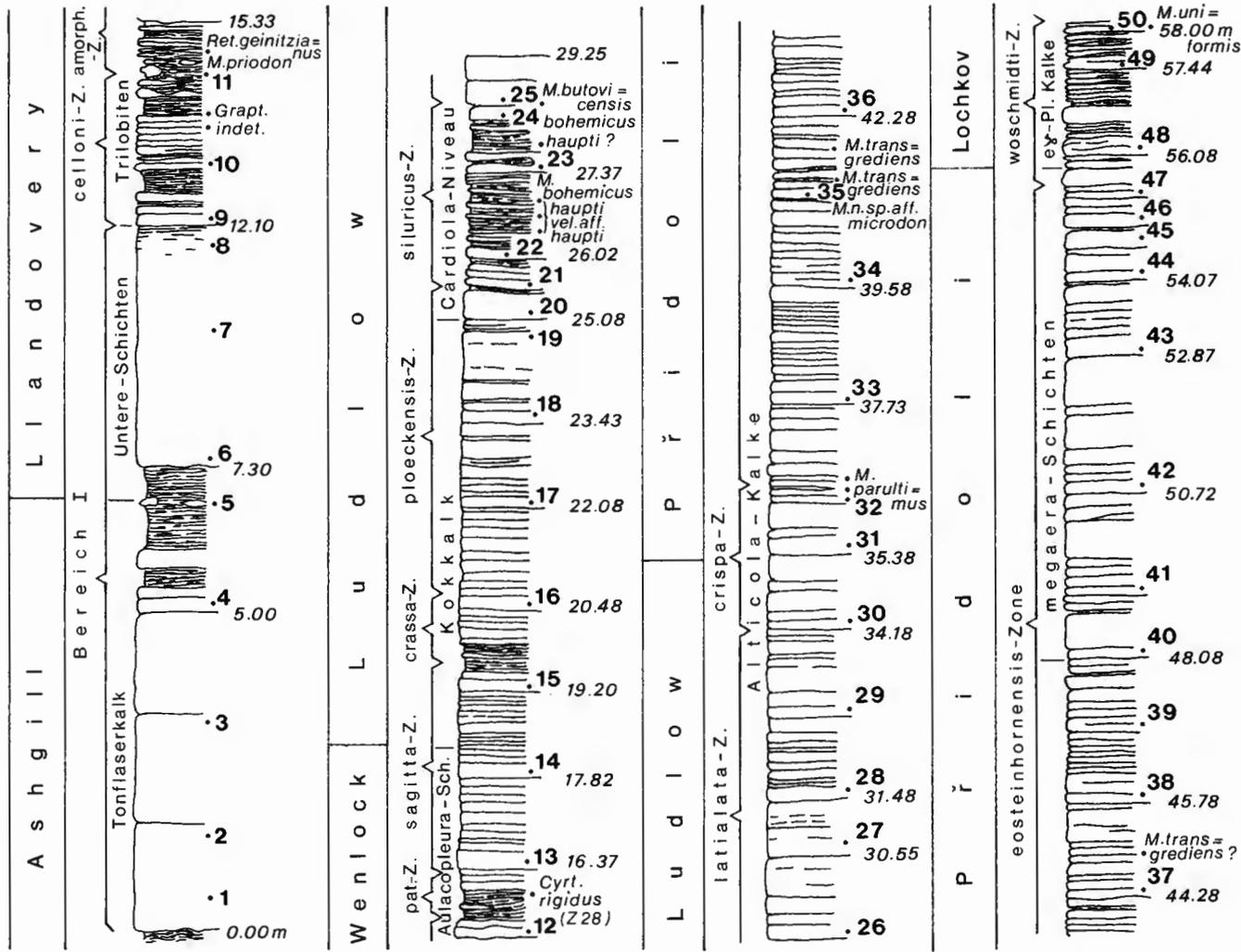
Abb. 1: Geographischer Überblick der Karnischen Alpen.



Abb. 2: Das Gesteinsprofil in der Lawenrinne auf der Ostflanke des Cellons auf Plöckenpaß („Cellonetta-Lawenriß“).

Es überspannt mit seinen gut 800 m mächtigen, ungestört übereinanderliegenden Schichten einen Zeitraum vom jüngeren Ordoviz bis in das mittlere Karbon, das ist eine Dauer von ungefähr 120 Millionen Jahren. Für den Geologen von besonderem Interesse sind die in der unteren Bildhälfte erkennbaren Ablagerungen des Silurs, die reiche Vorkommen von Makro- und Mikrofossilien führen. Die darauf basierende Untergliederung dieses Zeitabschnittes der Erdgeschichte wurde an vielen Stellen der Erde wiedergefunden und bestätigt. Seit 1964 gilt dieses Profil daher als Standard für die auf einzelne, kurzzeitig lebende, Conodonten-Leitarten beruhende „Zeiteinteilung“ des Silurs.

Probenpunkte für Mikrofossilien, Dicke der Kalkbänke und Schieferlagen sowie lokale Gesteinsbezeichnung, vertikale Reichweiten sogenannter Conodonten-Zonen und Vorkommen von Graptolithen sind auf der gegenüberliegenden Darstellung von Prof. O. H. Walliser aus dem Jahre 1964 zusammengefaßt.



ORDOVIZ

Am Anfang waren es Ton und Sande, gelegentlich auch Schotter und zeitweise vulkanischer Aschenregen, die in einem flachen Meer und wohl in Küstennähe niedersanken. Wir wissen dies nach den in diesen Gesteinen – etwa am Rauchkofel, beim Wolayersee oder am Plöckenpaß und der Bischofalm – eingeschlossenen Fossilien, wie Trilobiten, Armfüßern, Moostierchen, Schnecken

u. s. w., die, wie nahezu alle Tiere und Pflanzen, damals im Meer lebten.

Wer aufmerksamen Auges in den Karnischen Alpen wandert, wird vielfach in den Felsformationen eine Schichtung der Gesteine erkennen. Der Geologe spricht von Lagerung. Sie ist in den Karnischen Alpen nur in seltenen Fällen horizontal, wie beispielsweise in Teilen der Kellerwand, die



Abb. 3: Blick von der Unteren Valentinalm nach Westen auf die Kellerwand.

Die mächtige Abfolge beginnt am Fuß der Wand im jüngeren Ordoviz. Darüber folgen in ähnlicher Ausbildung wie in der Lawinerinne auf der Ostseite des Cellons die etwa 60 m mächtigen Ablagerungen des Silurs. Der größte Teil der Wand wird von Kalken des Devons gebildet, die zuunterst in Form dunkler Plattenkalke mit zwischengeschalteten hellgrauen Crinoiden-Schuttkalken vorliegen. Dann folgt in der Mitte der Wand ein dünngebankter Abschnitt, der aus Crinoidenkalken und tonreicheren Tentakulitenkalken besteht. Darin dominieren bestimmte Mikrofossilien, die Dacryoconariden. Es sind dies spitzkonische kalkige Gehäuse von ungefähr 1 mm Länge, deren Oberfläche durch Ringe gegliedert wird. Der massig erscheinende, obere Wandteil gehört dem Mitteldevon an und besteht aus fossilreichen Korallen-, Brachiopoden-, Crinoiden- und Stromatoporenkalken. Nahe dem Gipfel erscheinen schließlich Kalke des Oberdevons, die auf der Südseite von der Hochwipfel-Formation überlagert werden.

Regel sind vielmehr schräg gestellte, gekippte, steil in den Himmel weisende Schichtung, zerrissene, übereinandergeschobene oder zu Falten gepresste Gesteinsformationen verschiedenen Alters. Das ist das Ergebnis gebirgsbildender Kräfte in der Vergangenheit und der Zeit der Alpenentstehung vor weniger als 100 Millionen Jahren – Urgewalt bewegt die Erde und ihre dünne Gesteinshaut, gestern wie heute.

Da kann es nicht überraschen, wenn, wie eigentlich zu erwarten wäre, jüngere Gesteine nicht folgerichtig auf und über den älteren liegen wie Seiten in einem Buch. Wo dies dennoch der Fall ist, etwa am Cellon, in der Kellerwand oder mehrfach am Rauchkofel, Hohen Trieb, auf der Straße zur Gundersheimer Alm und anderswo, geben uns die Gesteine und die darin enthaltenen Versteinerungen Auskunft über das Geschehen im ausgehenden Ordoviz und im Silur, das sind Zeiteinheiten des Erdaltertums zwischen 440 und etwa 400 Millionen Jahren.

Viele Organismen leben heute und lebten in der Vergangenheit nämlich nur relativ kurze Zeit, sie

sind daher ausgezeichnete „Leitfossilien“ für bestimmte, von den Geologen mit Namen versehene Zeitabschnitte in der Geschichte der Erde.

