

Bachelorarbeit

Der Amphiporenkalk im Devon der Karnischen Alpen



Mörtl Alexander, 1118305

Innsbruck, September 2014

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Karl Krainer

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde ein, im Jahre 2013 in der Mauthner Klamm, zentrale Karnische Alpen, vorgefundener, als Amphiporenkalk bezeichneter Gesteinsblock, bearbeitet. Das Ziel der Arbeit war, das anstehende Gestein dieses Gesteinsblockes im Gelände aufzusuchen um im Zuge dessen die Ablagerungsbedingungen von Sediment und Fossilien zu rekonstruieren. Dafür wurden zwei Profile im Bereich des Poliniks, sowie ein Profil im Bereich des Gamskofels aufgenommen. 22 orientierte Gesteinsproben wurden dabei entnommen, die anschließend im Dünnschliff auf ihre Mikrofazies untersucht wurden. Daraus folgt eine Zuordnung der Gesteinsproben zu vier verschiedenen Mikrofaziestypen: MF1 - Ostrakoden Wacke- bis Packstone, MF2 - Bindestone-Stromatolith, MF3 - Amphiporen Float- bis Wackestone, MF4 - peloidaler Grain- bis Packstone. Die Mikrofaziestypen MF1, MF2 und MF4 gehören einer intertidalen Zone an, der Mikrofaziestyp MF3 wird einer subtidalen Zone zugeordnet. Als Ablagerungsraum resultiert ein flacher, restriktter und niederenergetischer Bereich, welcher dem einer Lagune entspricht. Zudem konnten in den Dünnschliffen von Polinik und Gamskofel vier verschiedene Arten von *Amphipora* „confer“ bestimmt werden: *Amphipora* cf. *angusta*, *Amphipora* cf. *rudis*, *Amphipora* cf. *laxeperforata*, *Amphipora* cf. *pervesiculata*. Durch die unterschiedliche Ausbildung von *Amphipora* und den Fossilien im Gesteinsblock, wurde von Herrn DrSc. Jindrich Hladil des Instituts Geologie AS, Tschechische Republik, festgestellt, dass es sich bei den als Amphiporen bezeichneten Fossilien im Block eigentlich um Korallen der Gattung *Hillaepora* handelt.

Inhaltsverzeichnis

1. Fragestellung	1
1.1 Lage des Arbeitsgebietes	1
1.2 Geologische Situation	2
1.2.1 Tektonik & Deckenbau	6
1.3 Amphiporen - Allgemeines	9
2. Arbeitsmethoden	12
2.1 Geländearbeit - Profilaufnahme	12
2.2 Geländearbeit - Untersuchung Kalkblock	12
2.3 Durchlichtmikroskopie - Mikrofaziesanalyse	13
3. Ergebnisse	14
3.1 Geländearbeit - Profilbeschreibung Wodnertörl	14
3.2 Geländearbeit - Profilbeschreibung Polinik POL A	18
3.3 Geländearbeit - Profilbeschreibung Polinik POL B	22
3.4 „Amphiporenkalkblock“	25
3.5 Im Dünnschliff	26
3.5.1 MF-Typ 1: Ostrakoden Wacke- bis Packstone	27
3.5.2 MF-Typ 2: Bindstone - Stromatolith	28
3.5.3 MF-Typ 3: Amphiporen Float- bis Rudstone	28
3.5.4 MF-Typ 4: peloidaler Grain- bis Packstone	29
3.5.5 Foraminiferen	31
3.5.6 Amphiporen	32
4. Interpretation	34
5. Schlussfolgerungen	37
6. Literaturverzeichnis	38
7. Anhang	40

1. Fragestellung

Ausgehend von einem Fossilfund im Jahre 2013 in der Mauthner Klamm, genauer in den Karnischen Alpen, südlich von Kötschach-Mauthen (Kärnten), entwickelte sich das Thema dieser Bachelorarbeit. Bei dem vorgefundenen Gestein handelt es sich um einen Amphiporenkalk, welcher im Zuge dieser Arbeit sedimentologisch untersucht wird. Zudem wird versucht, das anstehende Gestein dieses rund 650 kg schweren Blockes aus gesteinsbildend auftretenden Amphiporen, im Gelände zu lokalisieren.

Dafür wurden Profile im Bereich des Wodnertörls und im Gipfelbereich des Poliniks aufgenommen. Des Weiteren wurden 23 orientierte Gesteinsproben genommen um an Hand von Dünnschliffen den Faziesbereich der abgelagerten Amphiporen zu bestimmen. Mithilfe der Ergebnisse aus den Dünnschliffanalysen soll der Ablagerungsraum der Sedimente, die Lebensweise und der Lebensraum der Amphiporen rekonstruiert werden.

Der Fossilblock wurde per Hubschrauber aus der schwer zugänglichen Mauthner Klamm geborgen und anschließend im Geopark Karnische Alpen in Dellach im Gailtal ausgestellt.

1.1 Lage des Arbeitsgebietes

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) befindet sich in den Karnischen Alpen, südlich bis südwestlich der Marktgemeinde Kötschach-Mauthen (Kärnten). Es umfasst die zentralen Karnischen Alpen, genauer den Bereich um den Plöckenpass, unmittelbar nördlich der österreichisch-italienischen Staatsgrenze. In diesem Gebiet erstreckt sich das Kellerwandmassiv mit den höchsten Gipfeln der Karnischen Alpen (Hohe Warte 2780 m ü. A.).

In Abbildung 1 ist die Lage des Arbeitsgebietes ersichtlich, welches in zwei Bereiche gegliedert ist. Einerseits in die Umgebung des Wodnertörls (2059 m ü. A.) im Gamskofel-Massiv und andererseits in den Gipfelbereich des Poliniks (2332 m ü. A.).

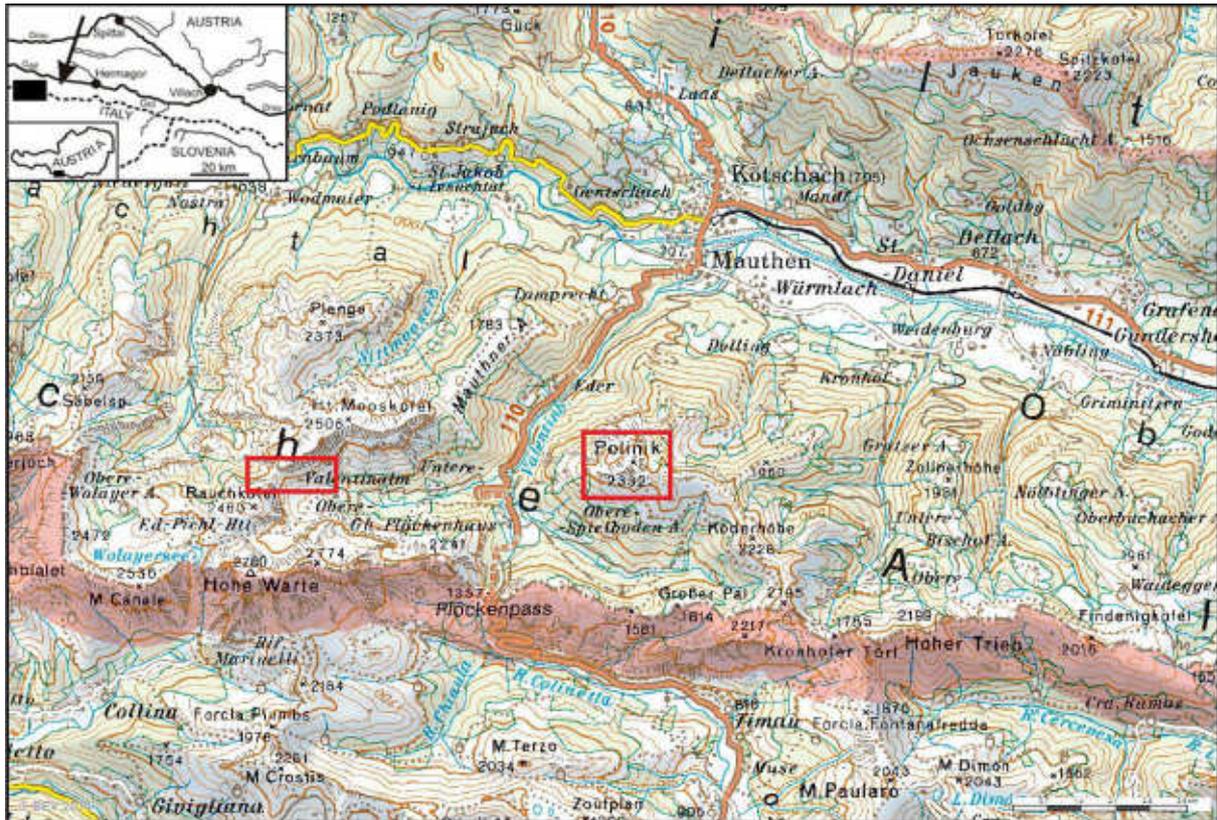


Abb. 1: Geographische Übersicht der Untersuchungsgebiete rund um den Plöckenpass (Karnische Alpen); die roten Markierungen grenzen die Bereiche der Profil- und Probenaufnahme ein (BEV, 2014).

1.2 Geologische Situation

Die rund 7-8 km breite Gebirgskette der Karnischen Alpen bildet im Süden Österreichs den Grenzkamm zu Italien. Sie reicht über rund 100 km von Sillian im Westen bis nach Arnoldstein im Osten. Im Norden werden die Karnischen Alpen vom Lesachtal, weiter in dessen östlicher Verlängerung vom Gailtal, sowie im Süden von dem italienischen Gebiet der Carnia südlich des Val di Cadare und der Linie Tolmezzo - Tarvis begrenzt.

Wie die Dolomiten im Westen und die Karawanken im Osten sind die Karnischen Alpen Teil der Südalpen und zählen großtektonisch zum Südalpin. Im Norden werden die Karnischen Alpen durch eine E-W verlaufende Störungszone, der Gailtallinie, vom Süden des Ostalpins getrennt. Die Gailtallinie ist ein Teil des Periadriatischen Lineaments (PAL). Dieses verläuft ebenfalls ungefähr in E-W Richtung und gilt mit seiner Länge von über 700 km als längstes und markantestes Störungssystem der Alpen (Schmid et al., 1989). Das PAL wird schon von Bögel (1975) als eine alte Störungszone beschrieben, die lange vor der alpidischen Orogenese existierte. Hinweise dafür sind die prä-alpidischen Strukturen beiderseits des PAL. Zudem bildet

Alpen werden in das höhere *Ordovizium* (Caradoc-Ashgill) eingestuft. Es handelt sich um überwiegend siliziklastische Sedimente (Sandsteine, Grauwacken, Quarzite) eines flachmarinen Ablagerungsraumes mit eingeschalteten fossilreichen Kalken.

Im *Silur* kommt es durch tektonische Ereignisse zur Absenkung des Ablagerungsraumes. Es überwiegen tiefmarine Ablagerungen, gekennzeichnet durch geringe Sedimentationsraten („Hungersedimentation“), Kondensation und Schichtlücken. Im Extremfall ist das gesamte Silur, welches rund 27 Millionen Jahre dauerte, auf wenige Meter reduziert. Charakteristisch für diesen Zeitraum ist die Sedimentation fossilreicher, pelagischer Kalke und Graptolithenschiefer. Das *Devon* der Karnischen Alpen ist gekennzeichnet durch eine Faziesheteropie als Ausdruck anhaltender tektonischer Bewegungen des Meeresbodens mit sich rasch ändernden Sedimentationsverhältnissen (Krainer, 1988). Die Ablagerungen des Devons reichen von rund 1000 m mächtigen Flachwasserkarbonaten (Riff- und Lagunenkalke, z.B. im Bereich des Kellerwand-Massivs) über pelagische Schwellenkalke bis hin zu pelagischen Tiefseesedimenten. Letztere liegen in Form von Graptolithenschiefern, die vom Silur bis in das Devon reichen, vor. Die Karbonatentwicklung des Devons reicht stellenweise bis in das Unterkarbon.

Mit der sudetischen Phase der variszischen Gebirgsbildung setzt im unteren *Karbon* erneut starke Bruchtektonik ein, es kommt zur Herausbildung eines Tiefseetroges. Dieser wird mit über 1000 m mächtigen Flyschsedimenten (Hochwipfelschichten) aufgefüllt. Die Hochwipfelschichten bestehen hauptsächlich aus Tonschiefer und Sandsteinen, z. T. aber auch aus vulkanischen Gesteinen. Im Anschluss an die Flyschsedimentation erfolgt im höheren Westfal (Oberkarbon) die variszische Hauptorogenese (asturische Phase). Es kommt zu Steilstellungen, Faltungen und Überschiebungen. Im Oberkarbon setzt erneut Grabenbruchtektonik ein, wobei der Abtragungsschutt des variszischen Grundgebirges in die Gräben und Vorsenken transportiert wird. Diese Ablagerungen bestehen aus fluviatilen und flachmarinen Molassesedimenten, genauer aus einem Wechsel von Konglomeraten, Sandsteinen und fossilreichen Kalken. Mit der Ablagerung des diskordant über dem prä-variszischen Zyklus liegenden Transgressionskonglomerates der Waidegg- bzw. Bombaso-Formation, beginnt der post-variszische Zyklus. Nach Pfiffner (2010) wird das Waidegger Konglomerat ins Moscovian datiert, womit sich die variszische Gebirgsbildung in der Karnischen Region auf einen Zeitraum von 310-318 Millionen Jahre eingrenzen lässt. Bis ins *Unterperm* hält die Sedimentation an, wobei vorwiegend Kalke abgelagert werden. Örtlich kommt es auch zur Ausbildung von Mounds, wie z.B. am Trogkofel (Nassfeld).

Erst im *Oberperm* stabilisiert sich der Untergrund und es baut sich ein stabiler Schelf mit der Sedimentation von Flachwasserkarbonaten auf. Diese Entwicklung hält bis in die untere Trias an, wobei es in der mittleren Trias zu einem Zerschneiden der Karbonatplattform kommt, was mit einer Faziesdifferenzierung verbunden ist.

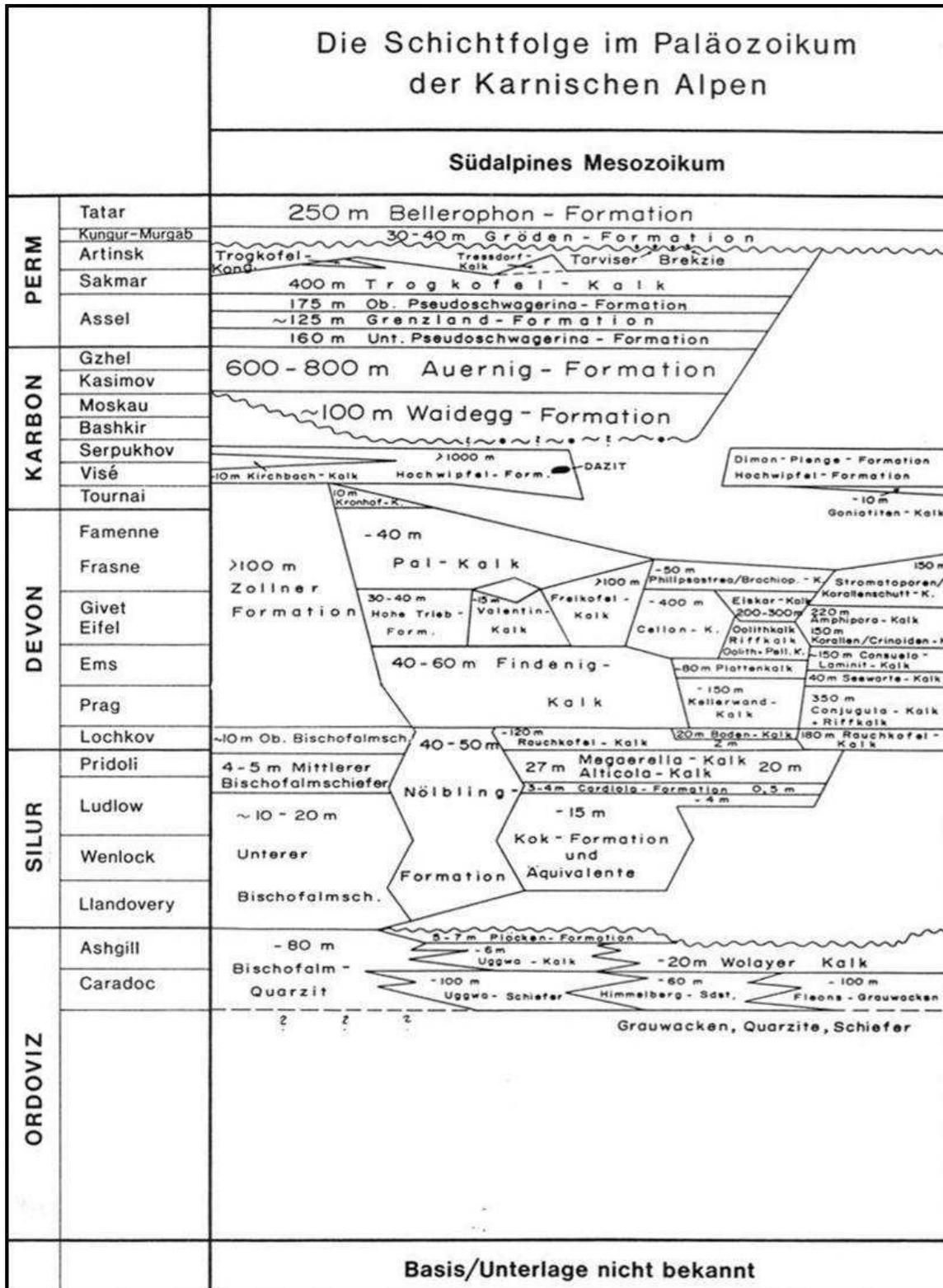


Abb. 3: Die paläozoische Schichtfolge der Karnischen Alpen (Schönlaub, 1992).

