

Die Kalkalge *Anthracoporella spectabilis* PIA aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen: Ein Vergleich mit rezenten dasycladalen Grünalgen

Erik FLÜGEL und Erentraud FLÜGEL-KÄHLER

Mit 1 Abbildung und 3 Tafeln

Zusammenfassung

Anthracoporella spectabilis PIA ist eine im Oberkarbon der Karnischen Alpen in gesteins- und riffbildender Häufigkeit auftretende dasycladale Kalkalge. Der Vergleich der in Parallelschnitten eines Anthracoporellenkalkes untersuchten morphologischen Merkmale mit den Merkmalen rezenter dasycladaler Algen erlaubt Aussagen über das Sedimentbildungspotential von *Anthracoporella*. Die Art ist im Gegensatz zu den meisten fossilen und rezenten Dasycladalen durch mehrfach gegabelte Thalli gekennzeichnet. Von der Axialzelle gehen sehr dünne, aspondyl angeordnete, dichtstehende, spitzwinkelig verzweigte acrophore Äste 1. und 2. Ordnung ab, deren distale Lumina durch eine dünne, als Cortex gedeutete Randschicht bedeckt sein können. Diese Randschicht scheint Gametangien (Zysten) zu schützen, die innerhalb der Äste liegen (cladophorer Typ). Die auf der Oberfläche der Äste erfolgte Verkalkung führte zu einer Stabilisierung der Gestalt der Pflanze. Nach Wuchsform, Verkalkungstyp und Siedlungsdichte läßt sich die untersuchte Alge sowohl als Sedimentfänger (baffler) als auch als Gerüstbildner (constructor) interpretieren.

Summary

Anthracoporella spectabilis PIA is a common rock- and reef-building dasyclad alga in Upper Carboniferous limestones of the Carnic Alps. A comparison of morphological criteria of the alga with criteria developed by modern dasyclad algae gives some indications on the sediment-building potential of *Anthracoporella*. In contrast to most modern and ancient dasyclads, the axial cell of the thalli is characterized by repeated bifurcation. The axial cell bears densely spaced, thin acrophor branches, exhibiting simple 1st and 2nd order branching patterns. The distal lumina of

the branches show a transition into a thin calcareous layer interpreted as basal part of a cortex. The cortex might have acted as a temporal protection of gametangia (cysts) formed within the branches. *Anthracoporella*, therefore, would represent a cladophor reproduction type rather than an endospor type as supposed until now. Calcification of various intensity took place on the surface of the branches and on the surface of the axial cell. Baffling as well as frame-building abilities can be inferred from growth form, calcification type and skeletal packing density.

Einleitung

1920 beschrieb PIA aus dem Jungpaläozoikum der Karnischen Alpen und der Südkarawanken mit der neuen Gattung *Anthracoporella* und mit der Art *A. mirabilis* „das höchstentwickelte Endglied eines in seiner Gesamtheit sehr primitiven, auf das Paläozoikum beschränkten Dasycladaceenstammes...“ PIA verglich die durch große, gegabelte Thalli mit zahlreichen, aspondyl angeordneten feinen Ästen ausgezeichnete Alge mit den silurischen Gattungen *Vermiporella* STOLLEY und *Dasyporella* STOLLEY und reihte sie - wie auch spätere Autoren (KAMPTNER 1958, BASSOULLET et al. 1975, 1979, DELOFFRE 1988) - gemeinsam mit diesen Gattungen in die Gruppe Dasyporellae ein. Diese Gruppe ist ein Tribus der durch eine aspondyle Anordnung der Äste gekennzeichneten Dasycladalen-Familie Seletonellaceae (KORDE 1950) BASSOULLET et al. 1975. DELOFFRE (1988) unterschied innerhalb der Dasyporellae zwei Subtribi (Dasyporellinae und Macroporellinae). Zu den Dasyporellinae werden derzeit die Gattungen *Anthracoporella* PIA 1920, *Dasyporella* STOLLEY 1893, *Mellporella* RACZ 1965, *Rhabdoporella* STOLLEY 1893 und *Vermiporella* STOLLEY 1893 gerechnet.