Doch kehren wir zurück zum Ablauf der Geschichte im zweiten Kapitel. Vor etwa 450 Millionen Jahren begann sich weltweit der Meeresspiegel abzusenken. Die Ursache dafür war eine die gesamte Südhalbkugel der Erde bedeckende Eiskappe, die den Ozeanen Wasser entzog, das zu Gletschereis wurde. Die Folge war eine deutliche Verschiebung der Küstenlinie meerwärts. Gleichzeitig änderten sich die Ablagerungsbedingungen. Dies sehen wir besonders klar in den Karnischen Alpen (Rauchkofel-Boden, Cellon, Hoher Trieb), in denen durch das Zurückweichen des Meeres für einige Millionen Jahre ehemals küstennahe Flachwasserbereiche trockenfielen und die Sedimentation (= Gesteinsablagerung) lokal zum Stillstand kam oder statt Kalk nun Mergel und Sandstein abgelagert wurden. Die Tierwelt paßte sich den geänderten Verhältnissen in entsprechender Weise an, d. h., sie war in jener Zeit weniger zahlreich und ärmer an Arten.



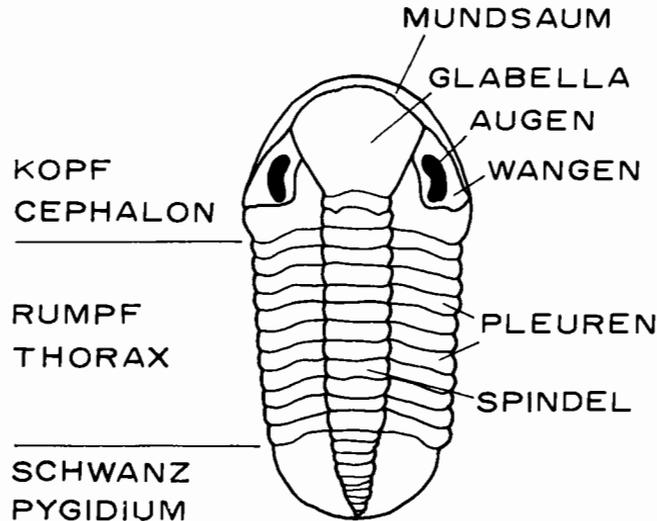


Abb. 4: „Trilobiten-Friedhof“ aus dem Obersilur vom Seekopf-Sockel.

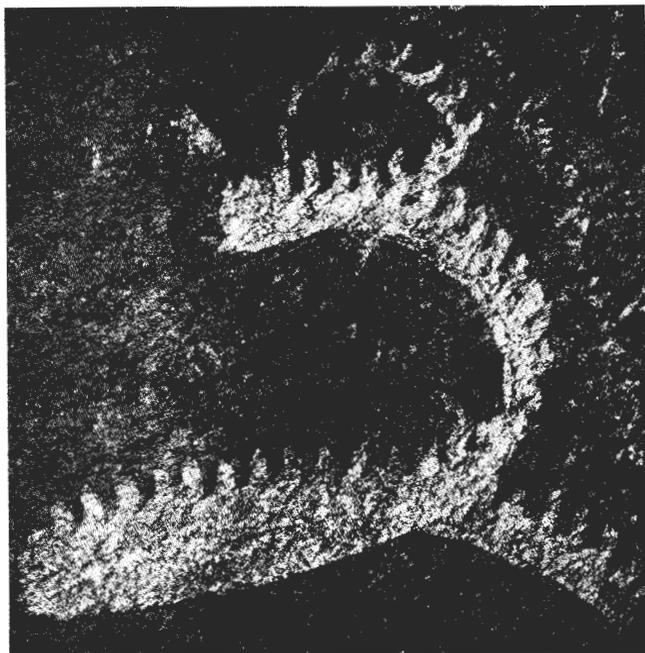
Trilobiten (= Dreilapper) kommen in allen Epochen des Erdaltertums der Karnischen Alpen vor, sind aber besonders zahlreich in den Kalkablagerungen des Silurs zu finden. Sie gehören zum Stamm der Arthropoden (= Gliederfüßler) und sind seit dem Perm ausgestorben. Wie schon der Name sagt, zeigt der Körper eine Dreigliederung. Wir unterscheiden Kopf, Rumpf und Schwanz. Fossil ist nur selten der gesamte Rückenpanzer überliefert. Einerseits warfen die Tiere beim Wachstum ihren Panzer mehrmals ab, andererseits war die Verbindung der Hartteile untereinander fossil nicht erhaltungsfähig, sodaß die Hauptteile nach dem Tod und vor der endgültigen Einbettung durch verschiedene Umstände, wie z. B. Strömung, leicht auseinanderfielen.

Die auf dem Foto abgebildeten Kopfschilder (Cephalons) gehören zur Art *Aulacopleura konincki*.

Aufnahme: G. K. Alberti, Univ. Hamburg.

SILUR

Zu Beginn des Silurs, vor etwa 435 Millionen Jahren, stieg weltweit der Meeresspiegel plötzlich an. Dies wird auf das Abschmelzen der vorhin erwähnten Gletscher zurückgeführt. Zugleich erscheint in unserem Gebiet eine völlig neue Gesteinszusammensetzung. Es sind bunte, sehr fossilreiche Kalke, Mergel, Tonschiefer und kohlschwarze, dünnplattige Schiefer, die sogenannten Graptolithenschiefer. Besonders häufig sind sie zwischen der Unteren und Oberen Bischofalm, man findet sie aber auch bei der Dellacher Alm am Zollner, im Nöblinggraben, der Gundershei-



mer und Oberbuchacher Alm, am Hochwipfel und anderswo.

Spaltet man diese Gesteine mit dem Hammer, so findet man häufig weiße Spuren, die wie Kratzer aussehen. Bei genauerem Hinsehen oder bei Verwendung einer Lupe erkennt auch der Laie, daß diese Linien ein zahnähnliches Muster ähnlich dem Blatt einer Laubsäge aufgeprägt haben. Es sind die fossilen Reste einer längst ausgestorbenen Tiergruppe, die als Graptolithen (= Schriftsteine) bezeichnet werden und zu jener Zeit in bestimmten Meeresregionen sehr zahlreich

Abb. 5: Graptolithen aus dem Silur von der Gundersheimer Almstraße.

Graptolithen („Schriftsteine“; im Bild die Art *Monograptus flagellaris* TORNQVIST) sind ausgestorbene, kleine, koloniebildende, marine Tiere mit einem Außenskelett aus Chitin. Es ist als weißer (Gümbelit-)überzug, als Kohlehäutchen oder in Form von Pyrit körperlich erhaltungsfähig. Der Name leitet sich von den oft auf Schichtflächen massenhaft verteilt liegenden weißen Abdrücken von Kolonien her, die an eine Keilschrifttafel erinnern. In den Karnischen Alpen finden sich Reste dieser Tiergruppe vom Beginn des Silurs bis ins mittlere Unterdevon. Für diesen Zeitabschnitt sind sie Leitfossilien; einzelne Arten lebten kürzer als 1 Million Jahre.

Graptolithen kommen im Paläozoikum der Karnischen Alpen bevorzugt in schwarzen Gesteinen vor. Es sind dies schwarze Kiesel-schiefer, schwarze tonige Alaunschiefer, dunkle Mergel und gelegentlich kieselsäurereiche Gesteine, sogenannte Lydite. Die Hauptvorkommen liegen zwischen der Unteren und der Oberen Bischofalm, an der Gundersheimer Almstraße, bei der Dellacher Alm, in der Umgebung des Zollner Sees, im Nöblinggraben, bei der Oberbuchacher Alm und auf der Südseite des Hochwipfels. Daneben gibt es noch gut ein Dutzend kleinerer Graptolithen-Lokalitäten.

Aufnahme: Dr. H. Jaeger, Berlin.

waren. Viele lebten nur kurze Zeit, um danach anders aussehenden Formen Platz zu machen. Sie sind daher ausgezeichnete Leitfossilien und geben uns Auskunft über das relative Alter des umgebenden Gesteins.

Neben den schwarzen Graptolithenschiefern wurden in dieser Zeit verschiedene Kalke abgelagert. Der größte Teil des Kalkes stammt dabei vom kalkigen Skelett und den Schalen verschiedener Meeresbewohner, wie den Vorläufern der heutigen Tintenfische, die als Nautiloideen bezeichnet werden und bis zu einem Meter lange tün-

tenförmige Gehäuse („Orthoceren“) bildeten, den krebsähnlichen Trilobiten (Dreilapper), Muscheln, Schnecken, Armfüßern und Resten verschiedener bis 1 mm großer Mikroorganismen. Zusammen mit dem direkt aus dem Meerwasser ausgefallten Kalk sanken die mehr oder weniger zerbrochenen Skelett-Hartteile auf den Meeresboden in Tiefen von vermutlich weniger als 100 m. Während eines fast 40 Millionen Jahre langen Zeitraums legte sich so Schicht auf Schicht, bis ein Gesteinsstapel von etwa 60 m Dicke erreicht war. Je nach Farbe, Körnigkeit und dominierendem Fossilinhalt wechselt das Gestein mehrmals, was in verschiedenen Gesteinsnamen seinen Ausdruck auf bunten geologischen Karten findet. Danach unterscheiden wir im Silur die sogenannte Plöcken-Formation, die Trilobiten-Schichten, den Kok-Kalk, die *Cardiola*-Formation, den *Alticola*-Kalk und die *Megaerella*-Schichten.