1.2.1 Tektonik & Deckenbau

Das südalpine Paläozoikum der zentralen Karnischen Alpen erstreckt sich zwischen dem Biegengebirge im Westen und dem Kronhofgraben im Osten. In diesem Bereich liegen zugleich die höchsten Gipfel der zentralen Karnischen Alpen (Hohe Warte 2780 m, Gamskofel 2526 m, Mooskofel 2359 m, Polinik 2332 m). Die in den verschiedenen Fazies abgelagerten Sedimente der Karnischen Alpen sind heute durch komplizierte alpidische Tektonik auf engstem Raum nebeneinander aufgeschlossen.

Die Karnischen Alpen bilden einen variszisch und alpidisch stark verkürzten, WNW-ESE streichenden Deckenkomplex aus isoklinal verfalteten anchi- bis epizonal metamorphen, paläozoischen Gesteinen (Schönlaub & Heinisch, 1993). Der Baustil der Karnischen Alpen ist stark von Deckenüberschiebungen geprägt. Laut Schönlaub (1985) werden im Gebiet rund um den Plöckenpass, vom Liegenden ins Hangende, folgende Decken unterschieden (Abb. 4):

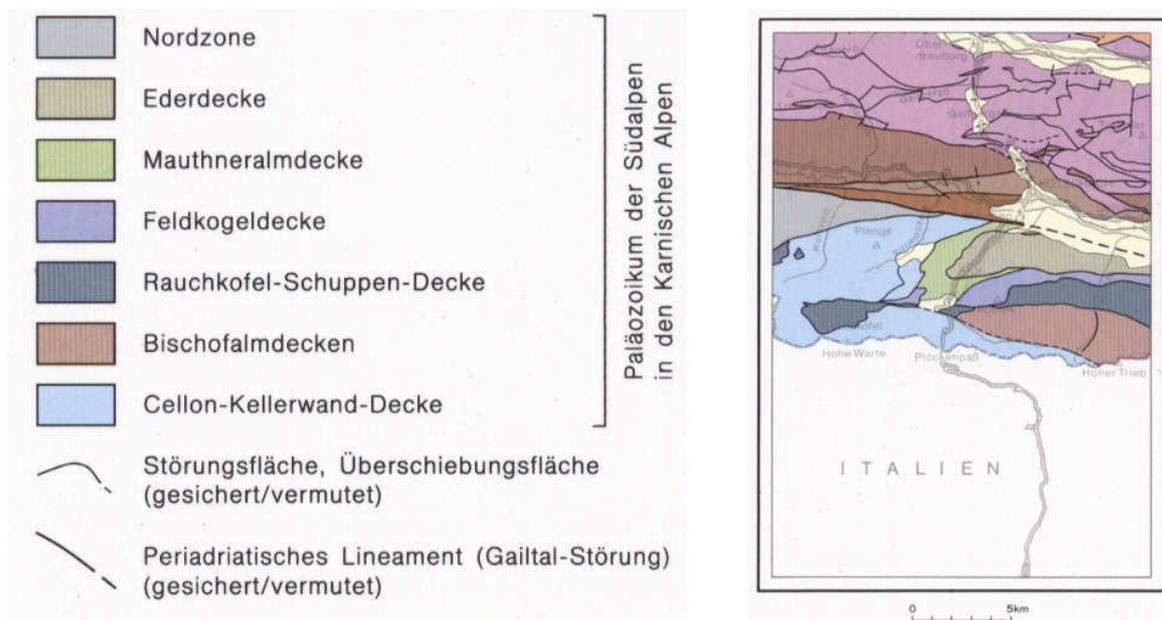


Abb. 4: Tekttonische Übersicht der zentralen Karnischen Alpen, M 1:400.000, (GBA, 1985).

Weiters wird von Kreutzer (1990) eine „Höchste Decke“ beschrieben, die allerdings nur auf der italienischen Seite der Karnischen Alpen auftritt. Nach Läufer et. al (1997) wird die Eder-Decke nicht als eigene Einheit angesehen, sondern als transpressiver Block. Das Arbeitsgebiet am Gamskofel-Massiv gehört der *Kellerwand-Decke* an und repräsentiert Karbonate einer Riff- bzw. Hinterriff-Fazies. Die mächtige Südwand des Gamskofels besteht aus Lagunensedimenten des Devons, die von Bandel (1972) ins Emsium und Eifelium gestellt wurden. Weiters konnte Kreutzer (1990) die Gipfelkalke des Gamskofels dem Givetium zuordnen.

Das Gamskofel-Massiv liegt nördlich des Valentintales, genau gegenüber des Kellerwand-Hohe Warte-Zuges. Eine E-W verlaufende Störungszone, die Gamskofel-Polinik Linie, trennt die

Kellerwand-Decke von den westlichsten Einheiten der Feldkogeldecke und zieht weiter zur Himmelberger Alm, über das Spielbodentörl (Polinik) bis über den Nölblinggraben im Osten. Während im Süden der Störung ein nordvergenter Faltenbau mit flachen Achsen die Tektonik bestimmt, ist der Nordbereich durch einen Deckenbau charakterisiert (Oberhauser, 1980).

Zudem ist das Gamskofel-Mooskofel-Massiv intern tektonisch zweigeteilt. Im Westen, im Bereich des Gamskofels, ist der hellgrau gebankte *Gamskofel-Kalk* aufgeschlossen (Abb. 2). Die Lithologie wird von Kreutzer (1992) als Wechsellagerung von Laminiten, Loferiten und mikritisch gebundenen Amphiporenkalken beschrieben. Im Osten befindet sich der Crinoiden-Massenkalk des Mooskofels.

Ursprünglich lagerten die Gesteine des Gamskofel-Massivs weiter im Westen und bildeten die Fortsetzung des Biegengebirges und des Kellerwand - Hohe Warte - Zuges. Erst die Tektonik des Zentralkarnischen Bogens brachte sie an ihren heutigen Platz.

Das Arbeitsgebiet am Polinikgipfel zählt zur tektonischen Einheit der *Feldkogeldecke*, welche dem Feldkogelzug angehört. Dieser zieht sich über rund 40 Kilometer vom Mooskofel im Westen über den Polinik bis nach Arnoldstein im Osten. Der Polinik liegt nördlich des Angerbachtales und setzt sich tektonisch aus der Mauthner Alm-Decke im Liegenden, der Feldkogeldecke und der Rauchkofel- und Bischofalm-Schuppendecke im Hangenden zusammen. Weiters wird die Feldkogeldecke im Bereich des Poliniks in eine untere und obere Polinik-Schuppe unterteilt. Die Gesteine dieser Einheiten werden als *Feldkogel-Kalk* zusammengefasst (Abb. 2) und bestehen im Wesentlichen aus einer Kalk- und Dolomitwechsellagerung mit Laminiten und örtlich vermehrt auftretenden Amphiporenvorkommen (Kreutzer, 1992).

a) Kellerwanddecke (Südliche Flachwasser-Fazies): Laut Schönlaub (2001) begann die Entwicklung einer ausgedehnten Karbonatplattform im Lochkovium mit der Sedimentation der neritischen *Rauchkofel-Kalke* (Abb. 5). Darüber lagern Crinoidenschuttkalke des Pragiums, die als *Hohe Warte-Kalk* zusammengefasst werden. Ab dem Emsium lässt sich der Ablagerungsraum paläographisch differenzieren. Im Süden werden die Flachwasserkalke des Gamskofels ausgebildet. Die Ablagerungen dieser südlichsten Fazies werden zum *Gamskofel-Kalk* zusammengefasst, deren Entwicklung vermutlich bis ins Givetium anhält. Die Untergrenze dieser Fazies ist am Gamskofel tektonisch abgerissen, die Obergrenze erodiert. Die gesamte Mächtigkeit des Gamskofel-Kalkes wird auf rund 800 m geschätzt.

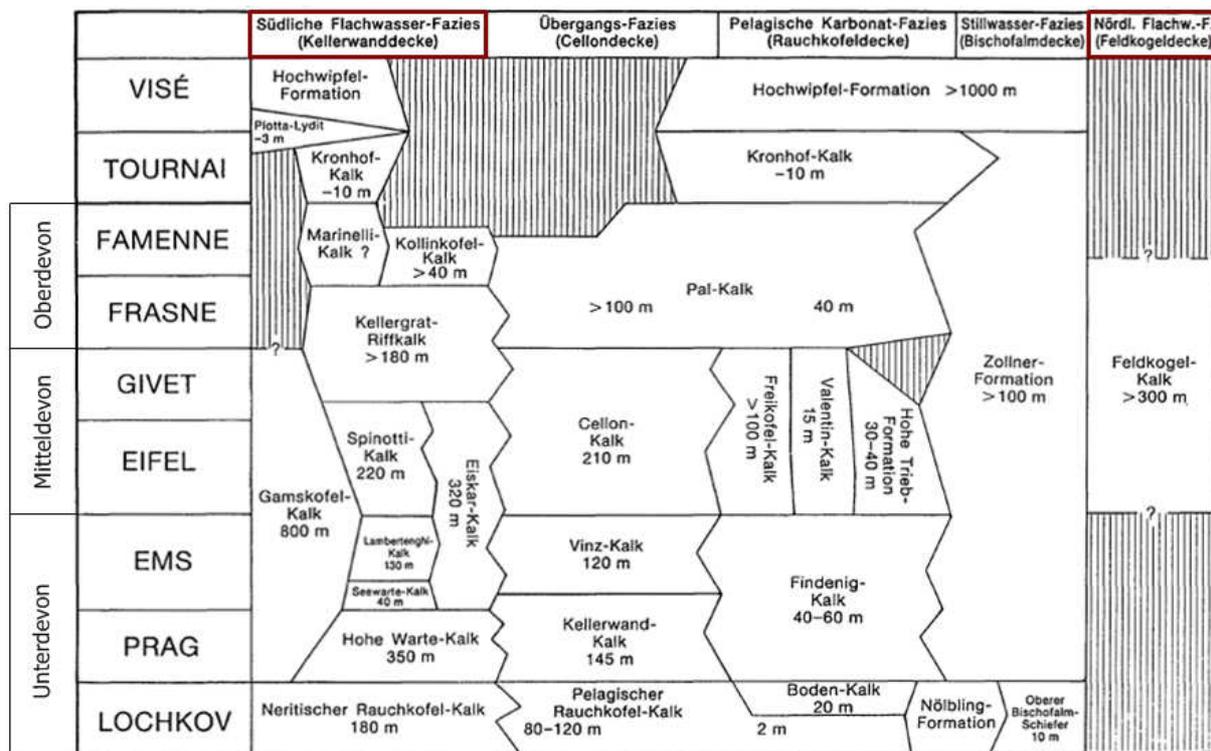


Abb. 5: Die Schichtfolgen des Devons in den Karnischen Alpen (modifiziert nach Kreutzer, 1992).

Paläogeographisch weiter nördlich kommt es zur Ablagerung der *Seewarte-Kalke*. Darüber folgt der emsische *Lambertenghi-Kalk*, der anschließend vom *Spinotti-Kalk* überlagert wird. Noch weiter im Norden wird ab dem Emsium bis ins mittlere Givetium der *Eiskar-Kalk* abgelagert. Der Eiskar- und der Spinotti-Kalk werden vom givetischen *Kellergrat-Riffkalk* überlagert. Ab dem Frasnium folgen dem Kellergrat-Riffkalk zeitgleich der *Kollinkofel-Kalk* und der *Marinelli-Kalk*, letzterer ist allerdings nur sehr lokal ausgebildet.

b) Feldkogeldecke (Nördliche Flachwasser-Fazies): Die Gesteine am Polnik gehören den Karbonaten des Feldkogelzuges an. Kreutzer konnte (1990) anhand von Conodonten (*Palmatolepis sp.*) am Mooskofel nachweisen, dass diese Flachwasserkalke zumindest bis in das Oberdevon (Eifelium) reichen. Weiterführende mikrofazielle Differenzierungen in der Feldkogeldecke sind bis heute nicht bekannt. Die Lithologien des *Feldkogel-Kalks* werden von Kreutzer (1992) als Algenlaminite mit dolomitischen Lagen im Wechsel mit dunklen Amphiporenkalken beschrieben und erreichen eine Mächtigkeit von mehr als 330 m. Laut Kreutzer (1992) lassen sich die Flachwasser- und Intertidalkalke der Feldkogeldecke von jenen der Kellerwand-Decke unterscheiden. Die tektonische Einheit des Feldkogelzuges kann den Flachwasserkalken der Kellerwanddecke nur nördlich vorgelagert haben (Abb. 5). Somit muss es in den Karnischen Alpen mindestens zwei Flachwasserareale gegeben haben.

1.3 Amphiporen - Allgemeines

Amphiporen (*Amphipora*) gehören zur Klasse der Stromatoporen (Stromatoporoidea) und stellen eine eigene Gattung dar. Von Zúkalova (1971) werden über 60 verschiedenen Arten der *Amphipora* Schulz, 1883 beschrieben. Stromatoporen sind eine ausgestorbene Gruppe sessiler und koloniebildender Meerestiere mit Kalkskeletten in variabler Form. Dennoch ist die Systematik der Stromatoporen nicht eindeutig geklärt. Früher wurden die Stromatoporen meist zur Klasse der Hydrozoen gezählt, die weiters dem Stamm der Coelenteraten (Hohltiere) angehören. Mittlerweile wird aber weitgehend akzeptiert, dass es sich bei Stromatoporen um Poriferen (Schwämme) handelt (Stearn et al., 1999). Nach dem Massensterben am Ende des Devons verschwanden die Stromatoporen und erst ab der Trias lassen sich wieder ähnliche Formen finden. Daher können die Stromatoporen in paläozoische und mesozoische Formen unterteilt werden. In dieser Arbeit wird lediglich auf die paläozoischen Ausbildungen näher eingegangen.

Taxonomie der Amphiporen: (Stearn et al., 1999)

- Stamm: Porifera Grant, 1836
- Klasse: Stromatoporoidea Nicholson & Murie, 1878
- Ordnung: Amphiporida Rukhin, 1938
- Familie: Amphiporidae Rukhin, 1938
- Gattung: *Amphipora* Schulz, 1883
- Typusart: *Caunopora ramosa* Phillips, 1841

Die Amphiporen sind heute in Form ihrer kalkigen (Tief-Magnesium-Calcit) Skelette (Coenostea) überliefert. Es steht aber zur Diskussion, ob die ursprüngliche Skelettmineralisation in Form von Calcit oder Aragonit erfolgte. Da sie oft stark diagenetisch überprägt sind, ist es für viele devonische Stromatoporen allerdings wahrscheinlich, dass sie ursprünglich aus Calcit (Hoch-Magnesium-Calcit) bestanden (Rush & Chafetz, 1991).