Die bei unserem Material angedeutete Existenz eines Cortex wirft Probleme bei der Einordnung der Gattung in die Dasyporellinae auf.

Die ursprüngliche Gattungsdefinition von *Anthracoporella* wurde durch BEBOUT & COOGAN (1964) hinsichtlich zweier morphologischer Merkmale modifiziert: PIA (1920:16) weist darauf hin, „daß die Außenfläche der Schale von einem besonderen, dünnen Kalkhäutchen bedeckt ist, das die Poren abschließt und sich vom übrigen Skelett deutlich abhebt.“ Er vermutete, daß es sich um eine „verkalkte Cuticula“ ähnlich wie bei der rezenten *Bornetella nitida* handeln könnte. Die amerikanischen Autoren betrachten diese Struktur als biogene Inkrustation. Ein weiterer Unterschied besteht in der Interpretation der dichotomen Gabelung der Äste. Während PIA eine zweimalige Gabelung der Äste im Bereich der verkalkten „Wand“-Zone annimmt, sprechen BEBOUT & COOGAN lediglich von „simple bifurcating rays“.

Bisher wurden der Gattung *Anthracoporella* 14 Arten zugeordnet, von welchen die aus dem Devon bzw. Unterkarbon beschriebenen Arten (*A. atypica* SALTOVSKAYA 1984, *A. delicata* SALTOVSKAYA 1984, *A. laevis* SHUYSKY 1973, *A. setosa* SHUYSKY 1973; *A. fragilissima* MASLOV 1939, *A. kasachiensis* MASLOV 1939) aus der Gattung auszuschließen sind. Aus dem Oberkarbon (Moskau- bis Gzhel-Stufe) und aus dem unteren Perm (Assel bis Artinsk) stammen neben *A. spectabilis* PIA die Arten *A. girtyi* MAMET & ROUX 1987, *A. magnipora* ENDO 1951, *A. menchikoffi* CHANTON 1965, *A. uralensis* CHUVASHOV 1974, *A. vicina* HERAK & KOCHANSKY-DEVIDÉ 1960 und *A. yowarensis* NAKAMURA 1994. *A. mercurii* ELLIOTT 1968 wurde aus dem Oberperm beschrieben. Zur Trennung der Arten werden Unterschiede im D/d-Verhältnis und in der Poren-Häufigkeit und -Größe herangezogen. In Anbetracht der hohen Variabilität der Meßwerte von *A. spectabilis* (siehe HOMANN 1972, VACHARD 1980 und unsere Meßwerte) ist eine Artentrennung allein nach quantitativen Daten unbefriedigend.

Die oberkarbone Gattung *Mellporella* RACZ 1965 mit den Arten *M. beundermanni* RACZ und *M. anthracoporellaformis* Racz unterscheidet sich von *Anthracoporella* lediglich durch das Fehlen der Thallusgabelung.

PIA (1920, 1928, 1937) erkannte die gesteinsbildende Bedeutung von *Anthracoporella* in den oberkarbonischen und unterpermischen Kalken der Südalpen. Untersuchungen über Fragen der Riffbildung, Zyklengliederung und Sequenzstratigraphie haben in den letzten Jahren zu neuen und teilweise kontroversen Vorstellungen über die Art der Sedimentbildung durch Anthracoporellen geführt (FLÜGEL 1977, 1987, KRAINER 1992, 1995, SAMANKASSOU 1997, 1998). Im Prinzip geht es hierbei um das Problem, in welcher Weise Anthracoporellen die Sedimentation von Kalkschlamm und damit die Bildung von Schlammhügelstrukturen (mounds) beeinflussen: Aufbau biogener Gerüste (?), Fangen von Sediment durch Herabsetzung der Wasserenergie (?), passive Akkumulation von Algenfragmenten (?) und welche Umweltfaktoren ein ausgedehntes Algenwachstum ermöglichten.