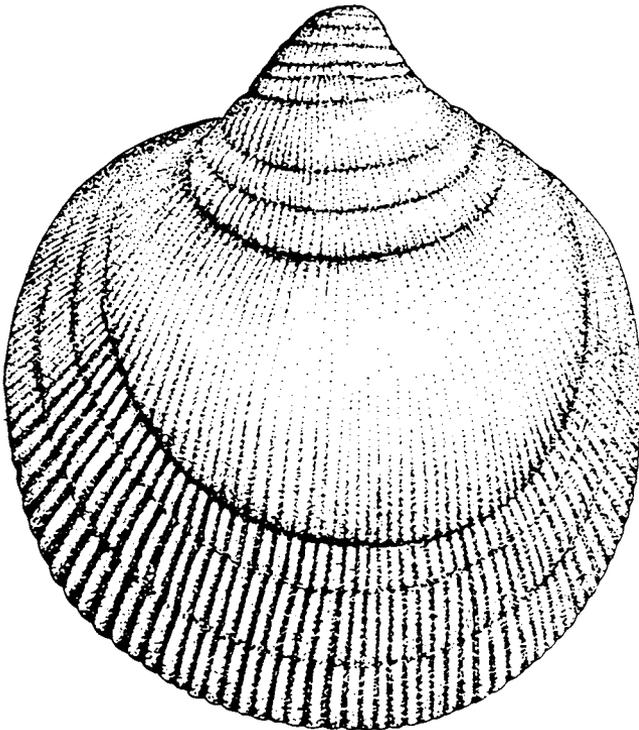


Abb. 6: Rekonstruktion einer Muschelklappe.

Die Rekonstruktion einer linken Klappe der Muschel *Cardiobeleba obstetrix* KRIZ aus dem Mittelsilur des Mt. Cocco (Kokberg) in den östlichen Karnischen Alpen wurde von J. KRIZ, Prag, durchgeführt.

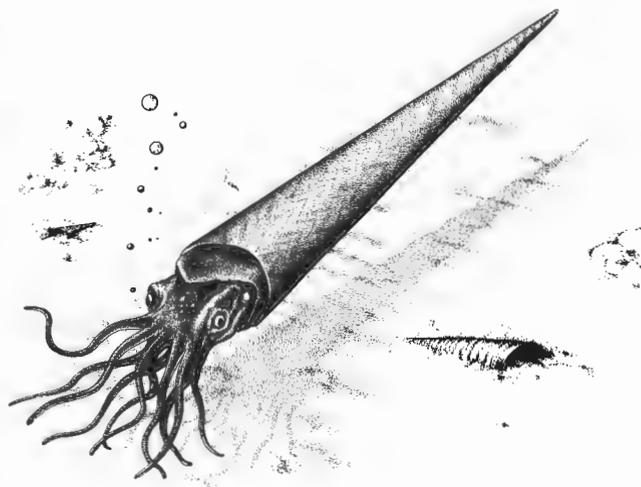


Abb. 7: Orthoceren aus den Karnischen Alpen.

Vertreter der Gattungen *Sphaerorthoceras*, *Michelinoceras*, *Parasphaerorthoceras* und *Hemicosmorhthoceras* von der Cellonetta-Lawinnenrinne und vom Rauchkofelboden (Silur).

Die „Orthoceren“ (Geradhörner), deren heutige Verwandte Tintenfische und Nautilus sind, gehören zur Ordnung der Nautilodeen bzw. zur Klasse der Cephalopoden, das sind die Kopffüßler. In einzelnen Lagen sind sie so zahlreich, daß sie gesteinsbildend sind und dies in der Namensgebung des Gesteins zum Ausdruck kommt („Orthocerenkalk“). Das Tier besaß ein langgestrecktes konisches Gehäuse, das durch Kammerscheidewände (Septen) gegliedert wurde. Sie erkennt man leicht an aufgebrochenen Längsschnitten, die außerdem häufig einen in der Mitte gelegenen zentralen Kanal, den Siphon, zeigen. Über diesen Gewebestrang waren die hinteren, mit Gas gefüllten Kammern mit der vorderen Wohnkammer des Tieres verbunden (vgl. Zeichnung). Die fossilen Reste zählen zu den größten der Karnischen Alpen, die Länge der Gehäuse kann einen halben Meter leicht überschreiten.

Aufnahmen: H. Ristedt, Univ. Bonn.



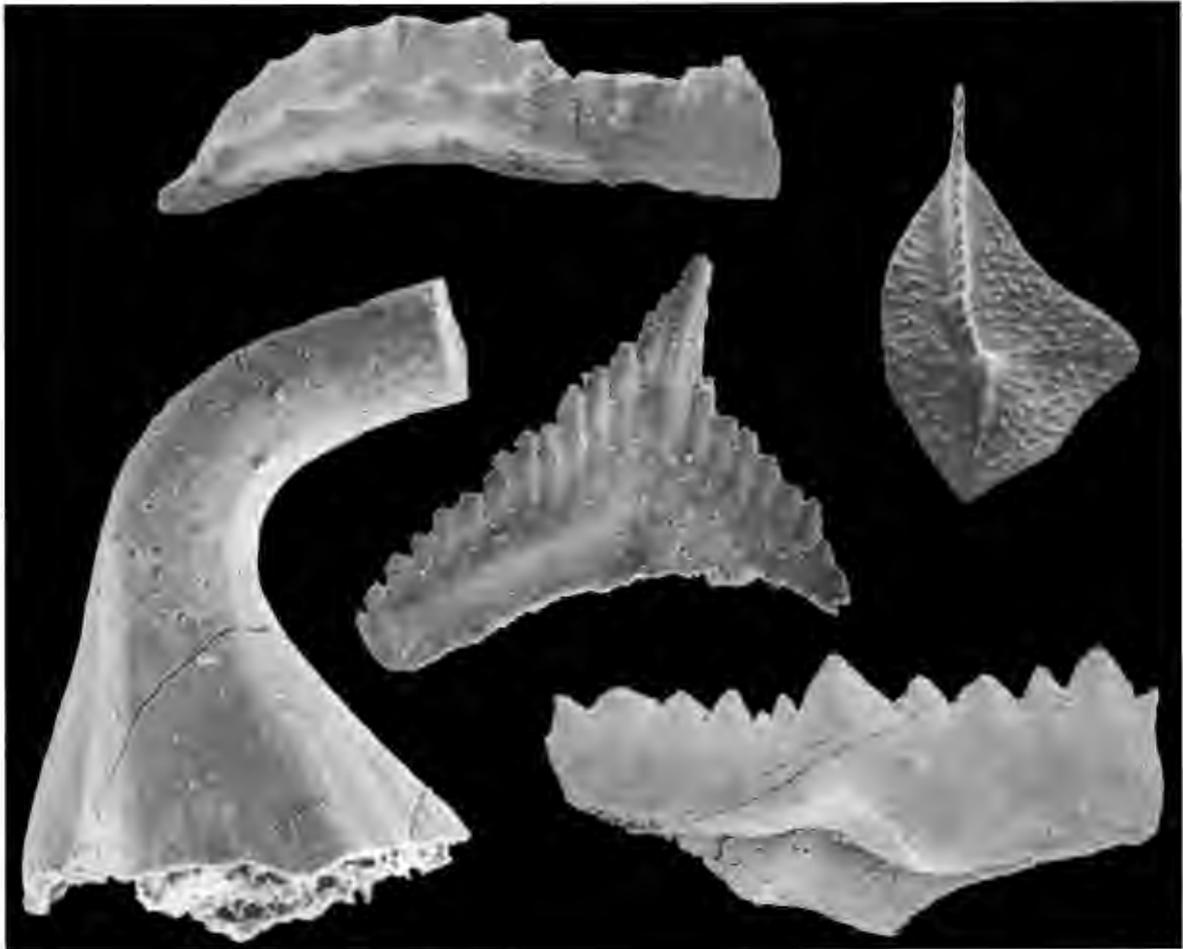


Abb. 8: Conodonten aus dem Silur und Devon der Karnischen Alpen.

Conodonten sind in der Regel unter 1 mm große Mikrofossilien, die hauptsächlich in den Kalkablagerungen der Karnischen Alpen in großer Häufigkeit vorkommen. Mittels arbeitsintensiver chemischer Prozesse werden sie im Labor aus den Gesteinen herausgelöst. Sie bestehen, unserer Zahnschmelze ähnlich, aus Calciumphosphat (Apatit). Ihre Form ist überaus mannigfaltig (es gibt einspitzige, mehrspitzige, blatt- und astähnliche Formen), ihre Entwicklung verlief sehr rasch, ihr Vorkommen ist sehr groß (bis zu 20.000 Exemplare pro kg Gestein zählte der Autor), alles Gründe, in dieser Gruppe die wichtigsten Fossilien für die Feststellung des Alters verschiedener Gesteine zu sehen.