Innerer Aufbau:

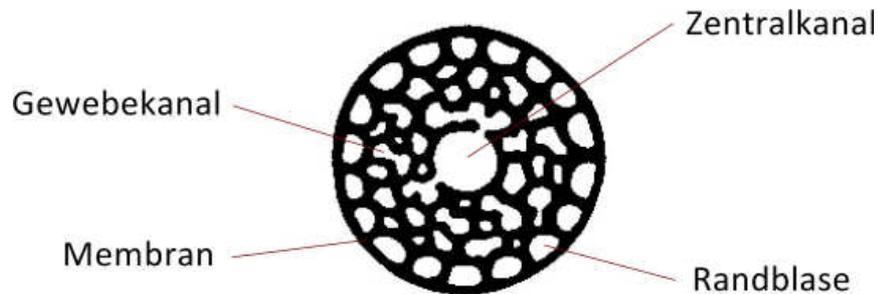


Abb. 6: Schematische Darstellung von *Amphipora ramosa* (Phillips) im Querschnitt, modifiziert nach Schäfer (1952).

Amphiporen bilden zumeist zylindrische Coenostea-Äste aus und besitzen normalerweise einen zentralen Kanal mit einem rundem bis polygonalem Querschnitt von wenigen Millimetern. Im schematischen Querschnitt (Abb. 6) sind von innen nach außen der Zentralkanal, eine Zone mit einem polygonalen Netz zusammenhängender Skelettelemente, radiale Skelettelemente (Randblase) und eine abschließende, das Coenosteum umhüllende Membran, zu erkennen. Die inneren Skelettelemente sind von kleinen, kurzen und wurmförmig gekrümmten Gewebekanalchen durchzogen. Im Normalfall sind die äußeren, zwischen den radialen Skelettelementen und der umhüllenden Membran angelegten Galerien größer als die inneren Galerien. Bei ein und derselben Art können aber deutliche Bauunterschiede auftreten. Somit können der Zentralkanal, die radialen Skelettelemente und auch die umhüllende Membran fehlen oder schlecht ausgebildet sein. Wenn die Blasenzone und die Membran fehlen, münden die Gewebekanalchen nach außen und die Morphologie der Individuen sieht wurmförmig zerfressen aus. Der interne Skelettbereich kann sehr dicht sein oder auch nur aus locker angeordneten, kurzen Mauersegmenten und isolierten Pfeilern bestehen. Zwischen den vertikalen Skelettelementen sind verbindende oder auch isolierte, nicht einheitlich horizontierte und orientierte Skelettelemente vorhanden (Salerno, 2008).

Die am besten geeigneten Kriterien zur Abgrenzung der einzelnen Arten sind laut Stearn et al. (1999) der Astdurchmesser, die Proportion des Zentralkanals (so vorhanden) zum Astdurchmesser und die, bezogen auf den Zentralkanal, nach oben und zur Seite gerichteten Pfeiler. Stearn et al. (1999) vermuten, dass an der Basis von *Amphipora* ein schwach ausgebildetes Wurzelsystem vorhanden war und sich das lebende Gewebe nur auf die Spitze des Coenosteums beschränkte. Diese Rekonstruktion ist mittlerweile fragwürdig, da Hladil (2003, 2007) lebendes Gewebe im Frühstadium, sowie eine Anheftungsfläche (bottom disc) von 0,2 mm von *Amphipora* dokumentiert. Es bleibt allerdings schwer vorstellbar, dass sich längere Formen mit einer so kleinen Basis stabil im Sediment verankern konnten. Hladil (2003) vermutet aus

diesem Grund, dass Gasblasen im oberen Teil der Amphiporen eine aufrechte Position ermöglichen. Des Weiteren beschreibt Hladil (2007) die mechanische Unterstützung von Kalkalgen für den Erhalt einer aufrechten Position (Abb. 7).

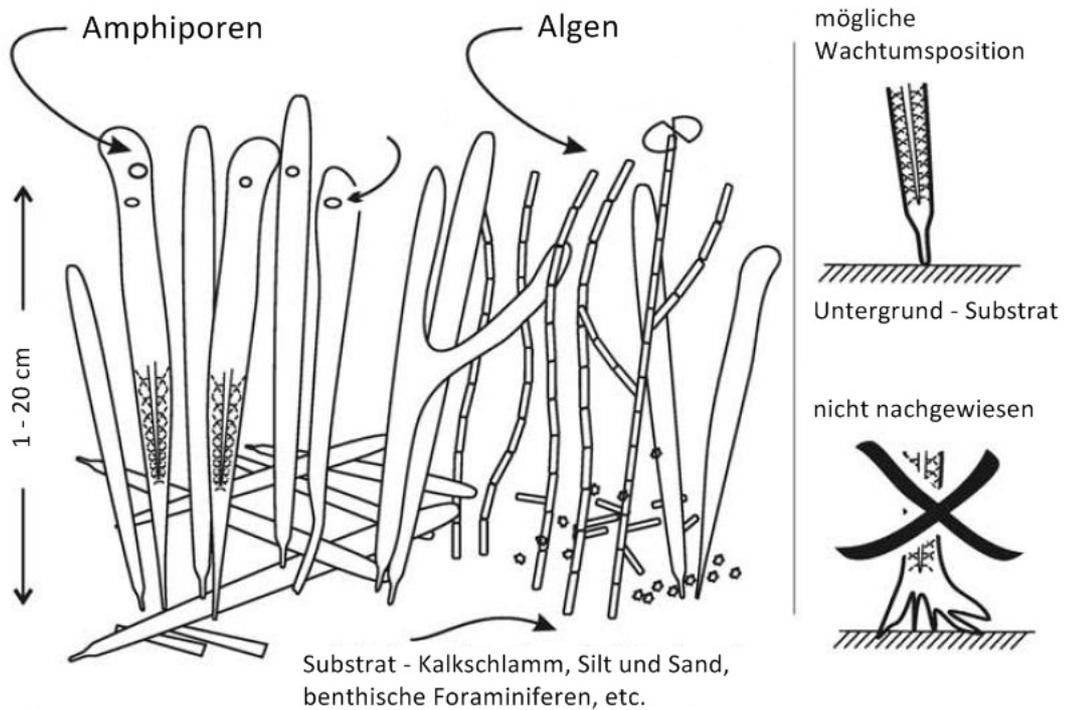


Abb. 7: Rekonstruktion des Lebensraumes von *Amphipora*, modifiziert nach Hladil (2007).

Die ältesten Arten der Gattung *Amphipora* Schulz stammen aus dem Silur, die jüngsten bisher datierten Arten reichen bis ins Frasnium des oberen Devons (Zukalova, 1971). Karbonisches Alter von Kalkgesteinen mit Amphiporen wurde schon des Öfteren beschrieben, ist aber aufgrund fehlender Datierungen fraglich. Das Maximum ihrer Verbreitung erreichten die Amphiporen im mittleren Devon bis unteren Oberdevon. Von *Amphipora* dominierte Lithologien dieses Zeitabschnittes sind weltweit beschrieben und treten in massigen Kalkgesteinen des Givetium und Frasnium oft gesteinsbildend auf. Bevorzugt lebten die Amphiporen in ruhigen Lagunen und in anderen seichten und stillen Meereslagen, die durch eine Barriere vom offenen Meer abgetrennt sind. Struve (1989) sieht Amphiporen als Bewohner großer Teppiche hinter dem Riff. Bedingt durch die schwache Substratanbindung muss ihr Lebensraum vor Wellen und starker Störung geschützt gelegen haben. Zudem ist die dünnstäbige Wuchsform der Amphiporen kennzeichnend für ein niederenergetisches Milieu, welches einem flachen, subtidalen Ablagerungsbereich entspricht.

2. Arbeitsmethoden

2.1 Geländearbeiten - Profilaufnahme

Im Zuge dieser Arbeit wurden zwei Bereiche, in welchen Amphiporenkalke vorkommen, genauer untersucht (Abb. 8). Dabei wurden drei Profile aufgenommen die für den Geologen ohne Kletterei zugänglich sind und darüber hinaus ungestörte Schichtfolgen aufweisen. In den jeweiligen Profilen wurden die Lithologien bestimmt und deren Mächtigkeit mit dem Maßband vermessen. Im Wesentlichen erfolgte die Untergliederung der einzelnen Abfolgen durch die Gesteinsfarbe, die Ausbildung und Mächtigkeit von Schichtflächen und einem einfachen Salzsäuretest. Für die Mikrofaziesanalyse wurden aus den jeweiligen Abfolgen orientierte Gesteinsproben entnommen. In den Säulenprofilen (Abb. 14, Abb. 19, Abb. 26) sind die Entnahmestellen der Proben angeführt.

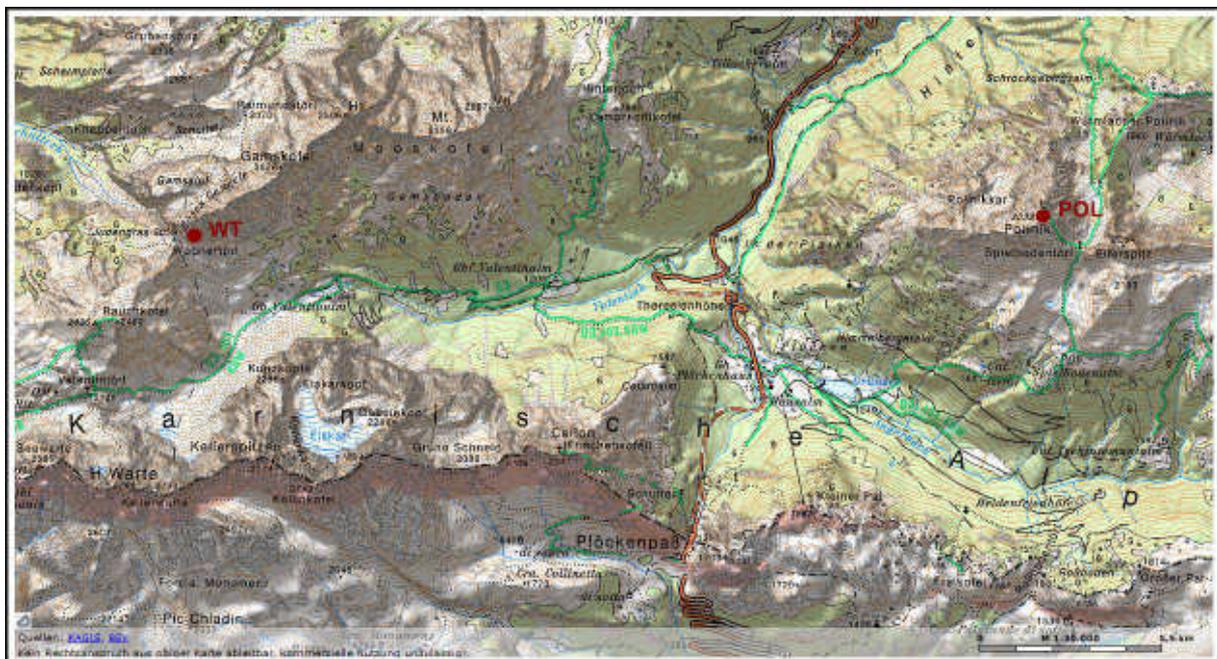


Abb. 8: Übersichtskarte der zentralen Karnischen Alpen rund um den Plöckenpass; die roten Punkte markieren die Bereiche der Profilaufnahme (KAGIS, 2014).

2.2 Geländearbeit - Untersuchung Kalkblock

Auch der in der Mauthner Klamm geborgene „Amphiporenkalkblock“ (Abb. 29) wurde makroskopisch genauer untersucht, um eventuelle Hinweise für den Lebensraum der Organismen und den generellen Ablagerungsraum der Sedimente zu erhalten. Des Weiteren wurde dem Block eine Gesteinsprobe entnommen (Probe AK1), um im Dünnschliff die Erhaltung der Fossilien zu beschreiben.

2.3 Durchlichtmikroskopie - Mikrofaziesanalyse

Die insgesamt 24 orientiert entnommenen Gesteinsproben wurden im Labor vertikal zur Schichtung geschnitten um daraus anschließend Dünnschliffe anzufertigen. Die insgesamt 19 Schliffe wurden unter dem Binokular untersucht, um Aussagen über die Mikrofazies und Stratigraphie des Sedimentes bzw. der Amphiporen treffen zu können. Zur Beschreibung der Gesteinsschliffe wurde die Karbonatklassifikation nach Dunham (1962) mit Ergänzungen nach Embry & Klovan (1972) verwendet.

3. Ergebnisse

3.1 Geländearbeit - Profilbeschreibung Wodnertörl (WT)

Das Profil WT liegt rund 300 m östlich des Wodnertörls, genauer an der SW-Flanke des Gamskofels, auf rund 2070 m ü. A. Die Profilaufnahme erfolgte in einer Rinne, rund 50 m oberhalb der Grenze Schutthalde-Fels (Abb. 9, Abb. 10).

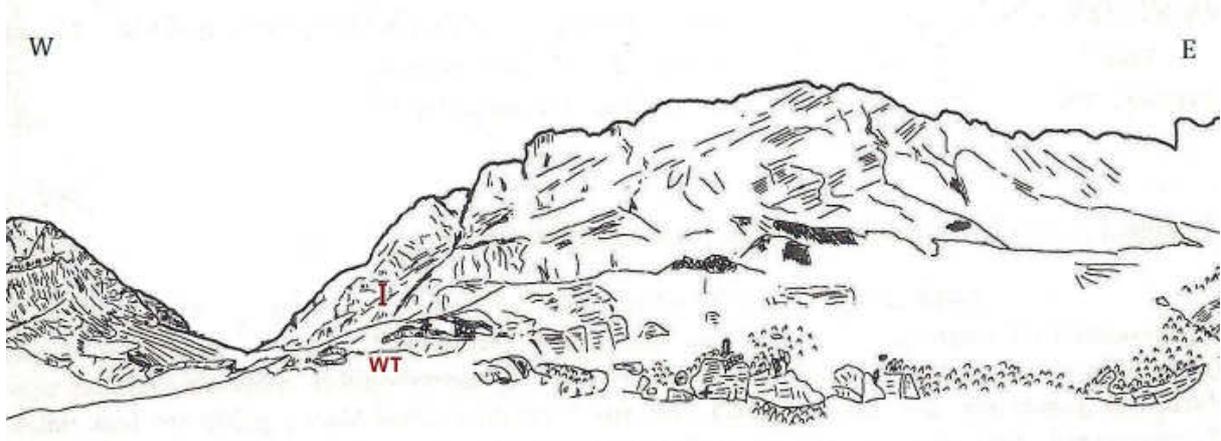


Abb. 9: Blick von der Kellerwand in Richtung Norden auf die S-Flanke des Gamskofel-Massivs, modifiziert nach Bandel (1972). Das Profil WT liegt im SW-Absturz des Gamskofels.



Abb. 10: Blick vom Wodnertörl Richtung Osten auf die SW-Flanke des Gamskofels.

Die Basis des rund 10,5 m mächtigen Profils wird von hellgrau anwitternden, massigen Kalken, die mit 287/30 nach WNW einfallen gebildet (Abb. 11). Diese rd. 80 cm mächtige Kalkbank wird von hellen, gelb anwitternden teils dolomitierten Kalken mit einer Mächtigkeit von rd. 30 cm überlagert. Im frischen Bruch weisen diese Gesteine allerdings auch eine graue Farbe auf. Zusätzlich ist eine deutliche Bankung im cm bis dm-Bereich zu erkennen. Im Hangenden folgt eine rd. 50 cm mächtige dunkelgraue, brüchige Kalkbank, welche teilweise oberflächlich auffallend stark zerlegt ist. Darüber folgen erneut rd. 1 m mächtige helle, gelbliche teils dolomitierte Kalke mit engstehender Bankung zwischen 10 und 30 cm (Probe WT1, WT2). Diese Abfolge ist nicht so stark zurückgewittert wie die darunter liegenden Schichten. Diese Gesteine werden



Abb. 11: Gesamte Abfolge der Profils WT.

bereits zuvor beschriebenen Abfolge, aus abwechselnd hellgrau und gelb verwitternden Kalken, überlagert.



Abb. 12: Ausgeprägte Lamination mit gewellter Schichtoberfläche.

Die hellgelben, teils dolomitierten Bereiche sind wesentlich enger gebankt als die grauen Kalkbänke. Im Anschluss daran folgt ein rund 1,35 m mächtiges, hellgraues Kalkpaket, welches im unteren Bereich etwas dunkler erscheint und teilweise stark zerlegt ist. Diese unterste Einheit der Abfolge wird von einer hellgrauen, massigen, rd. 40 cm mächtigen Bank überlagert, welche deutliche Lamination aufweist. Die einzelnen Laminae sind im angewitterten Zustand gut zu erkennen. Ihre Oberfläche ist leicht gewellt und der Farbton geht nach oben hin ins gelbliche über (Abb. 12). Am Übergang zur nächsten Bank ist eine wellige Schichtoberfläche zu erkennen. Darüber folgen rd. 75 cm hellgrau angewitterte Kalke, im cm bis dm-Bereich gebankt, in welchen makroskopisch Amphiporen erkennbar sind (Probe WT5).