Bei der Diskussion dieser Fragen werden meist Fazies-Merkmale, palökologische Beobachtungen und die Übertragung rezenter Umweltdaten auf das fossile Beispiel herangezogen. Unsere Arbeit geht von einem anderen Ansatz aus und versucht, die morphologischen Merkmale von *Anthracoporella spectabilis* durch den Vergleich mit Merkmalen und dem Lebenszyklus moderner dasycladaler Kalkalgen zu deuten. Dies ermöglicht eine Diskussion der möglichen Lebensweise von *Anthracoporella* und der Bedeutung als Sedimentbildner.

Untersuchungsmaterial

Das Pia'sche Originalmaterial stammt aus den Karnischen Alpen (Westseite der Schulter, Krone, Belitzengraben bei Tröpolach) und aus der Teufelsschlucht bei Tršic in den Karawanken. Die Art tritt in gesteinsbildender Häufigkeit sowohl in den Schichten der oberen Auernig-Gruppe (Gzhel) als auch in den Schichten der unteren Rattendorfer Gruppe (Untere Pseudoschwagerinen-Kalke; Gzhel) auf. In den unterpermischen Schichten ist die Art selten (PIA 1937, FLÜGEL 1966, HOMANN 1972, FLÜGEL & FLÜGEL-KAHLER 1980).

Grundlage für unsere Beobachtungen ist eine 15 x 12 x 8 cm messende Probe aus den tieferen Schichten der Auernig-Gruppe des Rudnigsattels westlich vom Naßfeldpaß. Das Material ist ausgezeichnet erhalten und die Algen wittern an der Oberfläche fast plastisch heraus. Im Schliff sichtbare Stylolithisierung verläuft stets um die Algen herum. Sie dürfte die Folge einer Harnischbildung mit Entwicklung einer sehr grobspätigen Kalzitlage sein. Eine schwache Pyritisierung tritt nahe dieser Kalzitlage auf. Von dieser Probe wurden im Abstand von 1 cm drei Großschliffe (12 x 9 cm) hergestellt.

Vergleich von *Anthracoporella* und rezenten dasycladalen Grünalgen

Mit der Monographie von BERGER & KAEVER (1992) liegt eine ausgezeichnete Basis für einen Vergleich von rezenten und fossilen dasycladalen Grünalgen vor. Durch den Vergleich sollten folgende, für die Diskussion der Bedeutung der Alge als Sediment- und Riffbildner wichtigen Fragen beantwortet werden: Was bedeuten die auffallende Thallus-Größe, die Gabelung des Thallus, das zugunsten des Innenraumes verschobene Verhältnis „Innenraum/Wand“? Lassen sich morphologische Unterschiede als Unterschiede von fertilen und sterilen Stadien deuten? Wo lagen die Reproduktionsorgane? Wie läßt sich der Cortex deuten? Wie erfolgte die Verkalkung? Nachfolgend werden die Merkmale rezenter dasycladaler Grünalgen mit den Merkmalen von *Anthracoporella* verglichen.

Thallus-Aufbau: Das Grundelement rezenter dasycladaler Grünalgen bildet die Axialzelle (Hauptachse, Axialstamm, Stammzelle, Zentralzylinder), von welcher Äste abzweigen. Diese ist nicht unbedingt kongruent mit dem bei fossilen Algen als „Stammzelle“ oder „central cavity“ bezeichneten zentralen, mit Sediment oder mit Karbonatzement ausgefüllten Bereich, sofern die Begrenzung der Axialzelle nur schwach verkalkt ist. Die Axialzelle entsteht

durch Wachstum der im Sediment/ Gestein verankerten Rhizome, die nicht verkalken und daher fossil nicht erhaltungsfähig sind.