Aufnahme: Hans P. Schönlaub.

DEVON

In den Karnischen Alpen sind die Ablagerungen der nach dem Silur folgenden Devon-Zeit am reichsten vertreten. Damit kommen wir zum nächsten Kapitel: Über nahezu 50 Millionen Jahre, nämlich zwischen 400 und 350 Millionen Jahren, sammelten sich in dem stetig, jedoch nicht gleichmäßig sinkenden Meeresbecken der späteren Karnischen Alpen Massen von verschiedenen Kalken, Tongesteinen und feinkörnigen kieseligen Ablagerungen.

Sie bestehen fast vollständig aus Quarz, der wiederum aus dem Gehäuse bestimmter Mikroorganismen, den Radiolarien, stammt. Im Vergleich mit den heutigen Ozeanen sehen wir, daß an diesen Stellen das Meer sehr tief gewesen sein muß. Die Annahmen schwanken zwischen einigen 100 m und über 1000 m Tiefe. Nur knapp unter der Meeresoberfläche lebten hingegen Korallen, Seelilien, Schnecken, Muscheln, Trilobiten und Stromatoporen, das sind bis 1 m große, an Qualen erinnernde Tiere. Dort fanden sie genügend Nahrung, Licht, Wärme und bewegtes Wasser, also ideale Lebensverhältnisse vor.

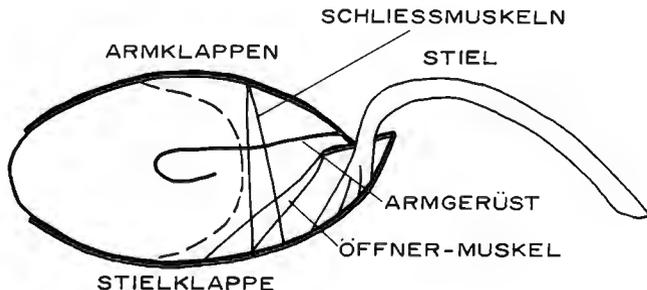


Abb. 9: Verschiedene Ansichten eines Brachiopoden (von der Stielklappe aus, von der Armlappe aus, von den Seiten, von oben, von vorne) der Art *Hebetoechia woschmidti* PLOWOWSKI aus dem Obersilur; Lawinenrinne am Osthang des Cellons.

Brachiopoden (Armfüßer) werden aufgrund ihres äußeren Aussehens häufig mit Muscheln verwechselt, mit denen sie aber in ihrem Innenbau und ihrer Entwicklungsgeschichte nichts zu tun haben. Sie besitzen eine obere und untere Klappe (Arm- und Stielklappe), die zwar ungleich, aber in sich spiegelsymmetrisch sind. Bei den Muscheln unterscheidet man dagegen rechte und linke Klappen, die in der Regel gleich sind. Öffnen und Schließen der Klappen erfolgt hier durch ein elastisches Band, bei den Brachiopoden hingegen nur durch Muskeln. Mit Hilfe eines Stieles konnte sich das Tier an einem geeigneten Untergrund festheften. Fossil finden wir die Reste dieser Tiergruppe in allen Ablagerungen der Karnischen Alpen vom Ordoviz bis in das Perm. Ihr bevorzugter Lebensraum lag allerdings im flachen Wasser in Küstennähe.

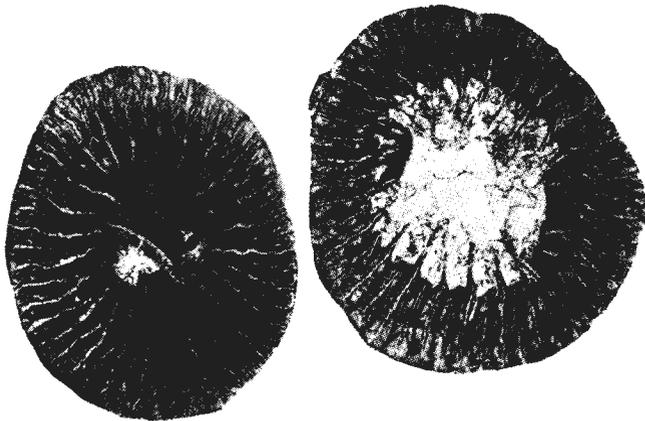
Aufnahmen: G. Plodowski.

Abb. 10: Gliederung der Gesteinsabfolge zwischen Valentintörl und Gipfel der Hohen Warte.

Die geologische Durchmusterung entlang des Koban-Brunner-Klettersteiges ermöglichte die Unterscheidung der auf dem Foto eingetragenen geologischen Einheiten und ihre Übertragung in geologische Karten. Zusammensetzung des Gesteins und vorherrschender Fossilinhalt waren dafür maßgebend.

Nach H. P. SCHÖNLAUB & G. FLAJS.





Damit war die Zeit der Riffe und der mächtigen Kalkablagerungen gekommen. Freilich mußten dazu bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein: Ein warmes Klima und ein Meeresboden, der ständig im Gleichschritt mit dem Wachsen der Riffe nachgab. Wie konnten sonst Ablagerungen mit Mächtigkeiten bis zu 1500 m, das ist fast die ganze Kellerwand, im Meer Platz finden? Die Fülle von Fossilien, die der Schutt aus den Wänden der Kellerwand, der Hohen Warte oder der Seewarte birgt, ist das beste Zeugnis aus jener Zeit der uralten Riffe und Kalke.

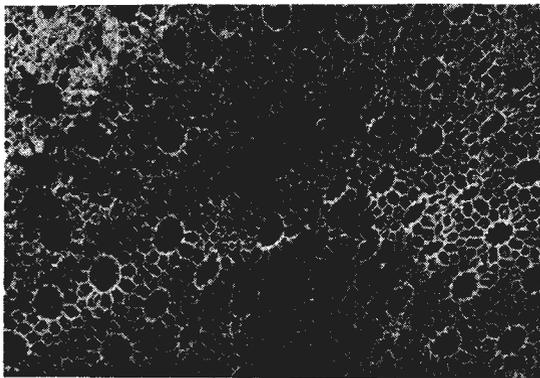


Abb. 11: Querschnitte durch den Kelch von Einzelkorallen und koloniebildenden Korallen aus dem Schutt der Seewarte (älteres Devon).

Oben: *Flavistella fluegeli* KODSI

Unten: *Pseudoplasmodora gippslandica* (CHAPMAN)

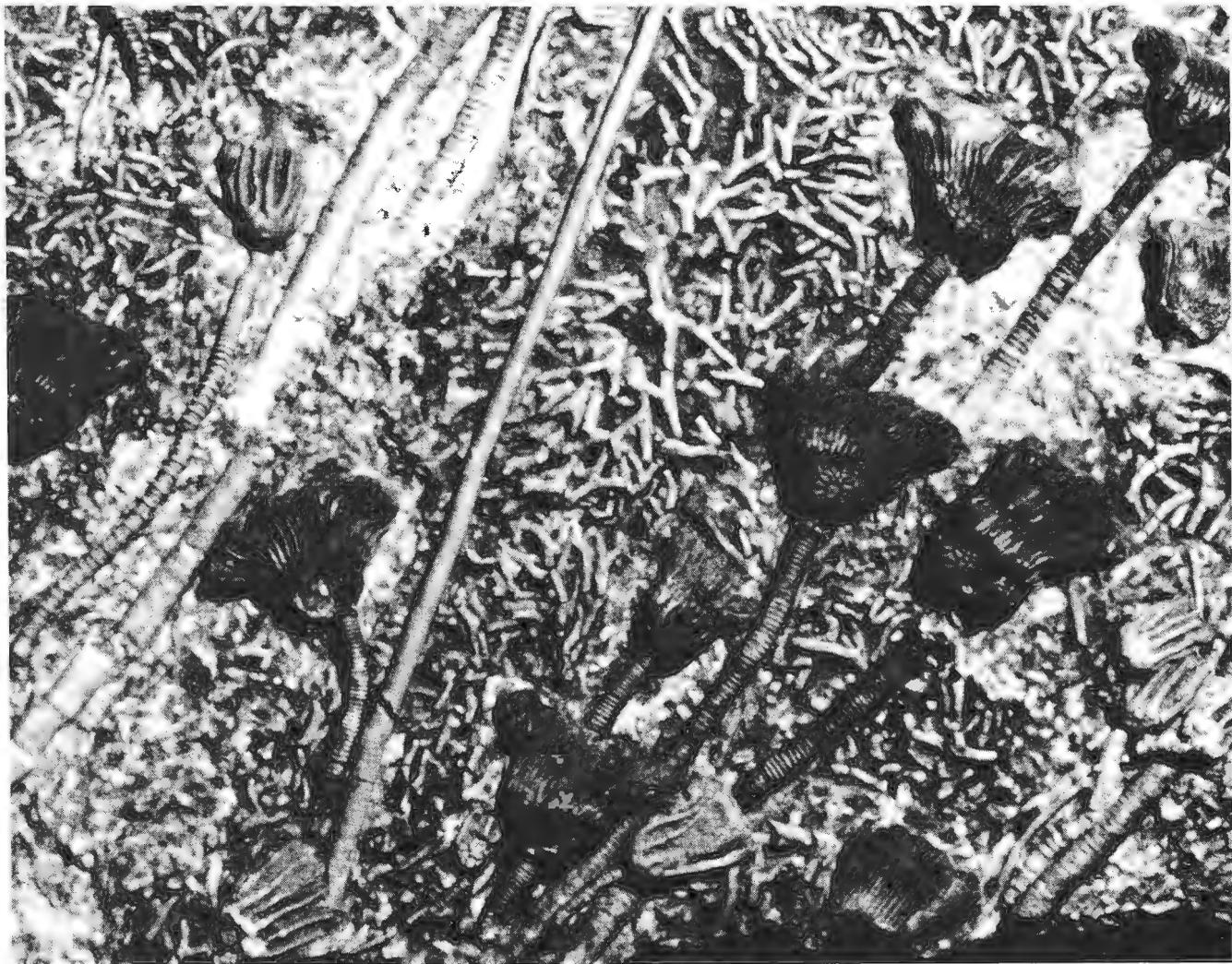
Versteinerte Korallen sind in den Karnischen Alpen ab dem Devon weit verbreitet. Am häufigsten findet man Reste davon im Blockwerk am Fuß der Kellerwand, der Hohen Warte und der Seewarte. Das Skelett wurde vom Weichkörper des Tieres, dem Polypen, ausgeschieden. Es besteht aus einer Basalplatte, der äußeren Wand, Septen und Böden, die die nicht bewohnten Teile von den bewohnten trennen. Korallen treten entweder einzeln oder in Form von Kolonien auf. Bei massenhaftem Auftreten bauen sie zusammen mit anderen Meerestieren große Riffe auf, die über die Umgebung hinausragen.