Im frischen Bruch zeigt diese Lithologie einen dunkelgrauen, fast schwarzen Farbton und wird als Amphiporenkalk angesprochen. Überlagert wird diese Abfolge erneut von rd. 40 cm mächtigen hellgelb verwitternden, teils stärker dolomitisierten Kalken (Probe WT4), die sich beim Anschlag mit dem Geologenhammer als sehr kompakt herausstellten. Darüber befinden sich rd. 80 cm mächtige, dunkelgrau verwitternde und massige Kalke, die auffallend stark dolomitisiert und weitständig gebankt sind (Abb. 13). Diese Abfolge ist oberflächlich teils stark zerlegt und von Kalzitadern durchzogen. In Teilbereichen dieser Bank ist erneut Lamination zu erkennen (Probe WT3). Die gesamte Schichtfolge lässt sich lateral im Gelände verfolgen und durchzieht das W-E verlaufende Gamskofel-Massiv Richtung Osten. Im Säulenprofil (Abb. 14) sind die zyklischen Gesteins-abfolgen dargestellt und die Orte der Probenentnahme markiert.



Abb. 13: Wechsellagerung von hellgrau und gelblich angewitterten, gebankten, teils dolomitisierten Kalken.

Profil Wodnertörl

Höhe: 2070 m ü. A.

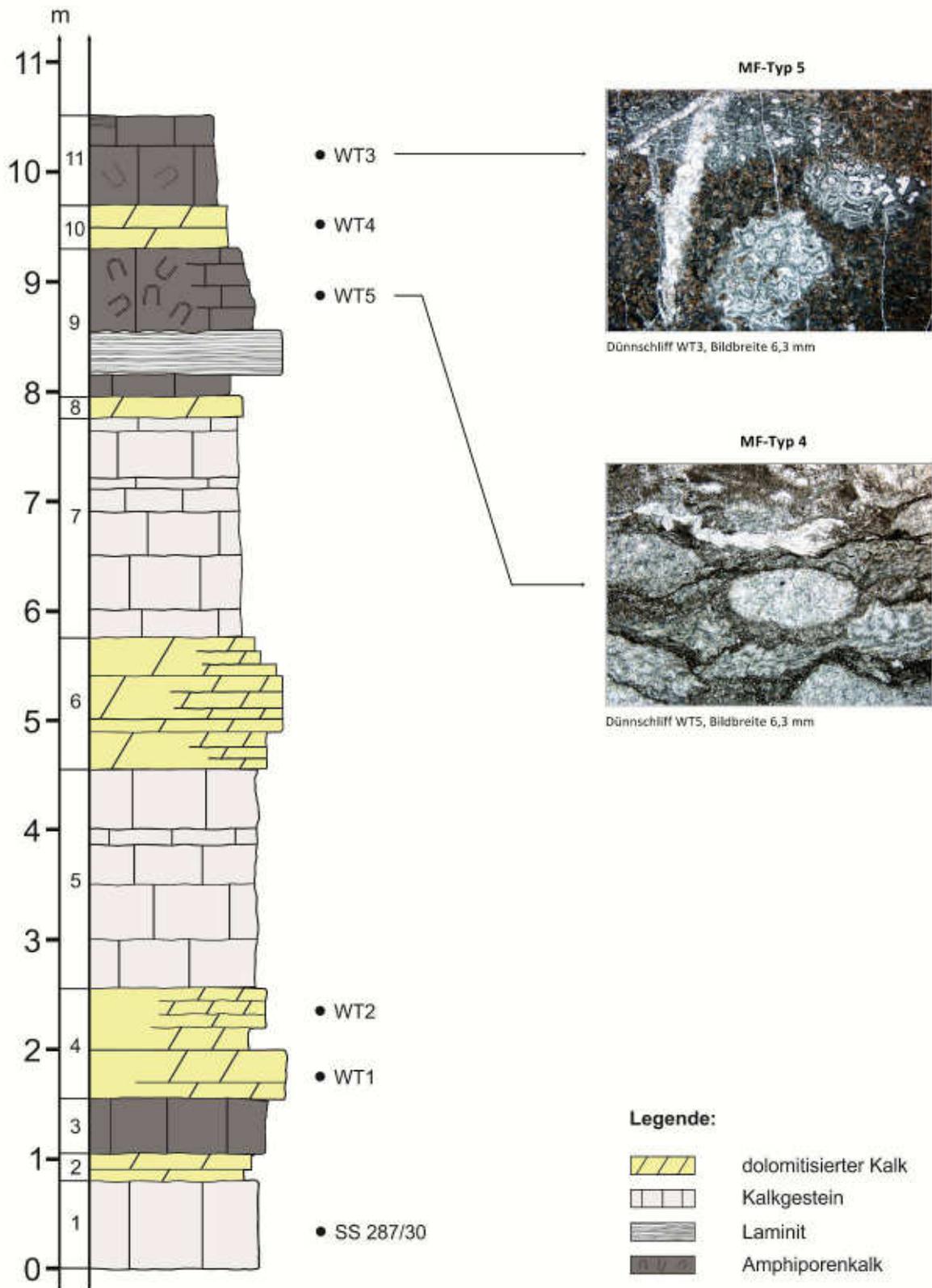


Abb. 14: Säulenprofil Wodnertörl

3.2. Geländearbeit - Profilbeschreibung Polinik (POL A)

Das Profil POL A liegt am Gipfelgrat des Poliniks (Abb. 15, Abb. 16), rund 10 m nördlich des Gipfelkreuzes, auf 2314 m ü. A.

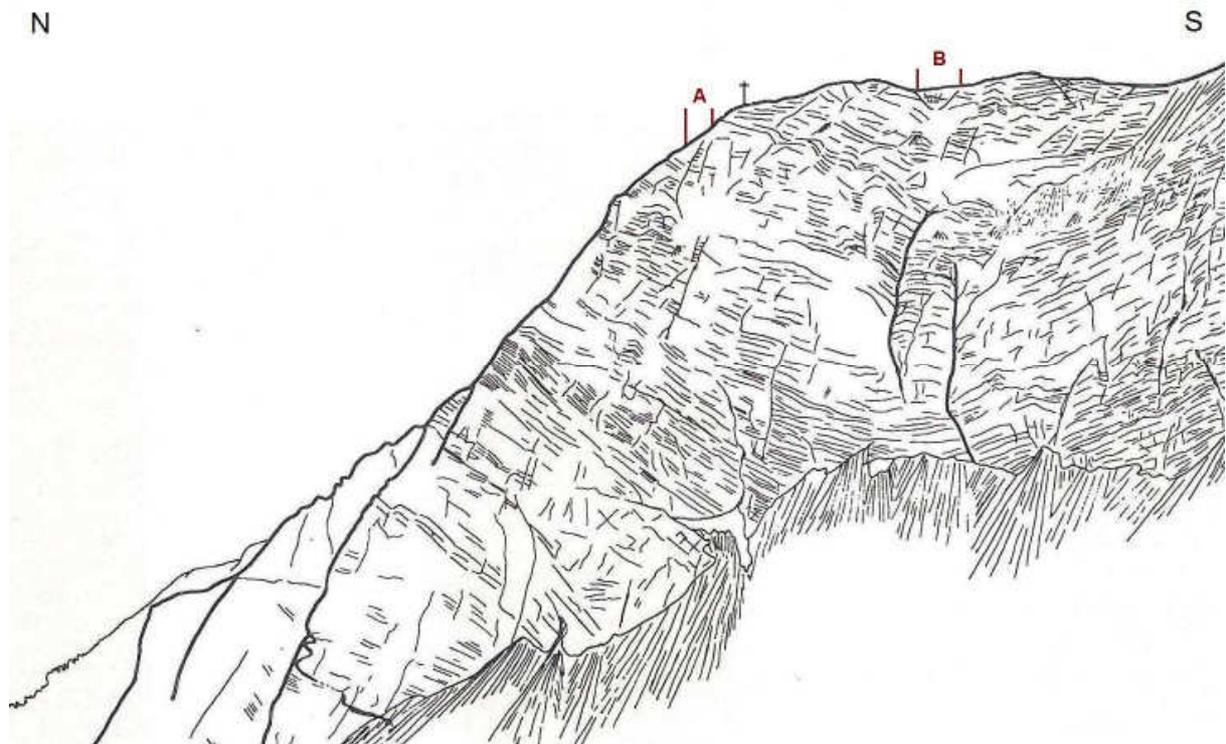


Abb. 15: Blick vom Polinik-Kar nach SE auf den N-Absturz des Poliniks, modifiziert nach Bandel (1972). Das Profil POL A wurde nördlich, das Profil POL B südlich des Gipfelkreuzes am Gipfelgrat des Polinik aufgenommen.



Abb. 16: Blick vom Westgrat des Poliniks Richtung Südwesten auf den Gipfelgrat.

Die Abfolge des rund 2 m mächtigen Profils POL A (Abb. 17) beginnt an der Basis mit hellen, dolomitisierten und teils laminierten Kalken mit einer Mächtigkeit von 50 cm, die mit 150/40 nach SE einfallen (Abb. 18L, Probe POL1). Darüber folgen rd. 25 cm mächtige, hellgrau angewitterte Kalke, welche im frischen Bruch eine dunkelgraue Farbe zeigen (Probe POL2). Überlagert wird diese Abfolge von einem rd. 20 cm mächtigen dunkelgrauen und massigen Amphiporenkalk, welcher im Säuretest stark braust (Probe POL3). Anschließend folgt ein rd. 25 cm mächtiger dunkelgrau angewitterter Kalk, der im cm-Bereich gebankt ist. Im Übergangsbereich zur nächsten Schicht ist eine ausgeprägte Lamination zu erkennen (Abb. 18R). Überlagert wird der dunkelgraue Kalk von einer weitständig gebankten, hellgrauen Abfolge kalkigen Dolomits (Probe POL4). Dieser ist oberflächlich sehr brüchig und weist eine Mächtigkeit von rd. 70 cm auf.



Abb. 17: Gesamte Abfolge des Profils POL A.

Abschließend folgt eine rd. 30 cm mächtige, dunkelgrau angewitterte Kalkbank, welche als Laminit angesprochen wird. Die einzelnen Laminae sind engständig, ihre Oberfläche leicht gewellt und im angewitterten Zustand deutlich zu erkennen. Die zyklische Abfolge der Sedimente ist im Säulenprofil (Abb. 19) dargestellt.



Abb. 18: Links: Laminiertes und dolomitisierter Kalk mit mikritischen Einlagerungen. Rechts: Wechsel zwischen dunklem Kalk und hellem kalkigen Dolomit. Im Übergangsbereich zwischen den Schichten ist ausgeprägte Lamination zu erkennen.

Profil Polinik A

Höhe: 2314 m ü. A.

~ 10m nördlich vom Gipfelkreuz

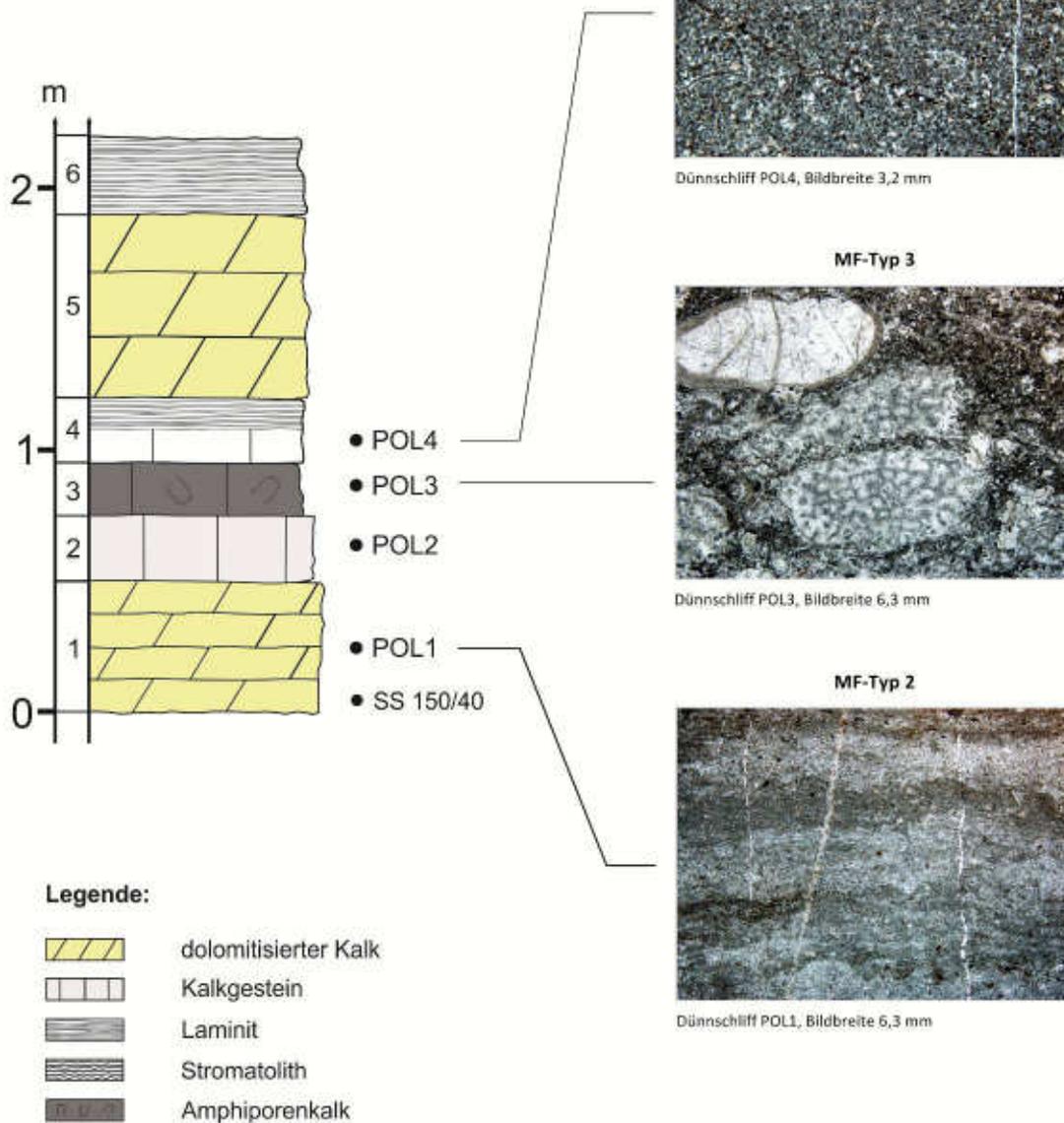


Abb. 19: Säulenprofil POL A

Rund 2 m nach dem aufgenommenen Profil POL A sind am Gipfelgrat in Richtung Süden erneut Laminite aufgeschlossen (Probe POL5, POL6). Weiter entlang des N-S verlaufenden Grates, rund 2 m südlich des Gipfelkreuzes ist eine rund 3 m mächtige Abfolge von Gesteinen aufgeschlossen, die optisch der Lithologie am Gamskofel sehr ähnelt. Diese Schichtfolge stellt eine Wechsellagerung von hellgrau und gelb angewitterten, im cm- bis dm-Bereich gebankten Kalken dar. Über den Salzsäuretest konnte unterschiedlich starke Dolomitisierung der Gesteine festgestellt werden. Wesentliche Unterschiede zu den Abfolgen am Gamskofel sind an der Verwitterungsfarbe und der Mächtigkeit der einzelnen Schichten erkennbar.



Abb. 20: Typischer Laminit vom Polinik.

Darüber folgen rund 50 cm mächtige, dunkelgraue Laminite mit unregelmäßig ausgeprägter und welliger Oberfläche der Laminae (Abb. 20). Die einzelnen Laminae sind im angewitterten Zustand deutlich zu erkennen und variieren in ihrer Dicke von 1 bis 3 mm (Probe POL7). Dem Gipfelgrat in Richtung Süden folgend, sind in einer Wechsellagerung dunkle Kalkbänke und Laminite



Abb. 21: Angewitterte Schichtoberfläche mit Amphiporen.

aufgeschlossen. Rund 20 m südlich des Gipfelkreuzes sind auf einer angewitterten Schichtoberfläche (Abb. 21) makroskopisch Amphiporen zu erkennen (Probe POL8). Wiederum dem Gipfelgrat folgend ist eine monomikte Brekzie aufgeschlossen. Die Klaster sind schlecht gerundet mit Größen zwischen 1 und 30 cm.