Wuchsformen und Thallus-Gestalt (PIA 1920, PIA 1928, BERGER & KAEVER 1992): Der überwiegende Teil der Dasycladales besitzt nicht gegabelte Thalli. Eine dichotome Gabelung der Axialzelle tritt bei wenigen rezenten Arten (*Cymopolia barbata* PALLAS 1766 und *Dasycladus ramosus* CHAMBERLAIN 1958) und einigen fossilen Gattungen auf (*Anthracoporella*, *Vermiporella*, *Rhabdoporella*). Nicht gegabelte und gegabelte Thalli weisen charakteristische Wuchstypen auf, die durch Gestalt und Segmentierung des Pflanzenkörpers unterschieden sind. Thallus-Gabelungen erfolgen bei rezenten dasycladalen Algen und auch bei anderen Kalkalgen (z.B. Udoteaceen, articulate Corallinaceen) innerhalb einer Ebene oder in verschiedenen Ebenen.

Generell führt die Gabelung zu einer Vergrößerung der Oberfläche. Rezent sind unverzweigte Arten bekannt, bei denen als Abnormität eine Gabelung der Axialzelle vorkommt (*Batophora occidentalis*, *Acetabularia mediterranea*). In beiden Fällen führt die Gabelung zur Entstehung von zwei gleichwertigen Ästen. PIA (1920) nimmt an, daß sich die dichotome Gabelung des Thallus bei verschiedenen Gattungen unabhängig voneinander entwickelt hat, zuerst bei der silurischen *Vermiporella*, dann bei der jungpaläozoischen *Anthracoporella* und später bei der tertiären *Cymopolia*.

In der untersuchten Probe sind die in Lebendstellung erhaltenen Thalli hervorragend ausgewittert. Nach unseren Beobachtungen haben sich die Thalli während des Vertikalwachstums bis zu viermal dichotom gegabelt (Taf. 2, Fig. 1, Abb.1). Es ist anzunehmen, daß die unterste, zuerst sichtbare Gabelung bereits nach einem gewissen Höhenwachstum erfolgte, daß also die Gesamtlänge der Alge noch weit größer sein müßte als im Handstück beobachtbar. Die Abstände zwischen den Gabelungsstellen werden mit zunehmendem Wachstum geringer: Auf einer Gesamtlänge von 75 mm sind an einem Exemplar vier Gabelungen festzustellen. Der Abstand zwischen der ersten beobachtbaren Gabelung und der zweiten Gabelung beträgt 27 mm, der zwischen zweiter und dritter Gabelung 13 bzw. 10 mm und der Abstand zur den vierten Gabelungsstellen 8, 10 und 14 mm. An den Gabelungsstellen sind keine Einschnürungen oder Verdickungen zu sehen (Taf. 1, Fig. 1). Der Durchmesser des Thallus weist unter und über der Gabelungsstelle keine signifikanten Unterschiede auf.

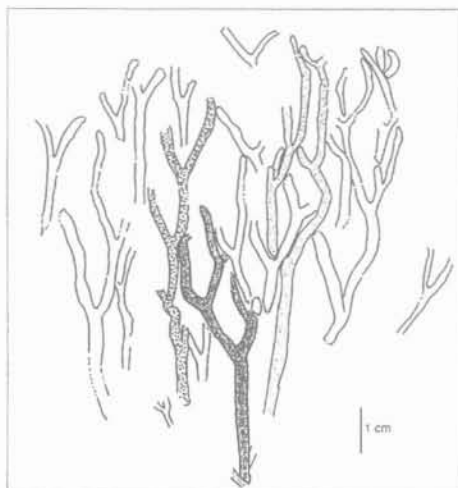


Abb. 1: *Anthracoporella spectabilis* PIA. Oberkarbon des Rudniksattels, Karnische Alpen. Verkleinerte Zeichnung nach einer gescannten Ansicht des untersuchten Handstücks. Drei der deutlichsten Algenthalli sind durch verschiedene Signaturen gekennzeichnet.