Aufnahmen: M. G. Kodsi, Graz/Damaskus.

Abb. 12: Crinoiden aus dem Silur von Gotland (Schweden).

Crinoiden (Seelilien) sind wirbellose Tiere und gehören zur Gruppe der Stachelhäuter, die in den Gesteinen des Erdaltertums und hier vor allem in den Riffablagerungen besonders häufig anzutreffen sind. Sie lebten am Meeresboden festgewachsen, besaßen meist einen gegliederten Stiel, auf dem ein Kelch mit Armen saß. Diese Form führte zum Vergleich mit einer Pflanze. Nach dem Tod zerfiel das Skelett gewöhnlich in Einzelteile. Eine vollständige Erhaltung, wie auf dem Foto aus dem Silur von Gotland dargestellt, ist bisher aus den Karnischen Alpen nicht bekannt geworden. Wohl aber finden sich im Schutt von der Hohen Warte, aber auch vom Trogkofel, komplette Stiele mit Längen über eine halben Meter, des öfteren auch Teile der Wurzel und auch der Krone (= Kelch + Arme). Die Regel sind aber isolierte Stielglieder, die die Zwischenräume anderer Fossilbruchstücke ausfüllen.

Aufnahme: C. Franzen, Univ. Uppsala/Schweden.



Das Zentrum der Riffe war in den Karnischen Alpen die Umgebung des Wolayer See. Im Idealfall schloß sich an den Riffkern eine Lagune an. Typische Ablagerungen dieser Art finden wir am Polinik, am Gamskofel, in Teilen der Plenge, unter dem Maderkopf und im Biegeengebirge. An der meerwärts gerichteten Außenseite des Riffs lag hingegen der Riffabhang, auf dem sich der Schutt des eben gebildeten und zugleich wieder von der Zerstörung betroffenen Riffes ansammelte. Dazu gehören etwa der Cellon, der Kleine und Große Pal oder der Freikofel, um nur einige Berge zu nennen.

Im flachen Schelfmeer wurden auf diese Weise weit über 1000 m dicke Gesteinsschichten abgelagert, die verschiedene Namen haben. Doch dies war nicht überall gleich, da gleich alte Kalke nur 50 bis 100 m mächtig sind. Gute Beispiele dafür bieten der Törlkopf am Valentintörl oder die roten Kalke am Sockel des Seekopfes. Sie entsprechen zeitlich denen in der über 1000 m hohen Felswand der Hohen Warte bzw. des Seekopfes!

Erklärt werden diese Gegensätze durch geringere Absenkungsgeschwindigkeiten einzelner Meeresgebiete und durch die Annahme von Meeresströmungen, die einmal abgelagerten Kalkschlamm sogleich wieder entfernten. Dieser Meeresraum war denn auch tiefer und landferner als die Zone der Riffe. Hier lebten aktive und passive Schwimmer und nur wenige Tiere, die sich am Meeresboden aufhielten. Wir finden vor allem Kopffüßer, ähnlich dem heute im Indischen Ozean lebenden Nautilus und viele Reste von Mikroorganismen und Einzellern: Conodonten (mm-große zahnchenartige Gebilde), Ostrakoden (Muschelkrebse), Foraminiferen (Gehäusetragende Einzel-

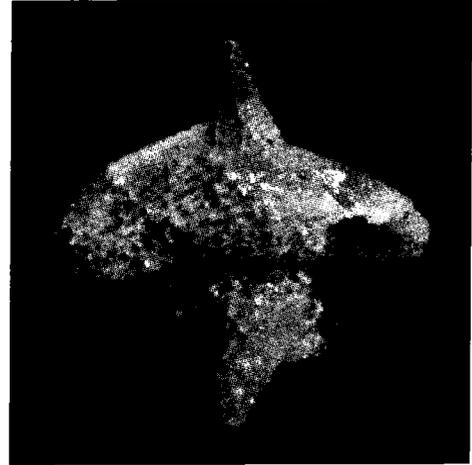


Abb. 13: Ein Ostrakode aus dem mittleren Unterdevon vom Seekopfssockel.

Ostrakoden (Muschelkrebse; im Bild die Art *Zagora wolayensis* BECKER) sind unter 1 mm große Mikrofossilien, die ab dem Silur in den Ablagerungen der Karnischen Alpen zu finden sind. Ähnlich den meisten Vorkommen von Conodonten, werden sie erst durch chemische Lösungsprozesse im Labor freigesetzt. Die zweiklappige, ursprünglich kalkige Schale ist dabei häufig zu Quarz oder Pyrit umgewandelt. Neben glattschaligen Formen werden solche mit Stacheln, Wülsten und Furchen auf der Oberfläche unterschieden.

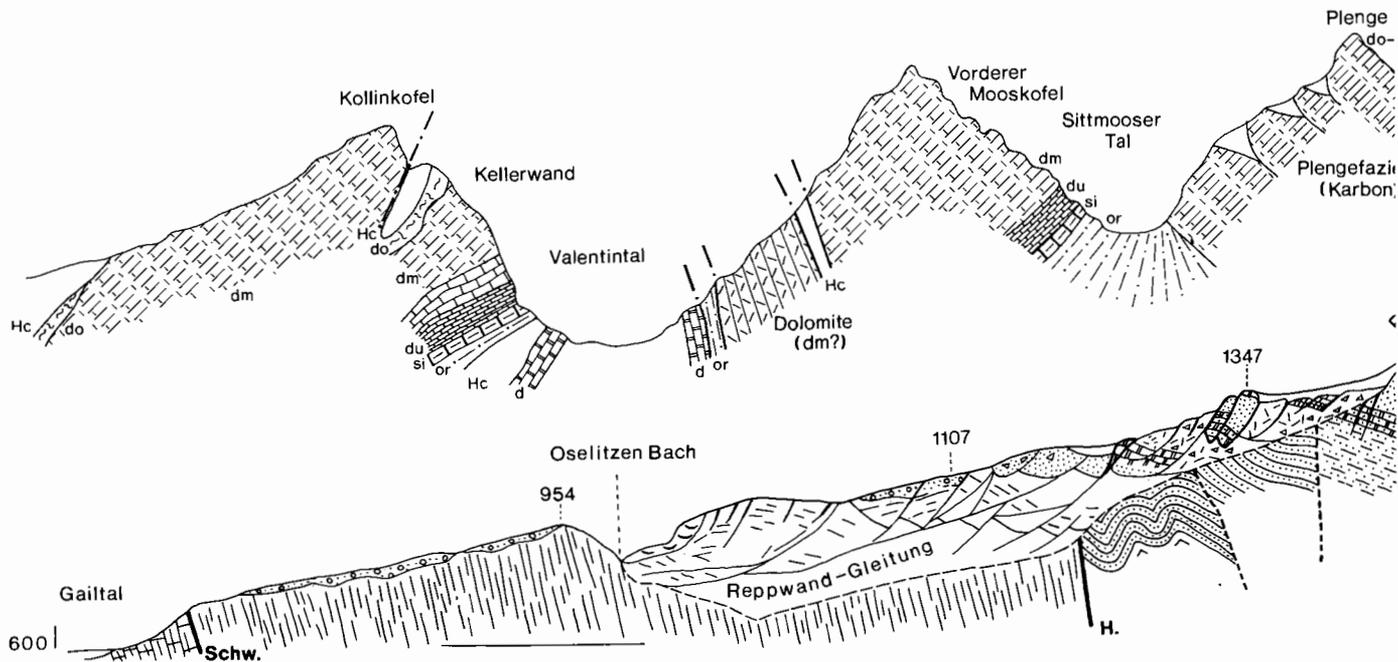
Aufnahme: G. Becker, Frankfurt 1975.