3.3 Geländearbeit - Profilbeschreibung Polinik (POL B)

Das aufgenommene Profil POL B befindet sich ebenfalls am Gipfelgrat des Poliniks (Abb. 22), rund 50 m südlich des Gipfelkreuzes, auf 2330 m ü. A.



Abb. 22: Gesamte Abfolge des Profils POL B.

Die Basis des rund 4 m mächtigen Profils POL B bilden hellgrau angewitterte, mikritische Kalke, die im frischen Bruch eine dunkelgraue Farbe aufweisen. Über den Salzsäuretest konnte eine leichte Dolomitisierung des Gesteins festgestellt werden. Die rund 1 m mächtige Schicht ist zudem im dm-Bereich gebankt und weist im oberen Abschnitt eine undeutliche Lamination auf. Darüber folgt eine rd. 10 cm mächtige, dunkelgrau verwitternde Kalkbank (Probe POL9). Überlagert werden diese Kalke von einer stark fossilführenden Bank mit einer Mächtigkeit von rd. 25 cm. Diese weist im frischen Bruch ebenfalls eine dunkelgraue Gesteinsfarbe auf und wird als Amphiporenkalk angesprochen (Probe POL10a, POL10b). Anschließend folgt ein rd. 70 cm mächtiger Kalklaminit, welcher hellgrau anwittert und im Anschlag eine ähnlich dunkelgraue Farbe zeigt wie die zuvor beschriebenen Schichten. Darüber liegen rd. 45 cm mächtiger Amphiporenkalk, der im frischen Bruch eine annähernd schwarze Farbe zeigt (Probe POL11a, POL11b) und in dem makroskopisch viele Amphiporen erkennbar sind (Abb. 23).

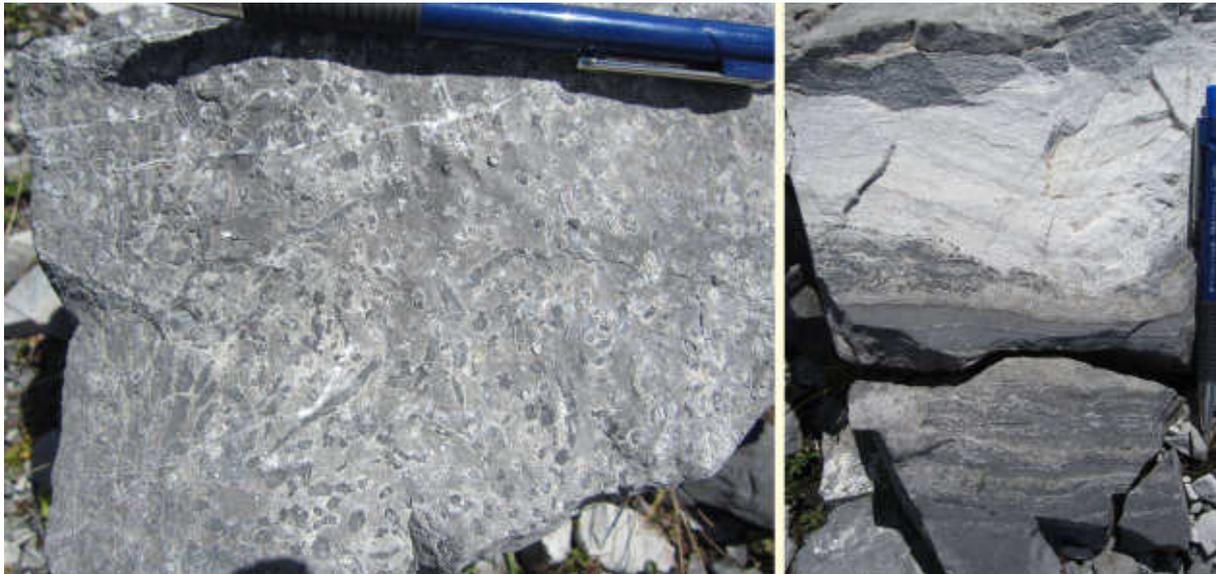


Abb. 24: Angewitterte Gesteinsoberfläche mit Amphiporen, Probe POL11b.

Abb. 23: Stromatolithen

Der Übergang zur darüber liegenden Bank ist durch eine auffällig wellige Schichtoberfläche gekennzeichnet. Anschließend folgt eine 25 cm mächtige Bank, die als Stromatolith angesprochen wird (Probe POL12). Die einzelnen Laminae sind deutlich erkennbar und zeigen einen markanten Farbwechsel von dunkelgrau zu hellgrau (Abb. 24). Abschließend folgen rund 1,2 m mächtige, hellgraue Kalklaminite mit einer teilweise gewellten Ausprägung der einzelnen Laminae. Der markante Wechsel zwischen dunklen, teils schwarzen Amphiporenkalken und hellen laminierten Kalken ist im Säulenprofil POL B (Abb. 26) darstellt.

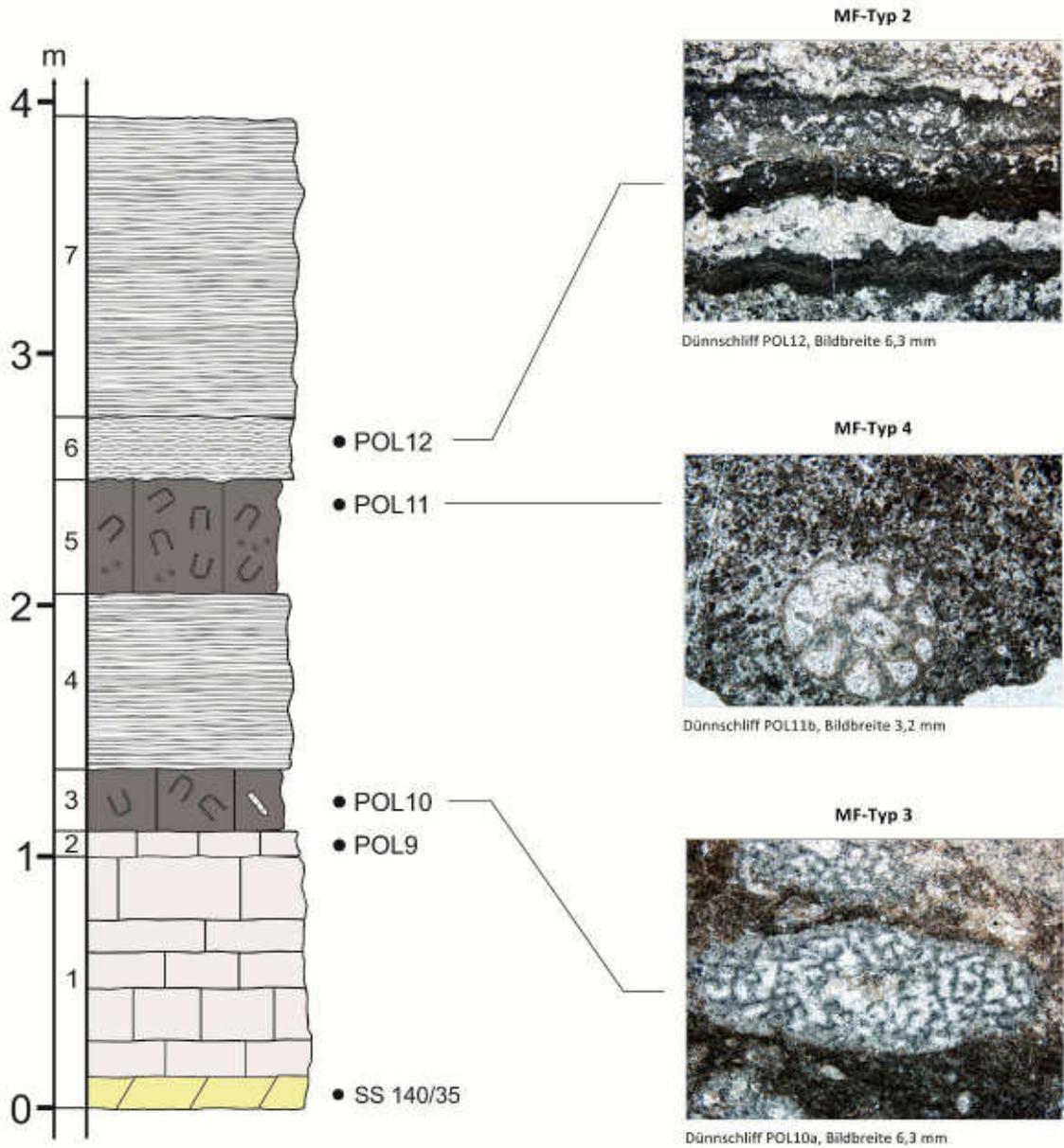
Südlich des Profils POL B sind am Gipfelplateau stark verwitterte Amphiporenkalke aufgeschlossen (Probe POL 13a, POL13b, POL14). Rund 300 m entfernt, am Westgrat des Polinik sind zudem dünnästige Formen von Amphiporen auf den angewitterten Gesteinsoberflächen zu erkennen (Abb. 25, Probe POL 15).



Abb. 25: Angewitterte Gesteinsoberfläche mit dünnästigen Amphiporen.

Profil Polinik B

Höhe: 2330 m ü. A.
südlich vom Gipfelkreuz



Legende:

-  dolomitierter Kalk
-  Kalkgestein
-  Laminit
-  Stromatolith
-  Amphiporenkalk
-  Foraminiferen

Abb. 26: Säulenprofil POL B

3.4. „Amphiporenkalkblock“

Die Größe des Gesteinsblockes beträgt rund 115 x 80 x 55 cm (L x B x H), das Gewicht rund 650 kg (Abb. 27). Das Gestein ist hellgrau angewittert, weist im frischen Bruch aber eine dunkelgraue, fast schwarze Farbe auf. Die Amphiporen schwimmen in einer hellgrauen Matrix aus verfestigtem Kalkschlamm, die stellenweise leicht dolomitisiert sein könnte. Die vorwiegend horizontale Verteilung der Organismen im Block schließt eine Sedimentation in Lebensstellung aus. Die Coenostea der Amphiporen ist teilweise herausgewittert und gezackt ausgebildet. Hauptsächlich fehlt den Individuen die umhüllende Membran der Coenostea, beziehungsweise ist nicht mehr erhalten. Die Amphiporen erreichen eine Länge bis max. 5 cm, einen Durchmesser bis max. 1 cm und deren Äste sind größtenteils als Ganzes erhalten. Diese Größe und Morphologie unterscheiden die Art der Amphiporen im Block deutlich von jenen, die im anstehenden Gestein am Polinik beobachtet wurden.



Abb. 27: Amphiporenkalkblock - ausgestellt im Geopark Karnische Alpen, Dellach im Gailtal.

Bei den Amphiporen im Block handelt es sich somit um eine eigene Art. Bei der Betrachtung des gesamten Blockes sind eindeutig mehrerer Horizonte von Amphiporen im Wechsel mit verfestigtem Kalkschlamm zu erkennen, die annähernd parallel zueinander ausgebildet sind. Dabei ist das Auftreten der Amphiporen so häufig, das sie als gesteinsbildend bezeichnet werden. Im unteren Bereich des Blockes erreicht eine Amphiporen-Lage eine Mächtigkeit von rund 30 cm. Alle weiteren Lagen sind geringmächtiger, bis max. 10 cm, ausgebildet. Das bedeutet, das ursprüngliche Sediment wurde parallel zu diesen Lagen abgelagert. Es kann allerdings nicht festgestellt werden, wo sich zur Zeit der Sedimentation „stratigraphisch oben“ befand. Die Anordnung der in cm bis dm mächtigen Lagen auftretender Amphiporen-Äste ist fast ausschließlich horizontal, gelegentlich mit einer bevorzugten Längs- bzw. Querorientierung, überwiegend aber eher chaotisch. Das bedeutet, die Amphiporen wurden in situ abgelagert und mit Kalkschlamm sedimentiert. Jene Areale mit bevorzugter Einregelung wurden vermutlich von

der Strömung sortiert und ausgerichtet. Gegen einen Transport der Sedimente spricht auch die zumeist vollständige Erhaltung der einzelnen Individuen. Nur sehr vereinzelt sind Bruchstücke von Amphiporen zu erkennen.

Bei genauer Betrachtung der Amphiporen fällt die grobe Korngröße des Kalzit-Zements auf, welcher die ursprünglichen Skelette der Organismen repräsentiert und teilweise Hohlräume ausfüllt. Das Gestein wurde vermutlich stark diagenetisch überprägt. Neben der Ausfüllung mit Kalzit-Zement können die feinen Kanäle der Amphiporen auch vorwiegend mit Kalkschlamm aufgefüllt sein (Abb. 28).



Abb. 28: Detailaufnahme der Amphiporen im Kalkblock.

Makroskopisch konnten keine weiteren Fossilien im Amphiporenkalkblock erkannt werden. Bezüglich weiterer Sedimentstrukturen im Gesteinsblock wurden nur kleinere Bereiche mit etwas grobkörnigerem Kalkschlamm beobachtet.

3.5. Im Dünnschliff

Nachfolgend werden 4 Mikrofazies-Typen (MF-Typen) beschrieben, welche aus der Analyse von insgesamt 19 Dünnschliffen resultieren. Dem Anhang ist zusätzlich eine Übersicht aller Dünnschliffe mit den jeweils kennzeichnenden Merkmalen beigelegt (Tab. 1). Organismen, die wesentlich zum Gesteinsaufbau beitragen, wurden „confer“ bestimmt und im Anschluss an die Mikrofazies Beschreibung detailliert abgebildet (Abb. 33, Abb. 34, Abb. 35).

3.5.1 MF-Typ 1: Ostrakoden Wacke- bis Packstone (Abb. 29)

Dünnschliff: POL6

Das Gefüge ist deutlich geschichtet und wechselt zwischen unterschiedlich dicht gepackten Lagen mit Ostrakoden. Dabei werden die dichtgepackten Lagen als Packstone, die weniger dicht gepackten als Wackestone bezeichnet. Die Einregelung der Komponenten verläuft parallel zur Schichtung, welche teils unregelmäßig wellig ausgeprägt ist. Die Hauptkomponenten sind Ostrakoden und Peloiden, die gelegentlich zu Aggregatkörnern verbunden sind. Die Matrix besteht vorwiegend aus Mikrit und untergeordnet Peloiden. Bei den Biogenen handelt es sich ausschließlich um Ostrakoden, als Bioklaste treten hauptsächlich Klappenreste derselben auf. Auffällig ist die häufige doppelklappige Erhaltung der Ostracoden, welche auf einen geringen Transport der Sedimente hindeutet. Hohlräume in und zwischen den Biogenen sind mit Sparit ausgefüllt. Vermutlich entspricht der biogene Anteil dem primären Ablagerungszustand und ist zudem noch lagenweise angereichert. Eine konvexe oder konkave Anordnung der Ostrakodenklappen hält sich dabei ungefähr die Waage. Aufgrund des hohen Mikritanteiles und des eingeschränkten Organismenspektrums sind die Bildungsbedingungen als vorwiegend niederenergetisch und restrikt einzustufen. Als Bildungsmilieu ist daher ein flacher - intertidaler Ablagerungsraum anzunehmen.