Die Gestalt rezenter Dasycladalthalli entspricht zylindrischen Röhren, Kugeln, einfachen und gestielten Keulen, gestielten Scheiben und Strukturen aus übereinandergesetzten Elementen.

Anthracoporella hat einen röhrenförmigen zylindrischen Thallus. Eine Segmentierung fehlt.

Dimensionen: Die Länge der reifen Axialzelle erreicht bei rezenten dasycladalen Algen in Abhängigkeit von Umweltbedingungen mehrere Zentimeter und liegt bei den meisten fossilen Dasycladales bei < 1 und etwa 2 cm. Länge und Breite des Thallus sowie die Dimensionen der vom Thallus abzweigenden Äste werden bei fossilen Algen als artspezifische Merkmale betrachtet. Sie sind jedoch von Umweltbedingungen (Durchlichtung, Wassertiefe u.a.) beeinflusst.

Die Länge des Thallus erreicht im untersuchten Material 7,5 cm. Die Reichweite des Gesamtdurchmessers (D) schwankt zwischen 1.000 und 4.500 μm . Häufige Werte liegen zwischen 1.500 und 2.500 μm und entsprechen damit den von PIA (1920) angegebenen Daten. Der Innendurchmesser (d) liegt zwischen 250 und 1.600 μm . Das Verhältnis d/D schwankt zwischen 18% und 60%, bedingt durch die unterschiedlich starke Verkalkung der Randzone (Taf. 1, Fig. 2). In der von uns untersuchten Probe überwiegen Thalli mit einer breiten

verkalkten Randzone (Wand) im Gegensatz zu den sonst häufig zu beobachtenden Thalli mit einem auffallend großen zentralen Lumen und einer dünnen Wand (Taf. 1, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 2, Vergleichsmaterial vom Fundpunkt Krone).

Äste (Poren): Nach einem Höhenwachstum von einigen Millimetern bilden sich bei rezenten Dasycladalen über periphere Protuberanzen an der Spitze der Axialzelle die ersten - zunächst in Wachstumsrichtung und später unter verschiedenen Winkeln - angeordneten Äste (engl. laterals). Diese Äste sind regellos (aspondyl wie bei *Anthracoporella* und vielen paläozoischen dasycladalen Algen) oder in Wirteln (euspondyl, metaspondyl) angeordnet. Die Äste setzen an der Axialzelle an (Äste 1. Ordnung nach PIA bzw. „segments“) und gehen durch einfache Verzweigung in Äste zweiter und höherer Ordnung über. Bei rezenten dasycladalen Algen sind bis zu 7 Ordnungen bekannt. Äste höherer Ordnung können degenerieren und abfallen. Die Äste rezenter und fossiler dasycladaler Algen zeigen mehrere Grundtypen: Phloiophor (gegen die Peripherie zu verbreiterte Äste), vesikular, schirmförmig, acrophor, trichophor und piriform.

Diese Äste haben verschiedene Aufgaben. Sie sind Assimilationsorgane, dienen der Beschaffung von Nährstoffen und sie werden während der fertilen Stadien der Algenentwicklung als Sitz oder zum Schutz der Reproduktionsorgane benützt. Die von PIA und anderen Autoren als für die Taxonomie sehr wichtig erachtete Gestalt der Äste kann in verschiedenen Verzweigungsstadien verschieden sein.

Die Äste von *Anthracoporella* sind stabförmig ausgebildet. Ihr Durchmesser bleibt über ihre gesamte Länge konstant (acrophor). Eine phloiophore Ausbildung der Äste ist in unserem Material nicht festzustellen. Die Äste stehen dicht und sind senkrecht zur Axialzelle angeordnet. Selten ist eine spitzwinkelige Verzweigung der Äste zu beobachten (Taf. 2, Fig. 2 und 4), sodaß Äste 2. und vermutlich auch 3. Ordnung entstehen. Dadurch ergibt sich im Tangentialschliff das charakteristische, bereits von PIA betonte Muster aus dichtstehenden, runden Poren. Diese Verzweigung der Äste erfolgt in verschiedenem Abstand zur Axialzelle. Der Innendurchmesser der Äste liegt zwischen 40 µm und 80 µm, meist bei 60 µm.