Abb. 14: Cephalopoden (Kopffüßer) aus dem Oberdevon.

Der Gesteinsblock vom Valentinstörl zeigt Exemplare von *Prolobites nanus* PERNA und *Rectoclymenia* sp.

Aufnahme: J. Price, University of Hull/England.



□ Schutt, Alluvium, Bergstürze

◻ Moräne

☞ Hanggleitungen, Rutschungen

△ In Blockwerk aufgelöste Gesteinsmassen

◻ Schlerndolomit, darin kalkige Partie

▨ Muschelkalk mit Tuffband

◻ Muschelkalk-Konglomerat, Tufflage darin

▨ Werfener Schichten, Plattendolomitfazies

▨ Bellerophonolomit

▨ Schiefer und Rauwacken, Dolomite

▨ Bituminöser Dolomit (übertrieben)

▨ Grödener Schichten

▨ Trogkofelkalk, mit Tarviser Breccie

▨ Rattendorfer Schichten: Oberer Pseudoschwagerinenkalk

◻ Grenzlandbanke

▨ " Unterer Pseudoschwagerinenkalk

▨ Auernigschichten: Obere kalkarme Gruppe

▨ " Obere kalkreiche Gruppe

▨ Auernigschichten: Mittlere kalkarme Gruppe

▨ " Untere kalkreiche Gruppe

▨ " Untere kalkarme Gruppe

▨ " Basalbildungen (mit Anthrazitflöz)

▨ Riffkalk des Devon

▨ Hochwipfelschichten u. Schiefer zwischen den Bänderkalke (darin reichliche Lydit - Kieselschieferbreccien)

▨ Altpaläozoische Bänderkalke

▨ Störungen, Klüfte

NW

Dober Graben

1000

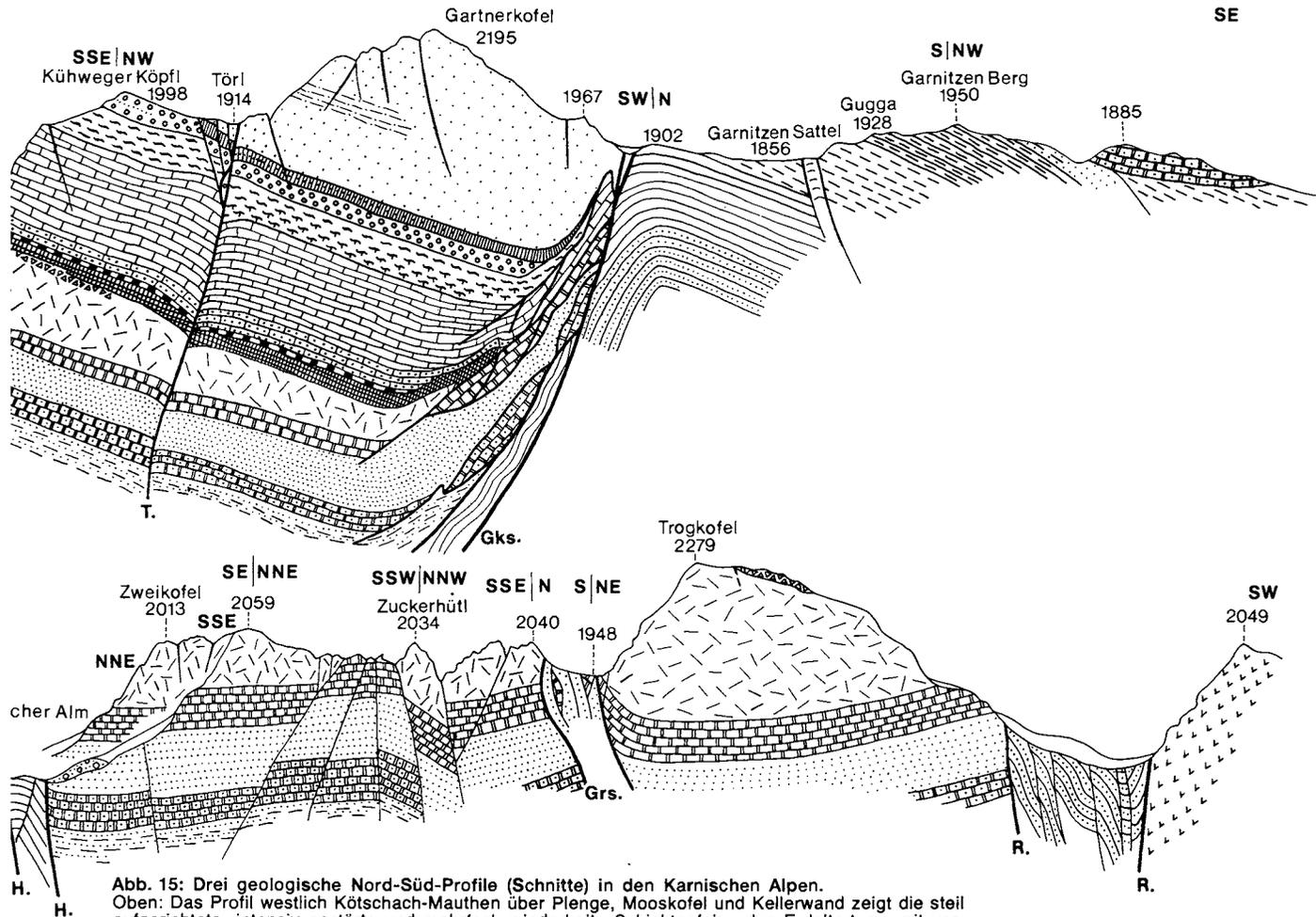


Abb. 15: Drei geologische Nord-Süd-Profile (Schnitte) in den Karnischen Alpen.

Oben: Das Profil westlich Kötschach-Mauthen über Plenge, Mooskofel und Kellerwand zeigt die steil aufgerichtete, intensiv gestörte und mehrfach wiederholte Schichtenfolge des Erdaltertums mit verschieden ausgebildeten Schiefnern und Kalken. Die zeitliche Zuordnung erfolgt durch folgende Abkürzungen: or = Ordoviz, si = Silur, d = Devon, du = Unterdevon, dm = Mitteldevon, do = Oberdevon, cu = Unterkarbon, Hc = Hochwipfel-Formation.

Unten: Die beiden Profile von Tröpolach über Gartnerkofel zum Garnitzenberg bzw. von der Tröpolacher Alm über Trogkofel zum Roßkofel geben einen Einblick in die vergleichsweise einfachen Lagerungsverhältnisse des Naßfeldgebietes. Die vom Oberkarbon bis in die mittlere Trias reichenden Schichtenfolge liegt flach über dem älteren Steinkohlengebirge und ist nur längs Störungen treppentartig versetzt bzw. geschleppt. Gesteinssignatur siehe Legende.

ler), Tentakuliten (kleine spitzkonische Gehäuse von Weichtieren) und Radiolarien.

Gegen Ende des Devons, das ist vor rund 360 Millionen Jahren, bricht für unser Gebiet eine ziemlich unruhige Zeit an. Wie auf ein Signal von außerhalb der Erde sterben plötzlich die Riffe ab, sie „ertrinken“ gleichsam durch einen rapiden Anstieg des Meeresspiegels; an anderen Stellen wurden im Meer ältere Schichten mechanisch aufgearbeitet und ihre Bruchstücke zu Konglomeraten verfestigt; Schlammlawinen durchfurchten den Meeresboden und setzten ihren Schutt in der Tiefsee ab, oft viele Zehnerkilometer vom Entstehungsort; auf der anderen Seite wiederum hörte der Absatz von Gesteinsschlamm überhaupt auf, wir sprechen von „Schichtlücken“; es kommt aber auch vor, daß auf Kalken, die im flachen Wasser gebildet wurden, mitunter Schichten folgen, die als Tiefwasserablagerungen gedeutet werden oder ihre Entstehung in einem ruhigen und dunklen, kaum von Lebewesen bewohnten Meeresbecken haben. All dies zusammen sind Boten des nahenden Umbruchs, der in der folgenden Steinkohlenzeit, dem Karbon, seinen Höhepunkt in einer ersten Gebirgsbildung in den Karnischen Alpen hat.