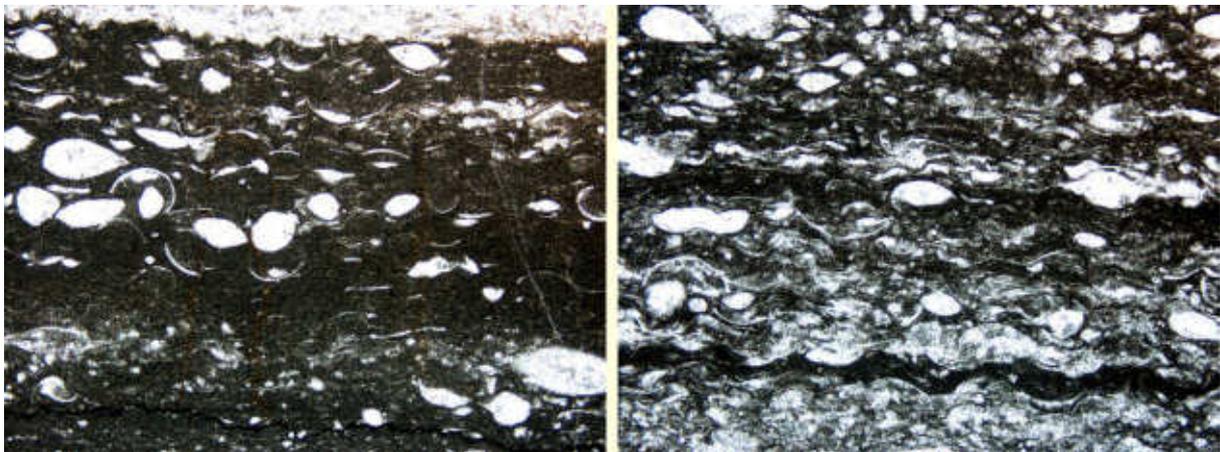


Abb. 29: LINKS: Ostrakoden Wackestone mit primär mikritischer Matrix; RECHTS: Ostrakoden Wackestone bis Packstone, Wechsel zwischen mehr und weniger dicht gepackten Lagen, teils Komponenten gestütztes Gefüge welches als Packstone bezeichnet wird, Schnittlage parallel zur Schichtung, Komponenten parallel zur Schichtung eingeregelt, auffällig viele Ostrakoden doppelklappig erhalten, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL6, Polinik.

3.5.2 MF-Typ 2: Bindstone - Stromatolith (Abb. 30)

Dünnschliffe: POL1, POL7, POL12

Das Gefüge ist geprägt von deutlicher Lamination aus Cyanobakterienkrusten mit unregelmäßig welligen Oberflächen. Ostrakoden und Foraminiferen bilden die häufigsten Biogene. Bei den auftretenden Bioklasten handelt es sich hauptsächlich um Ostrakodenklappen. Daneben sind Pelloide, teilweise Aggregatkörnern und untergeordnet Intraklaste die häufigsten Komponenten. Die Matrix ist inhomogen und enthält neben homogenen Bereichen von Mikrit auch undeutliche peloidale Lagen und dolomitische Anteile. Teilweise sind auch zwischen den einzelnen Laminae kleine Dolomit-Rhomboeder zu erkennen. Vereinzelt treten auch laminare Hohlräume auf, welche mit Sparit aufgefüllt sind. Stromatolithen sind typische Indikatoren für den höheren Gezeitenbereich (inter- supratidal), wodurch das Bildungsmilieu einen sehr flachen Ablagerungsraum dargestellt haben muss.

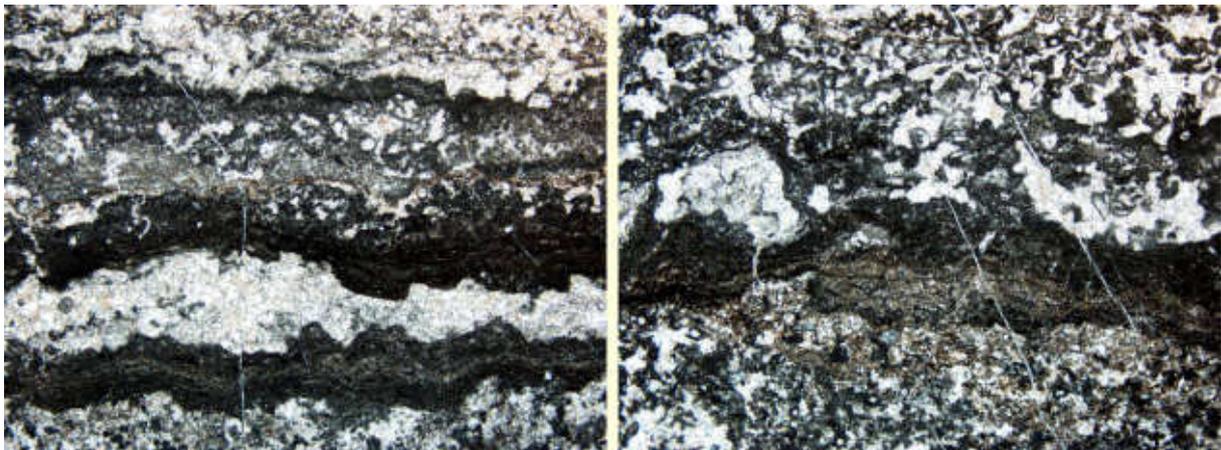


Abb. 30: LINKS & RECHTS: Stromatolithen mit Cyanobakterienkrusten, wellige Oberfläche der einzelnen Laminae deutlich erkennbar, dazwischen Lagen von Mikrit und Sparit, teilweise auch Dolomit, ehemalige Hohlräume mit Sparit aufgefüllt, Bildbreite 6.3 mm, Schliff POL12, Polinik.

3.5.3 MF-Typ 3: Amphiporen Float- bis Rudstone (Abb. 31)

Dünnschliffe: POL3, POL10a, POL10b, POL11a, POL13b, POL14, POL15, WT5, AK1

Unter dem Aspekt der Größe und der Kontaktbezeichnung der Komponenten handelt es sich um einen Float- bis Rudstone, untergeordnet auch um ein Packstone Gefüge. Nur vereinzelt ist eine Schichtung und eine Einregelung von Biogenen zu beobachten. Das Makrofossilspektrum besteht vor allem aus Amphiporen, das Mikrofossilspektrum aus parathuramminiden Foraminiferen und Ostrakoden. Die häufigsten Bioklaste sind unterschiedlich große Amphiporen- und vermutlich Brachiopodenreste. Mikritische Komponenten in der Matrix sind vorwiegend Pelloide und

Foraminiferen, untergeordnet Intraklaste und Aggregatkörner. Das Gefüge der Grundmasse ist bei Amphiporen-Floatstones meist ein Foraminiferen-Peloid Grain- bis Packstone und bei Amphiporen-Rudstones ein Foraminiferen-Peloid Grain- bis Wackestone. Hohlräume sind zudem mit Zement ausgefüllt. Aufgrund der mäßigen Einregelung der Komponenten und der zumeist vollständigen Erhaltung der Amphiporen sind die Bildungsbedingungen als flach subtidal und niederenergetisch (=lagunär) einzustufen.

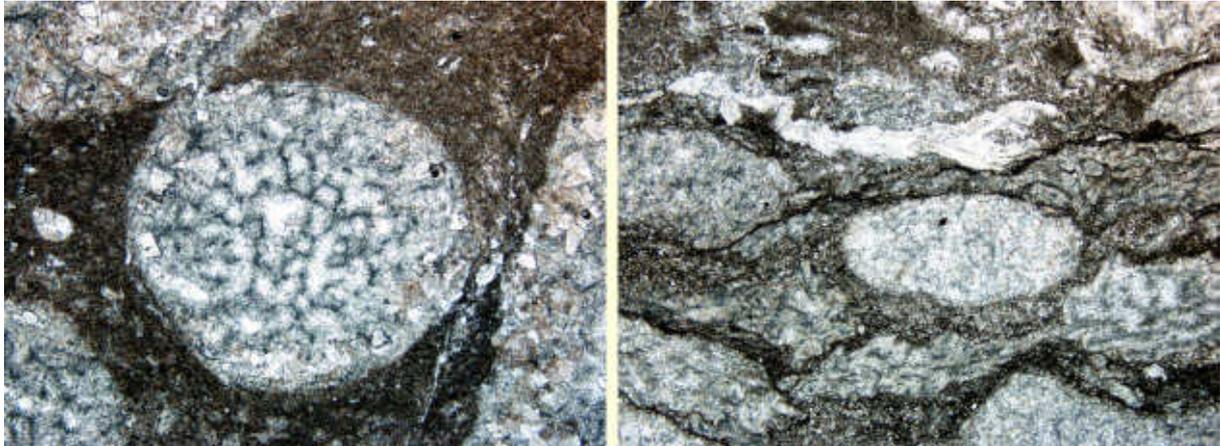


Abb. 31: LINKS: Amphiporen-Floatstone vom Polinik, Vergrößerung von *Amphipora* im Querschnitt, deutlich ist der Zentralkanal zu erkennen, die ursprünglichen Äste sind mit feinem Kalzit-Zement ausgefüllt, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL10a, Polinik; RECHTS: Amphiporen Rudstone des Gamskofels, stark diagenetisch überprägt, Amphiporen Fragmente ausgelängt und eingeregelt, Bildbreite 6,3 mm, Schliff WT5, Gamskofel.

3.5.4 MF-Typ 4: peloidaler Grain- bis Packstone (Abb. 32)

Dünnschliffe: POL4, POL8, POL9, POL11b, POL13a, WT3

Die Gesteine dieser Fazies sind typischerweise arm an Makrofossilien. Grundsätzlich können Amphiporen zwar auftreten, Mikrofossilien planktonischer Foraminiferen sind jedoch die häufigsten, manchmal auch die einzigen Biogene. Als Bioklaste sind untergeordnet Schalenbruchstücke von Brachiopoden, fragmentierte Amphiporen und Ostrakoden zu finden. Das Gefüge ist teilweise geschichtet und zeigt in einzelnen Bereichen durch Bioturbation verursachte Inhomogenitäten auf. Die Hauptkomponenten sind Foraminiferen und Peloiden, die gelegentlich zu Aggregatkörnern verbunden sind. Das Gefüge der Matrix ist meist als peloidaler Grain- Packstone mit Foraminiferen zu beschreiben, beim Auftreten von Mikrit auch als peloidaler Wacke- Packstone. Die Matrix besteht vorwiegend aus Zement, Peloiden und Foraminiferen. In den Schliffen POL9 und WT3 ist zudem noch starke Dolomitisierung zu erkennen. Das typisch ausgewaschene Gefüge des Grainstones deutet auf ein höher

energetisches Milieu hin, wodurch der Ablagerungsraum somit der intertidalen Zone zugeordnet wird.

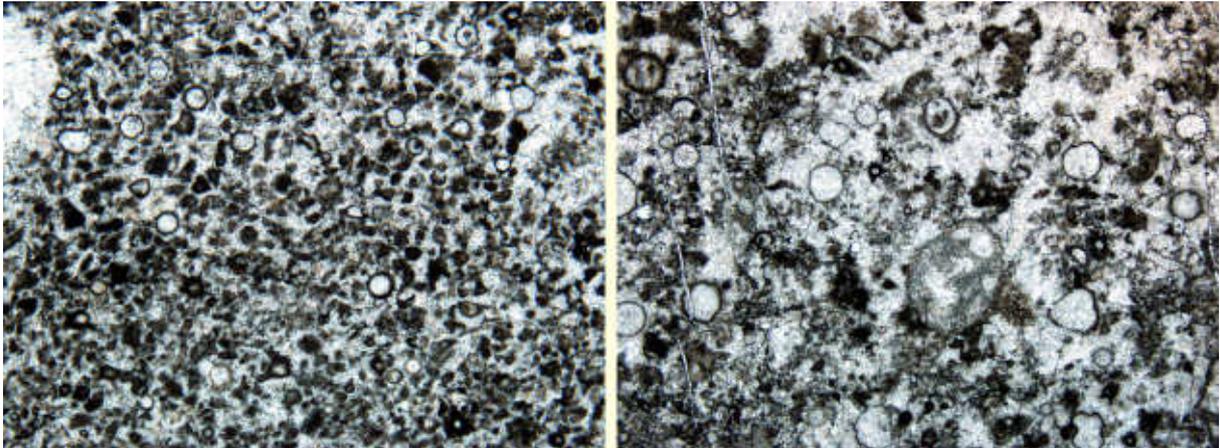


Abb. 32: LINKS: peloidaler Grain- Packstone mit Foraminiferen, die Matrix besteht aus Zement, Peloiden, Foraminiferen und untergeordnet Intraklasten, Bildbreite 3,2 mm, Schliff POL11b, Polinik; RECHTS: Grain- Packstone mit teils dicht gepackten Foraminiferen, Amphiporen-Fragment schwimmt in Matrix aus Zement und teilweise Mikrit, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL13a, Polinik.

3.5.5 Foraminiferen

In den Dünnschliffen POL11a, POL11b, POL13a und POL13b sind viele planktonische Foraminiferen zu erkennen. Es handelt sich um einkammerige, runde und teils stachelige (parathuramminide) Formen mit rund 0,1-0,5 mm Durchmesser. Herr Dr. Daniel Vachard von der Universität Lillé in Frankreich bestimmte „confer“ folgende Gattungen: *Parathuramina*, *Parathuramminites*, *Salpingothuramina*, *Cushmanella* und *Uralinella* (Abb. 33). Diese Formen treten sehr häufig im Givetium und Frasnium des Devons auf.

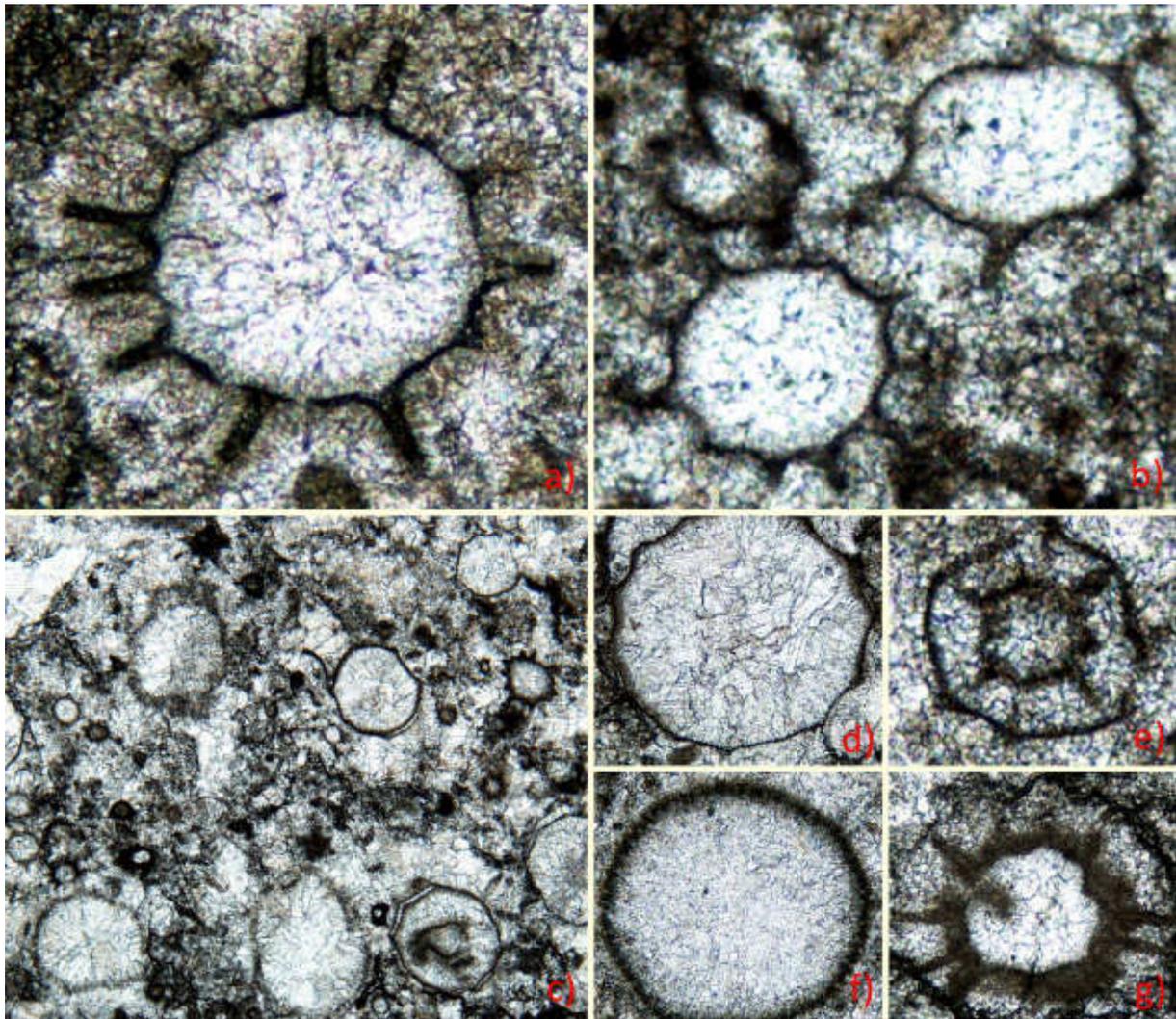


Abb. 33: a) Bildbreite 0,3 mm, Schliff POL11b, Polinik; b) Bildbreite 0,16 mm, Schliff POL11a, Polinik; c) Bildbreite 3,2 mm, Schliff POL13b, Polinik; d) Bildbreite 0,52 mm, Schliff POL13a, Polinik; e) Bildbreite 0,16 mm, Schliff POL13a, Polinik; f) Bildbreite 0,55 mm, Schliff POL13a, Polinik; g) Bildbreite 0,40 mm, Schliff POL13b, Polinik.