Abb. 16: Clymenien und Goniatiten aus dem Oberdevon vom Großen Pal.

Sie gehören wie die „Orthoceren“ zu den Cephalopoden (Kopffüßler). Die meist glatte Schale ist in einer Ebene aufgerollt, wobei die äußeren Windungen die älteren, inneren mehr oder weniger umfassen. Wie bei den „Orthoceren“ wird das Gehäuse von einem Siphon durchzogen und durch Kammercheidewände (Septen) gegliedert. Ihre Berührungslinie mit der Außenwand des Gehäuses ist die sogenannte Lobenlinie, die bei den einzelnen Arten ein verschiedenes Muster hat.

Oben: *Clymenia* sp.

Unten: *Bahia* n. sp.

Aufnahme: J. Price, University of Hull/England.

KARBON

Doch bis es soweit ist, vergehen mindestens weitere 40 Millionen Jahre. Wir überschreiten im geologischen Kalender die Grenze von der Devon-Zeit zur Karbon-Zeit, deren Datum heute bei etwa 350 Millionen Jahren angenommen wird. In dieser Zeit verstärkte sich die Unruhe des Meeresbodens weiter: Einzelne Teile wurden gehoben, andere hingegen abgesenkt, nur an wenigen Stellen wurde Kalkschlamm abgelagert und zu dünnen Gesteinsschichten verfestigt.

Mit Hilfe von Mikrofossilien fanden wir Zeugen dieser Zeit auf der Grünen Schneid, auf der italienischen Seite des Plöckenpasses, dem Gipfel der Plenge, auf der Elferspitz, im Kronhofgraben und an einigen weiteren Punkten.

Doch dann ist auch dieses Kapitel abgeschlossen. In dem im Zeitraum zwischen 460 und 320 Millionen Jahren ständig sinkenden Gebiet der frühen Karnischen Alpen sammelten sich von nun an Gesteine, die von Flüssen eines nahen Festlandes ins Meer gespült wurden: Sande, Tone, Schotter und Bruchstücke kristalliner Gesteine verschiedener Größe. Am Hochwipfel sind diese Ablagerungen am weitesten verbreitet, sie erhielten deshalb auch die Bezeichnung „Hochwipfel-Formation“. Man erkennt sie daran, daß sie meist dunkle Farben haben, deutlich geschichtet sind, meist „schiefrig“ aussehen und – was sogar dem wandernden Laien im Gebirge sofort auffällt – milde, Grasbewachsene Höhenrücken und Kuppen zwischen schroffen Kalken formen. So zum Beispiel im Angerbachtal, am Lauchek, der Köderhöhe, im hinteren Kronhofal, am Zollner, auf der Nöblinger und Waidegger Höhe, am Gipfel



Abb. 17: Die Auflagerung der Jungschichten (Auernig-Formation, rechts oben) auf den älteren, senkrecht stehenden Kieselgesteinen des Devons am Weg von der Rösseralm zum Collendiaul-Törl.

Im Bild sind zwei Gebirgsbildungen festgehalten: Die ältere, steinkohlenzeitliche war für die Kippung der Devonablagerung verantwortlich. Danach setzte erneut Abtrag ein, bis das Gebirge bis zum Meeresspiegel erniedrigt war. Im Zuge einer neuerlichen Überflutung wurde die Auernig-Formation auf dem geneigten Untergrund abgelagert. Diese wurde schließlich gemeinsam mit dem älteren Gesteinspaket während der Alpenfaltung nochmals gekippt.



Abb. 18: Pflanzenreste aus der Auernig-Formation.

Links: *Annularia sphenophylloides* (ZENKER 1833), GUTBIER 1837; Blattwirtel eines Reisenschachtelhalms aus der Familie der Calamitaceae; Rudnigsattel.

Oben: *Pecopteris polymorpha* fa. *minor* CORSIN 1951; 16 cm langes Bruchstück eines Farnwedels aus der Familie der Marattiaceae, einer Farnfamilie, die noch heute in den Tropen mit Baumfarne vertreten ist; Rudnigsattel.

Pflanzenreste treten in den sandig-tonigen Ablagerungen der Karnischen Alpen erstmals im Karbon auf. Schachtelhalmgewächse (Calamiten) sind kennzeichnend für die Gesteine der Hochwipfel-Formation, allerdings nur in Form von Steinkernen des Stammes. Blattreste sind hingegen im älteren Teil des Karbons extrem selten. Sie werden erst im Oberkarbon häufiger. In der Auernig-Formation kennen wir mittlerweile mehr als ein Dutzend Lokalitäten mit Vorkommen von Pflanzen.

Aufnahmen: A. Fritz, Klagenfurt.



Abb. 19: Blick von der Rattendorfer Alm nach Osten auf Trogkofel (2280 m), Alpenkofel (2040 m), Zuckerhütl (2059 m) und Zweikofel (2013 m).

Die flach gelagerte, durch jüngere Brüche verstellte Schichtfolge besteht aus Ablagerungen des älteren Perms. Es sind dies die sandigen Grenzlandbänke, die im Mittelteil des Fotos bis zum Fuß der Felswand reichen und auch am Großen Sattel verbreitet sind, die grob geschichteten Oberen Pseudoschwagerinenschichten und zuoberst die hellen, massigen Trogkofelkalke. Das gesamte Massiv ist von einer „Bergzerreißung“ mit enormer Schuttbildung betroffen, hervorgerufen durch die unterlagernden, wasserstauenden, sandig-tonigen Grenzlandbänke.

Aufnahme: H. P. Schönlaub.

des Findenig, dem Kleinen und Hohen Trieb und an vielen anderen Stellen. Es ist das dominierende Gestein der Karnischen Alpen, das uns beim Wandern durch dieses Gebirge auf Schritt und Tritt begegnet - kein Wunder, sind diese Ablagerungen doch bis 2000 m dick oder noch mächtiger! Fossilien sind darin leider extrem selten, sieht man von Pflanzenstengeln und wenigen Blättern ab, die vom Festland stammen und zusammen mit dem Sand ins Meer geschüttet wurden.

Dann ließ allmählich die Zufuhr vom Festland nach, bis schließlich vor rund 310 Millionen Jahren, das ist im jüngeren Karbon, der Meerestrog „aufgefüllt“ war. Nun gerieten die säuberlich geschichteten Ablagerungen, die sich über mehr als 150 Millionen Jahre angesammelt hatten, unter Druck. Sie legten sich in Falten, die jedoch bald platzten, da die seitliche Einengung weiter anhielt. Die ursprünglich untereinander in Kontakt stehenden Schichten zerrissen, wurden gegeneinander gequetscht und ineinander gepreßt. Jüngere Schichten liegen deshalb, obwohl sie nacheinander abgelagert wurden, nicht immer flach übereinander, sondern häufig nebeneinander.

In einigen Fällen entstanden dabei Abfolgen, in denen – wie beim Mischen von Spielkarten – mehrfache Wiederholungen zwischen alten und jungen Gesteinen zu beobachten sind. Endlich wurden die gesamten Karnischen Alpen dem Meer entrissen und zu einem Gebirge emporgehoben. Seine Höhe ist aber nur schwer abzuschätzen.

Mit dem Aufstieg zu einem Gebirge setzte so gleich wieder der Zerfall ein. Dann kam das Meer zurück und verschlang erneut die Karnischen Alpen. Wieder legten sich horizontal geschichtete jüngere Sedimente über ältere, die jedoch in einem Winkel an die jüngeren stoßen. Der Geologe spricht von einer „Winkeldiskordanz“ zwischen verschieden alten Gesteinen, die die Intensität gebirgsbildender Bewegungen verdeutlicht. Bilder, an denen dieses wichtige geologische Dokument in lehrbuchhafter Weise zu sehen ist, kennen wir von mehreren Stellen am Zollner Plateau, bei der Waidegger und Straniger Alm, am Tomritsch, am Gipfel des Roßkofels und von der italienischen Seite des Naßfeldes. Wir wissen außerdem, daß das Meer in jener Zeit nicht über die Obere Bischofalm hinaus nach Westen reichte. Weltberühmte Zeugen aus dieser Zeit der Erdgeschichte sind aber vor allem um das Naßfeld verbreitet.

Zuerst wurden die Auernigsschichten abgelagert, die am Auernig neben dem Naßfeldpaß prachtvoll zu sehen sind. Sie bestehen aus verschiedenen Kalken mit Meerestieren und Meerespflanzen: Kompliziert gebauten, um 1 cm große Fusulinen (Großforaminiferen), Muscheln, Schnecken, Korallen und versteinerten Algen. Zwischen die einzelnen Kalkbänke schalten sich Mergel, Schiefer, Sandsteine und lagenweise Quarzkonglomerate. Besonders innerhalb der sandigen, glimmerreichen Schiefer liegen oft reiche Vorkommen von Pflanzen und sogar kleine Kohleflöze. Das heißt, daß sie im Gegensatz zu den Kalken in Küstennähe entstanden sind.