3.5.6 Amphiporen

Laut Dünnschliffanalyse konnten in den Lithologien der Arbeitsgebiete mindestens 4 Arten von *Amphipora* nachgewiesen werden. Herr DrSc. Jindrich Hladil vom Institut der Geologie AS, Tschechische Republik, beurteilte anhand von Dünnschliffbildern die Amphiporen und bestimmte „confer“ die abgebildeten Arten (Abb. 34, Abb. 35).

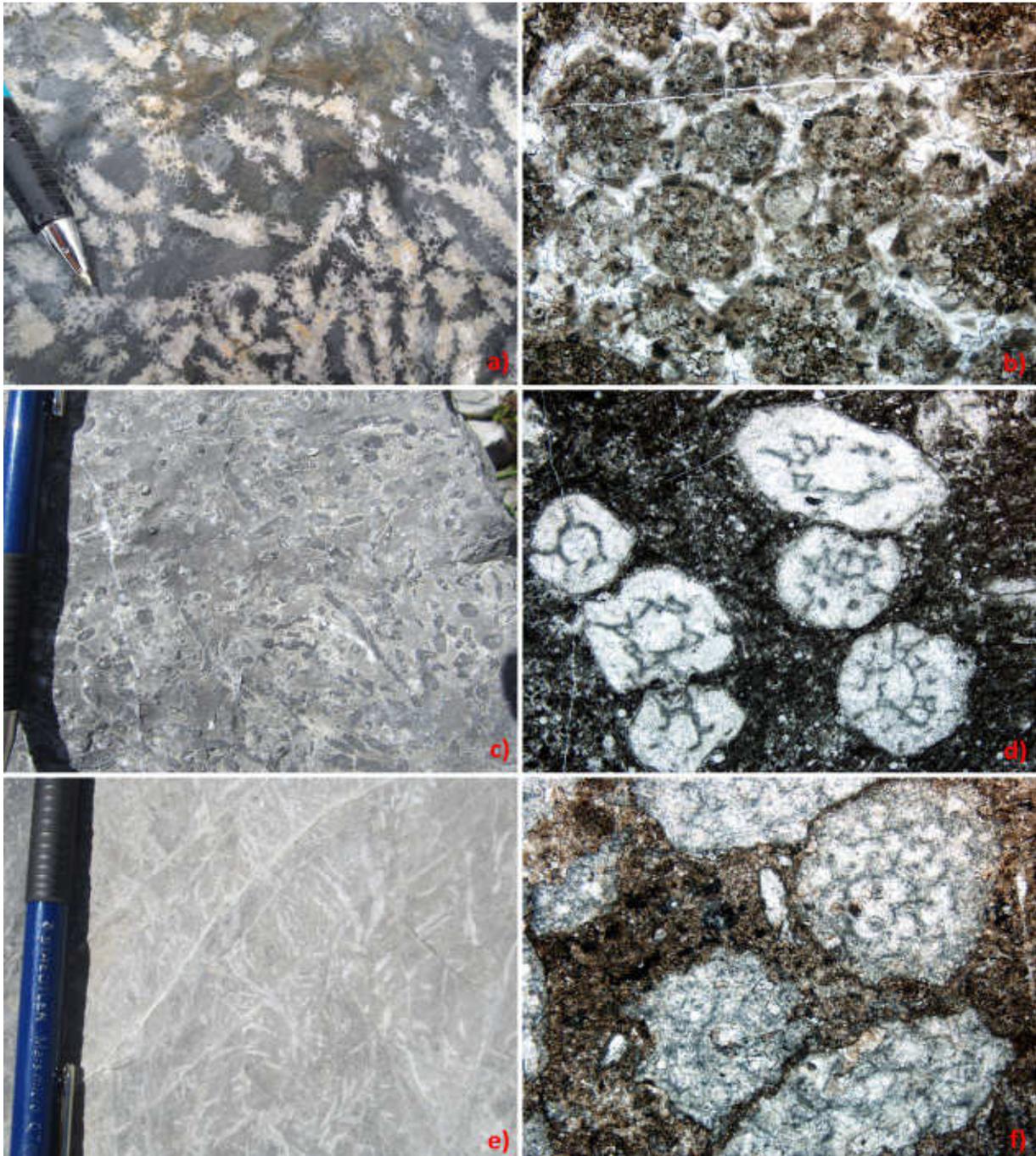


Abb. 34: a) „Amphiporenkalkblock“ makroskopisch, Bildbreite ca. 15 cm, Geopark Karnische Alpen; b) Dünnschliffbild aus dem Block: Querschnitt einer tabulaten Koralle *Striatopora* cf., die ursprünglich als *Amphipora* gedeutet wurde, Bildbreite 6,3 mm, Schliff AK1, Kalkblock; c) Amphiporenkalk des Polinks im Handstück, Bildbreite ca. 10 cm, Probe POL11b, Polinik; d) *Amphipora* cf. *laxeperforata* im Querschnitt, frühes Wachstumsstadium, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL11b, Polinik; e) Amphiporenkalk des Polinks im Handstück, Bildbreite ca. 10 cm, Probe POL15, Polinik; f) *Amphipora* cf. *angusta* im Querschnitt, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL15, Polinik.

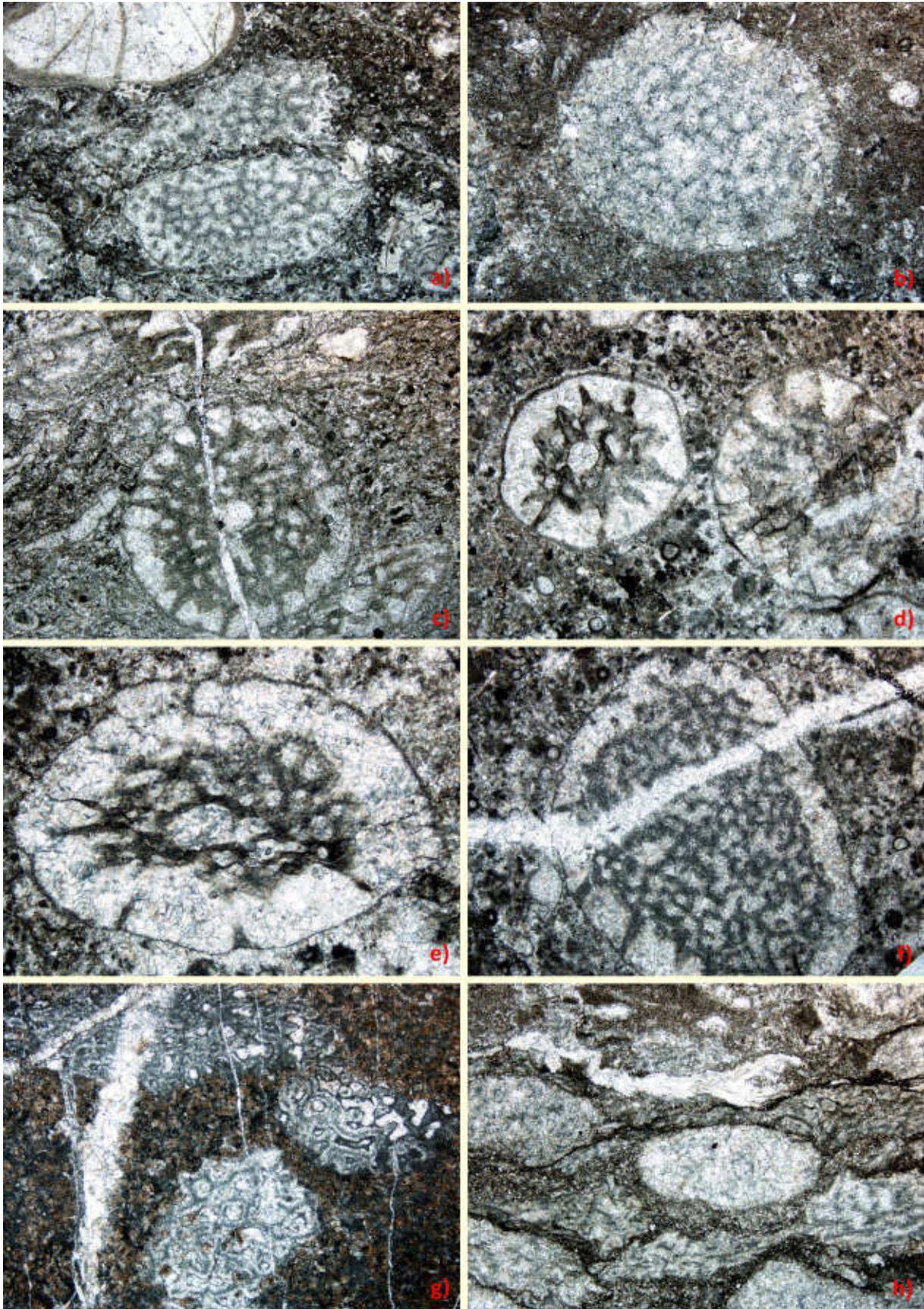


Abb. 35: *Amphipora* im Querschnitt: a) *Amphipora* cf. *angusta* und tabulate Koralle (links oben), Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL15, Polinik; b) *Amphipora* cf. *angusta*, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL10a, Polinik; c) *Amphipora* cf. *rudis*, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL13a, Polinik; d) *Amphipora* cf. *pervesiculata*, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL14, Polinik; e) *Amphipora* cf. *pervesiculata*, Bildbreite 4 mm, Schliff POL14, Polinik; f) *Amphipora* cf. *angusta?* oder cf. *rudis?*, Bildbreite 6,3 mm, Schliff POL14, Polinik; g) *Amphipora* cf. *angusta*, Bildbreite 6,3 mm, Schliff WT3, Gamskofel; h) *Amphipora* cf. *angusta*, Bildbreite 6,3 mm, Schliff WT5, Gamskofel.

7. Interpretation

Nachfolgend wird versucht, an Hand der Faziesanalyse und der stratigraphischen Daten eine mögliche Rekonstruktion des Ablagerungsraumes durchzuführen und diesem die bestimmten Faziestypen zuzuordnen (Abb. 36).

Die Lithologie des Gamskofel-Kalks im Profil besteht aus gebankten, hellgrauen Kalk, seltener Dolomit, im Wechsel mit Laminit und Amphiporenkalk.

Die vorherrschenden Gesteine der Profile am Polinik sind hell- bis dunkelgraue, teils dolomitisierte Laminite in Wechsellagerung mit dunkelgrauen, teils schwarzen, meist Amphiporen führenden Kalken. Die genannten Abfolgen sind in Flachwasserfazies entstanden und zudem optisch im Gelände sehr ähnlich. Laut Dünnschliffanalyse sind aber die Kalke vom Polinik deutlich besser erhalten.

Die Amphiporenkalke (MF3) und Laminite (MF1, MF2, MF4) von Polinik und Gamskofel ermöglichen folgende Rekonstruktion des Ablagerungsraumes: Das Ablagerungsmilieu stellt eine Lagune dar, welche durch eine Barriere (Untiefe, Insel, Sandbank) vom offenen Meer getrennt ist. Die Strömungen sind minimal und Teile der Lagune liegen trocken und werden nur periodisch überflutet. Es handelt sich dabei um eine lagunäre Entwicklung die den intertidalen bis subtidalen Bereich betrifft.

Dolomitische Laminite und der Nachweis von Steinsalzpseudomorphosen durch Bandel (1972) an der Hohen Warte geben mögliche Hinweise auf leicht erhöhte Salinität des Wassers. Einen passenden Lebensraum in diesem restrikten Milieu finden nur Amphiporen, Ostrakoden und bestimmte Mikroorganismen wie Foraminiferen. Amphiporen verfolgen eine typische r-Strategie und treten normalerweise in Form dichter, artenreicher Rasen auf (Stearn 1997). Der dichte Wuchs der Amphiporen verdrängt den Lebensraum anderer Organismen und ist ein weiteres Indiz für eine verarmte, die Amphiporen umgebende Fauna. Flügel (2004) beschreibt zudem einen kompetitiven Vorteil von *Amphipora* in der Toleranz gegenüber einem sauerstoffarmen Bodenwasser.

In den Gesteinen vom Polinik (MF-Typ4) treten besonders viele parathuramminide Foraminiferen auf. In dieser Fazies tragen die Foraminiferen wesentlich zum Gesteinsaufbau bei. Es handelt sich um einkammerige, runde und stachelige, planktonische Formen die in der Wassersäule gelebt haben. In den weiteren Schichtabfolgen sind Foraminiferen nur vereinzelt zu beobachten bzw. fehlen zur Gänze. Die Foraminiferen belegen zudem das mittel- bis oberdevonsiche Alter der Amphiporenkalke am Polinik.

Die Amphiporen sind beim Aufbau einiger Gesteinsschichten am Polinik und am Gamskofel von großer Bedeutung (MF3). Sie treten oft in dichter Packung und wirt

durcheinander eingebettet auf. Aus den Dünnschliffen geht hervor, dass die Amphiporen nur teilweise eingeregelt sind und somit größtenteils in situ abgelagert wurden. Die Organismen sind im Laufe der Zeit abgestorben, umgefallen und wurden an Ort und Stelle sedimentiert. Diese Beobachtungen können auch vom Kalkblock verzeichnet werden. Denn bedingt durch die schwache Substratbindung und das vielleicht durch Gasblasen erniedrigte spezifische Gewicht, ist zur Aufarbeitung von Amphiporen-Rasen so gut wie keine Wasserenergie notwendig.

Da Amphiporen und deren Fragmente in den Faziestypen (MF1, MF2, MF4) ziemlich selten sind, besteht kein Zweifel daran, dass die dunklen, teils schwarzen Amphiporenkalke den subtidalen Bereich der Lagune repräsentieren.

Die beobachteten Lithologien am Polinikgrat zwischen den Profilen zeigen eine Wechsellagerung von Laminiten und dunklen gebankten Kalken. Neben den Laminiten sind auch die aufgeschlossenen Stromatolithen gute Faziesindikatoren und als typisch für den Gezeitenbereich angesehen. Die einzelnen Laminae sind engständig und mehr oder weniger gewellt. Laut Dünnschliffanalyse bestehen die laminierten Kalke des Poliniks aus verschiedenen MF-Typen: laminiertes, peloidales Grain-Packstone, Stromatolithen oder Ostrakoden Pack-Wackestone. Ein vom Flutwasser transportierter, an organischem Material und an Peloiden reicher Kalkschlamm bildet oft das Ausgangsmaterial der Laminite.

Eine Brekzie am Gipfelgrat zeigt die Aufarbeitung des lokalen Untergrundes und dessen Ablagerung in einem Gezeitenkanal, der möglicherweise eine Entwässerung der Lagune darstellt.

Die Morphologie der Fossilien aus dem Kalkblock zeigt schon makroskopisch große Unterschiede zu jenen Amphiporen, die im Gelände beobachtet wurden. Vor allem durch die Größe und die Struktur unterscheiden sich die Organismen voneinander. Der Dünnschliff (AK1) des Kalkblockes zeigt teilweise Dolomitisierung und ist zudem stark umkristallisiert. Eine fossile Bestimmung ist somit schwierig. Für eine exakte Bestimmung werden 5 bis 10 Dünnschliffe aus unterschiedlichen Schnitten benötigt, sofern der Grad der Überprägung überhaupt eine eindeutige Aussage zulässt.

Herr DrSc. Hladil gab laut schriftlicher Mitteilung vom 25. September 2014 eine grobe Einschätzung, um welche Arten von *Amphiporen* es sich in den Dünnschliffen handeln könnte. An dieser Stelle muss ich im Namen von Herrn DrSc. Hladil anmerken, dass anhand der Fotos und der wenigen Schnittlagen eine exakte Bestimmung nicht möglich ist. Deshalb wird auch der Präfix cf. für „confer“ verwendet. Namentlich handelt es sich um folgende Arten: *Amphipora* cf. *angusta*, *Amphipora* cf. *rudis*, *Amphipora* cf. *laxeperforata*, *Amphipora* cf. *pervesiculata*.

Das vermutete Alter der Amphiporen vom Polinik und somit aus der lithologischen Einheit des Feldkogelkalkes kann anhand der Datierung von Kreutzer (1992) ins untere

Oberdevon gestellt werden. Bei *Amphipora* aus dem Gamskofelkalk lässt sich der Bereich von Bandel (1972) und Kreuzer (1990) auf Emsium, Eifelium und Givetium eingrenzen.

Da das anstehende Gestein des Kalkblockes im Gelände nicht lokalisiert werden konnte, ist nicht zu 100 % geklärt, welcher Formation das Gestein ursprünglich angehörte. Es liegt allerdings die Vermutung nahe, dass der Block ursprünglich aus dem Bereich des Kellerwandmassives stammt. Ein gleichwertiges Handstück zum Block ist im Museum der Gemeinde Kötschach ausgestellt und mit dem Fundort der unterhalb des Kellerwandmassives gelegenen Valentinalm beschrieben.

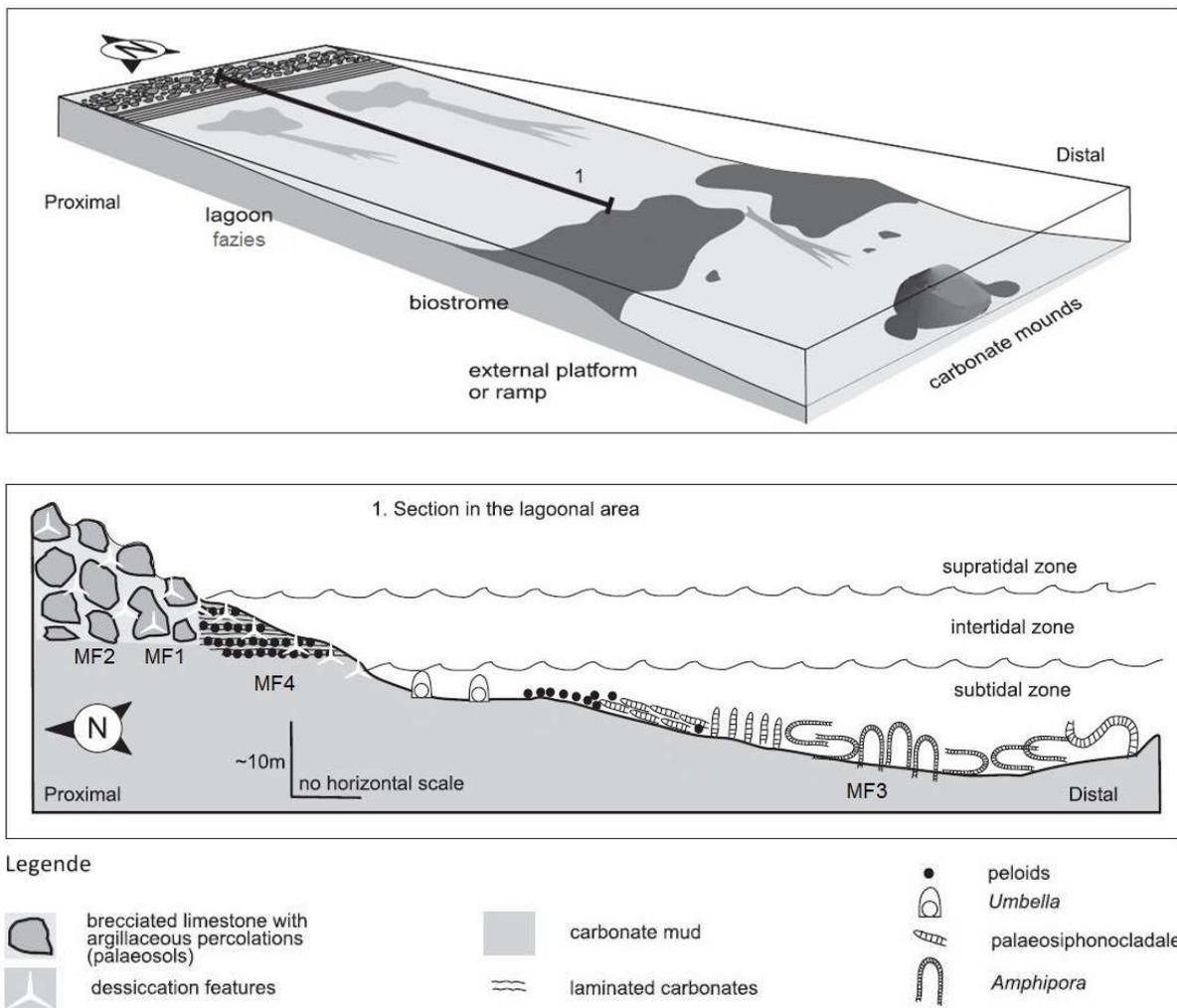


Abb. 36: Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Amphiporenkalke mit Zuordnung der untersuchten Faziestypen, modifiziert nach Da Silva & Boulvain (2004).

8. Schlussfolgerungen

Laut schriftlicher Mitteilung von Herrn DrSc. Jindrich Hladil, Tschechische Republik, am 24.9.2014 handelt es sich bei den Fossilien im Kalkblock auf Grund deren makroskopischer und mikroskopischer Struktur nicht um Amphiporen sondern um Korallen der Gattung *Hillaepora*.

Zusätzlich wurden von Herrn Hladil vier verschiedene Arten von Amphiporen aus den Gesteinsproben von Polinik und Gamskofel im Dünnschliff „confer“ bestimmt. Namentlich handelt es sich dabei um folgende: *Amphipora* cf. *angusta*, *Amphipora* cf. *rudis*, *Amphipora* cf. *laxeperforata*, *Amphipora* cf. *pervesiculata*.

Aus den Mikrofaziestypen (MF1 – MF4) geht hervor, dass es sich beim Ablagerungsraum der Amphiporenkalke von Polinik und Gamskofel um eine lagunäre Flachwasserfazies handelte. Diesen Ablagerungsbereich bestätigen auch Bandel (1972) und Kreuzer (1992).

Zudem wurde das anstehende Gestein des Kalkblockes im Zuge der Geländearbeit nicht vorgefunden. Jedoch liegt die Vermutung auf Grund des Fundortes (Valentinalm) eines gleichwertigen Fossilhandstückes aus dem Museum Kötschach, sowie der Literatur nahe, dass das anstehende Gestein im Bereich des Kellerwandmassives aufgeschlossen ist.

9. Literaturverzeichnis

BANDEL, K. (1972): Palökologie und Paläogeographie im Devon und Unterkarbon der Zentralen Karnischen Alpen. - *Palaeontographica*, 141, Abt. A, 1-117; Stuttgart.

BÖGEL, H. (1975): Zur Literatur über die „Periadriatische Naht“; *Verh. Geol. B.-A.*; Heft 2-3: 163-199.

DA SILVA, A. Ch. & BOULVAIN, F. (2004): From palaeosols to carbonate mounds: facies and environments of the middle Frasnian platform in Belgium. *Geol. Quart.*, 48 (3): 253–266. Warszawa.

FLÜGEL, E. (2004): *Microfacies of Carbonate Rocks*. Springer Verlag (Berlin u.a.), 976 S.

HLADIL, J. (2003): *Amphipora Ontogeny*. Berichte des Institutes für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz, 7: 35.

HLADIL, J. (2007): The earliest growth stages of *Amphipora*. - In: Hubmann, B. & Piller, W. E. (Eds): *Fossil Corals and Sponges. Proceedings of the 9th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera*. - Österr. Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen; Wien, 17: 51-65.

HUBICH, D. et al. (1999): Geodynamic evolution of the Carnic Alps: Plate tectonic interpretation of the southern margin of the European Variscides, *Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Series A*, Vol. 52, pp. 2 - 4. Abstracts of the 4th Workshop on Alpine Geological Studies, Tübingen 21-24 Sept. 1999.

KRAINER, K. & SCHAFFHAUSER, M. (2012): The Upper Carboniferous to Lower Permian sedimentary succession of the Carnic Alps (Austria /Italy).

KRAINER, K. (1988): *Geologischer Streifzug durch Kärnten*. Carinthia II 17 8. /98. Jahrgang S. 141-170 Klagenfurt 1988.

KREUTZER, L. (1990): Mikrofazies, Stratigraphie und Paläogeographie des Zentralkarnischen Hauptkammes. *Jb. der Geol. B.-A.*, 133/2: 275-343.

KREUTZER, L. (1992): Palinspastische Entzerrung und Neugliederung des Devons in den Zentralkarnischen Alpen aufgrund von neuen Untersuchungen. - *Jb. Geol. B.-A.*, 135/1: 261-272.

KREUTZER, L. (1992): Photoatlas zu den variszischen Karbonat-Gesteinen der Karnischen Alpen (Österreich/Italien). - *Abh. Geol. B.-A.*, 47: 1-129.

LÄUFER et al. (1997): Exhumed fault-bounded Alpine blocks along the Periadriatic lineament: the Eder unit (Carnic Alps, Austria). - *Geologische Rundschau*, 86, 612–626, Stuttgart.

OBERHAUSER, R. (1980): *Der geologische Aufbau Österreichs*. Geologische Bundesanstalt, Springer Verlag, Wien, Seite 699.

PIFFNER, O. A. (2010): *Geologie der Alpen*. - 2. Auflage, UTB für Wissenschaft, Wien, Seite 360.

RANTITSCH, G. (2007): Organische Metamorphose am Auernig (Naßfeld, Karnische Alpen). *Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt*, 147, 331-334.

RUSH, P. F. & CHAFETZ, H. S. (1991): Skeletal mineralogy of Devonian stromatoporoids. - *Journal of Sedimentary Petrology*, 61 (3): 364–369.

- SALERNO, C. (2008): Stromatoporen-Fauna, Fazies und Paläoökologie von Plattformkarbonaten aus dem Unter-Givetium der Eifel (Devon, Rheinisches Schiefergebirge) München 2008.
- SCHMID, S. M. et al. (1989): The role of the Periadriatic Line in the tectonic evolution of the Alps. *Alpine Tectonics* 45: 153-171.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1979): Das Paläozoikum in Österreich. *Abh. Geol. B.-A.*, 33.
- SCHÖNLAUB, H. P. (1985): Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 197, Kötschach.
- SCHÖNLAUB, H. P. (1980): Carnic Alps. Field Trip A. In: Schönlaub, H. P. (ed.): Second European Conodont Symposium, ECOS II, Guidebook, Abstracts. – *Abh. Geol. B.-A.*, 35, 5-57.
- SCHÖNLAUB, H. P. & HEINISCH, H. (1993): The classic fossiliferous units of the Eastern and Southern Alps. - In: von Raumer, J.F. & Neubauer, F. (Eds.): Pre-Mesozoic geology in the Alps. - 395–422, Berlin (Springer Verlag).
- SCHÖNLAUB, H. P. & HUBMANN, B. (2001): Die Cellonetta-Lawinenrinne und die Pflanzenfundpunkte der Kronalpe (Karnische Alpen). -Ber. Inst. Geol. Paläont. K.-F. -Univ. Graz, Band 3, Graz.
- STEARNS, C. W. (1997): Intraspecific variation, diversity, revised systematics, and type of the Devonian stromatoporoid *Amphipora*. - *Palaeontology*, 40: 833–854.
- STEARNS, C. W. et al. (1999) Revised classification and terminology of Palaeozoic stromatoporoids. *Acta Palaeontologica Polonica* 44(1):1-70 W. Kiessling.
- STRUVE, W. (1989): Zur Lebensweise von Schalentieren auf mitteldevonischen Karbonat-Plattformen. - *Natur u. Museum*, 119, 128-139, Frankfurt a. Main.
- ZUKALOVA, V. (1971): Stromatoporoidea from the Middle and Upper Devonian of the Moravian Karst. – *Rozpravy Ustredniho Ustavu Geologickeho*, 37: 3-143, Prague.

7. Anhang

Dünnschliff	MF - Typ	Gefüge	Komponenten	Biogene	Bioklaste	Matrix	Deutung
POL1	MF2	laminiert, wellige Oberfläche Cynobakterienkrusten	-	-	Ostrakoden	Mikrit	sehr flach, restriktetes Milieu, intertidal
POL3	MF3	undeutlich geschichtet, Bioturbation	häufig Pelloide, untergeordnet Intraklaste und Aggregatkörner	Amphiporen, Foraminiferen, tabulate Koralle	Amphiporen, verm. Brachiopoden	Grainstone, mit Sparit aufgefüllt	umgelagert, transportiert, subtidal
POL4	MF4	undeutlich geschichtet, Bioturbation	Pelloide, Biogene, untergeordnet Bioklaste	Amphiporen, Foraminiferen	?	Pelmikrit, Pelsparit	intertidal - subtidal
POL6	MF1	deutlich geschichtet, unterschiedlich dicht gepackt, Hohlräume	Pelloide, Biogene, Bioklaste	Ostrakoden	Ostrakoden	Mikrit	wenig transportiert, sehr flach, restriktetes Milieu, interditale
POL7	MF2	deutliche Lamination, Cyanobakterienkrusten, stark umkristallisiert	-	-	-	-	dolomitisierte Stromatolith, keine weiteren Aussagen möglich
POL8	-	nicht zuordbar	-	-	-	-	stark dolomitisiert
POL9	MF4	keine Schichtung, stärker dolomitisiert, wenig Fossilien	Pelloide, kaum Bioklaste	-	Amphiporen	Spartit, in mudstone Bereichen Mikrit	intertidal
POL10a	MF3	nicht eingeregelt, darin Amphiporen, mehr oder weniger dicht gepackt	Biogene, Bioklaste	Amphiporen, Ostrakoden, selten Foraminiferen	Ostrakoden	Mikrit mit Ostrakoden, selten Foraminiferen	kaum transportiert, in situ, subtidal
POL10b	MF3	nicht eingeregelt, darin Amphiporen, mehr oder weniger dicht gepackt	Biogene, Bioklaste	Amphiporen, Ostrakoden, selten Foraminiferen	Ostrakoden	Mikrit mit Ostrakoden, selten Foraminiferen	kaum transportiert, in situ abgelagert, subtidal

POL11a	MF3	leicht geschichtet	Peloide, Foraminiferen, untergeordnet Intraklste	Viele Faraminiferen, Ostrakoden, Amphiporen	Ostracoden, verm. Brachiopodenschalen	Grainstone - Wackestone, teils Mikrit, teils Zement	subtidal
POL11b	MF3 - MF4	im mittleren Bereich deutlich geschichtet, variiert von A. Floatstone - Pack- Grainstone, inhomogen - evtl. durchwühlt	Peloide, Biogene	Viele Faraminiferen, wenig Amphiporen	verm. Brachiopodenschalen	teils Mikrit, teils Peloide	subtidal
POL12	MF2	deutliche Lamination, Cyanobakterienkrusten, laminare Fenstergefüge mit Sparit ausgefüllt, dazw. Peloidale Lagen	Peloide, Biogene	Foraminiferen, Ostrakoden	-	-	intertidal
POL13a	MF4	teilw. Einregelung der Komponenten, Foraminiferen dicht gepackt	Biogene	Amphiporen, Foraminiferen, Ostrakoden	-	teilweise Mikrit, teis Zement	?
POL13b	MF3	leicht umkristallisiert, undeutlich geschichtet	Peloide, Biogene, Bioklaste	Amphiporen, Foraminiferen, Ostrakoden	Brachiopoden	Peloide, Foraminiferen, selten Ostrakoden	intertidal
POL14	MF3	-	Peloide, Biogene	Amphiporen, viele Foraminiferen	-	Grainstone - Wackestone, teils Mikrit, viele Foraminiferen	intertidal
POL15	MF3	teilw. Einregelung der Komponenten, stark umkristallisiert, Struktur der Amphiporen nicht mehr so gut erhalten	Biogene, wenig Peloide	Amphiporen, selten Foraminiferen, selten Ostrakoden	-	Mikrit mit Peloide, viele Foraminiferen, vereinzelt Ostrakoden	subtidal

WT3	<i>MF4</i>	dolomitische Lagen parallel zur Schichtung, stark deformiert und zerklüftet	viel Pelloide, Biogene	Amphiporen, teilweise Ostrakoden	-	Mikrit, Dolomit, Pelloide und Ostrakoden	intertidal
WT5	<i>MF3</i>	stark überprägt, Biogene ausgelängt	Biogene	Amphiporen	-	Mikrit	subtidal
AK1	<i>MF3</i>	stark umkristallisiert, dolomitisiert	-	Amphiporen? oder tabulate Korallen?	-	-	subtidal

Tab. 1: Dünnschliffübersicht