Abb. 20: Foraminifere aus dem Gipfelgebiet des Roßkofels, heute rund 2000 m über dem Meer.

Triticites arpaensis, ein 12 mm langer Längsschnitt, daneben ein Querschnitt, in dem die spiralgige Aufrollung der Schale und ihrer Kammerwände zu sehen ist: ein Kammerling, eine Foraminifere, zu den Urtieren gehörend. Sie lebte zur Steinkohlenzeit in Küstennähe und wurde in dieser Art 1972 aus Mittelasien beschrieben. Längst vergangene Meeresverbindungen werden offenbar.

Aufnahme: F. Kahler, Klagenfurt.

PERM

Der Wechsel zwischen Meeres- und Festlandsablagerungen wiederholte sich in den Auernig-schichten vielfach. Wir schließen daraus auf eine ständige Verschiebung der Küstenlinie, die entweder durch Meeresspiegelschwankungen oder durch Hebungen und Senkungen des Meersbodens verursacht wurde. Die gleiche Tendenz setzte sich im letzten Zeitabschnitt des Erdaltertums, dem Perm, fort. Je nach den wichtigsten Fossilien und nach Art des Gesteins unterscheiden wir hier die Unteren und Oberen Pseudoschwagerinenschichten und dazwischen die Grenzlandbänke, die zum Beispiel den Rudnigsattel oder den Kamm südlich der Rattendorfer Alm aufbauen.

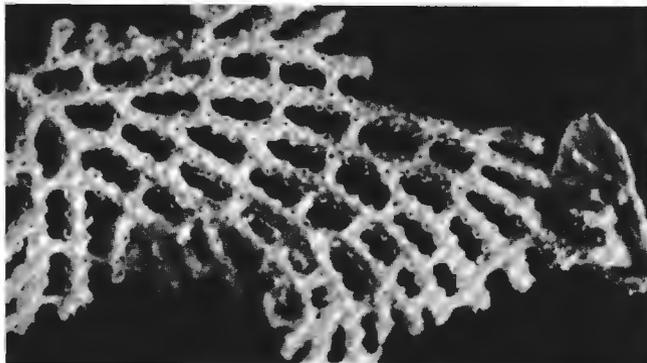


Abb. 21: Bryozoen-Kolonie vom Gipfel des Auernig östlich des Naßfeldpasses.

Bryozoen (Moostierchen; im Bild das Außenskelett einer Kolonie der Art *Fenestella praevirgosa* SHULGA-NESTERENKO) sind kleine, meist marine, koloniebildende Tiere mit vorwiegend kalkigem Skelett. Sie finden sich bereits in den ältesten Ablagerungen der Karnischen Alpen im Ordoviz, ein zweites Maximum beobachten wir am Ende des Karbons in der Auernig-Formation.

Aufnahme: M. G. Kodsi, Graz/Damaskus.

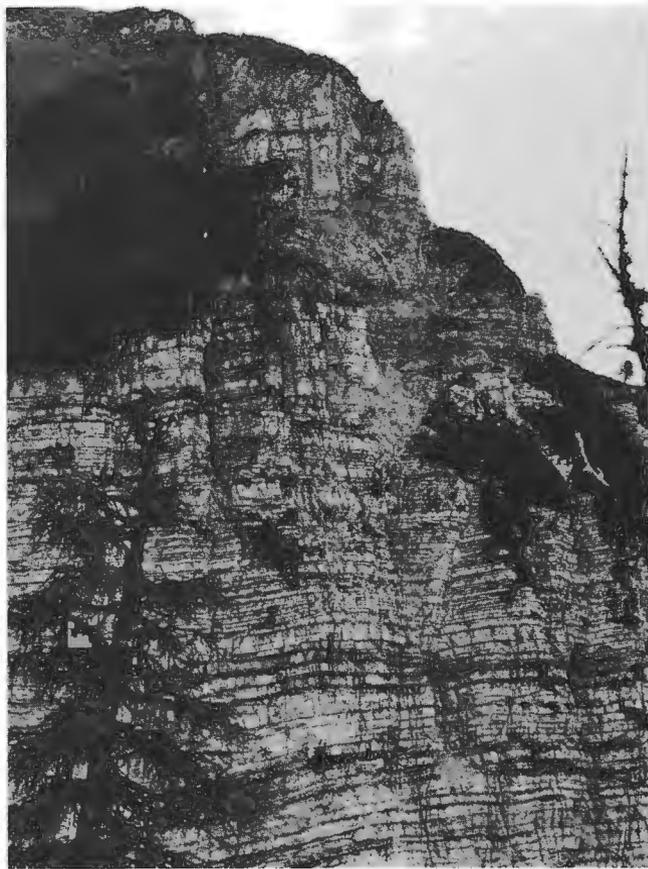


Abb. 22: Der obere, gut geschichtete Teil der Reppwand nördlich des Gartnerkofels.

Deutlich zu erkennen ist der gebankte Teil der Bellerophon-schichten, die in den Karnischen Alpen am Ende des Erdaltertums gebildet wurden. Mit dem flachen Teil über dem Kliff begann vor etwa 240 Millionen Jahren das Erdmittelalter. Bis die Gesteine am Gipfel des links oben liegenden Gartnerkofels abgelagert waren, vergingen mindestens weitere 10 Millionen Jahre.

Im älteren Perm bildete sich im Flachmeer der östlichen Karnischen Alpen eine in wenigen Metern Wassertiefe entstandene Kalkplattform. Heute liegen davon allerdings nur mehr Reste vor, denn sie zerbrach schon bald nach ihrer Entstehung in Einzelblöcke. Dazu zählen der Trogkofel und die Reppwand nördlich des Gartnerkofels.

Etwa zur gleichen Zeit wurde das Festland, das damals nördlich des Gailtales lag, von kontinentalen Ablagerungen bedeckt. Die Landschaft jener lange zurückliegenden Zeit und ihr Klima glich einer Wüste. Der Transport von Geröll und Schutt erfolgte durch Wildbäche und Flüsse in Senken hinein, die aus kristallinen Schiefen bestehen. Diese Gesteine bauen die Nordflanke des Lesachtales und des Gailtales bis über Hermagor nach Osten auf. Auf ihnen liegen die von weitem sichtbaren, roten, wüstenartigen Ablagerungen, die nach ihrem Hauptvorkommen bei Laas und Gröden in Südtirol als Laas- bzw. Gröden-Formation bezeichnet werden. An einer Stelle oberhalb von Lanz bei Kötschach wurde darin in den letzten Jahren ein reiches Vorkommen von Pflanzen entdeckt.

Im jüngeren Perm, also im ausgehenden Erdaltertum vor etwa 250 Millionen Jahren, dehnte sich das vorher nur auf das Gebiet südlich des Gailtales beschränkte Meer über das Tal hinweg nach Norden aus. Damit begann ein neuer Zeitabschnitt, es erschien die Organismenwelt des Erdmittelalters, und mit ihnen wurden neue Gesteine abgelagert. Die Lienzer Dolomiten und die Kalkberge der Gailtaler Alpen mit den markanten Gipfeln von Reißkofel und Spitzegel sind die stummen Zeugen dieser Epoche. Südlich des Gailtales in den österreichischen Karnischen Alpen zählt alleine der Gipfelaufbau des Gartnerkofels dazu.

Ihr heutiges Antlitz erhielten das Gailtal und die umgebende Gebirgslandschaft im Süden und Norden in der Erdneuzeit, dem Tertiär und Quartär. Da wurde das gesamte Gebiet erneut zusammengepreßt, gehoben und sogar seitlich gegeneinander verschoben. Die Gletscher der letzten Eiszeit vollendeten schließlich das Werk. Sie gaben vor rund 10.000 Jahren den Tälern und Bergen den „letzten Schliff“.

Weiterführende Literatur

- Der Geologische Aufbau Österreichs (Wiss. Red.: R. OBERHAUSER). – Wien – New York (Springer-Verlag) 1980.
- GAERTNER, H. R. v.: Geologie der Zentralkarnischen Alpen. – Denkschriften d. Akademie d. Wissenschaften, Band **102**, S. 113–199, mit geologischer Karte, Wien 1931.
- KAHLER, F. (Hrsg.): Die Natur Kärntens. – 238 S., Klagenfurt (Verlag J. Heyn) 1975.
- KAHLER, F. & PREY, S.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. – 116 S., mit geologischer Karte, Wien (Geologische Bundesanstalt) 1963.
- SCHÖNLAUB, H. P.: Das Paläozoikum in Österreich. – Abhandlungen d. Geologischen Bundesanstalt, Band **33**, 124 S., 79 Abb., 4 Tab., 7 Taf., Wien 1979.

Weitere wissenschaftliche Literatur über die Geologie Kärntens finden sie im Verlagsverzeichnis der Geologischen Bundesanstalt.