Cortex: An der äußeren Peripherie des Thallus liegende Äste können sich distal durch eine Berührung der Verdickungsstellen phloiophorer Äste zu einem, vom übrigen Thallus deutlich abgesetzten „Cortex“ entwickeln wie er bei den rezenten Gattungen *Bornetella* und *Cymopolia* und auch bei einigen Vertretern der fossilen Dasycladales (*Seletonellaceae*) ausgebildet ist. Der Cortex tritt im fertilen Stadium auf. Er fungiert als Schutz für die darunter liegenden Reproduktionsorgane. Im Laufe der ontogenetischen Entwicklung

wird der Cortex abgeworfen und kann daher fossil isoliert neben den Algen-Thalli auftreten.

Quer- und Längsschnitte von *Anthracoporella* zeigen häufig eine deutlich definierte äußere Randschicht (Taf. 1, Fig. 2; Taf. 2, Fig. 2-4; Taf. 3, Fig. 1). Diese 20-30 μm dicke Randschicht entsteht aus dem Fortbau der die Äste trennenden Kalkhülle (Taf. 2, Fig. 3-4). Stellenweise erscheint die Schicht infolge einer zu geringen Verkalkung der distalen Enden der Äste als abgesetzte Hülle, die scheinbar nicht mehr im Kontakt mit dem Thallus steht (Taf. 2, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 1). Diese Randschicht tritt sowohl bei dickwandigen als auch bei dünnwandigen Exemplaren (Taf. 1, Fig. 2) von *Anthracoporella* auf. Unsere Beobachtungen unterstützen die von PIA (1920:16) gegebene Deutung, wonach „wenigstens ein Teil dieser Häutchen als verkalkte Cuticula aufzufassen ist“. Hierfür spricht, daß die Kalkhüllen der Äste kontinuierlich in die Randschicht übergehen (Taf. 2, Fig. 3-4). Eine Deutung als biogene Inkrustation (BEBOUT & COOGAN 1964) ist daher nicht möglich. Inkrustierende Organismen (Tubiphyten) finden sich jedoch aufgewachsen sowohl auf der Randschicht (Taf. 1, Fig. 2; Taf. 2, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 1) als auch in Thallusbereichen ohne Randschicht (Taf. 1, Fig. 3). Bei einem Vergleich mit der rezenten *Bornetella nitida* könnte die Randschicht der noch erhaltenen Basis des Cortex entsprechen (vgl. BERGER & KAEVER 1992, Fig. 3.25).

Reproduktion: Die Entwicklung der Dasycladales ist durch einen Wechsel von vegetativen und fertilen Stadien charakterisiert. Im vegetativen Stadium erfolgt das Wachstum der Axialzelle und die erste Entwicklung der Äste. Im fertilen Stadium entwickeln sich die, die Gametangien tragenden Gametophoren. In den Gametangien erfolgt die Produktion der Gameten, deren Verschmelzung zur Zygotenbildung und damit zur sexuellen Fortpflanzung führt. Die Gametangien (Zysten) können innerhalb der Axialzelle (endospor), innerhalb der Äste (cladospor), in an die Primäräste lateral oder terminal angehefteten Gametophoren (choristospor) oder in strahlenförmig angeordneten Gametophoren (umbrellospor) liegen.

In unserem Material treten sowohl im Sediment, das den zentralen Innenhohlraum des Thallus erfüllt, als auch in dem die Algen umgebenden Sediment kalzitgefüllte Querschnitte von Kügelchen unterschiedlicher Größe auf. Größere Querschnitte zeigen eine etwa 10 μm dicke Wand. Der Durchmesser der Kugeln schwankt zwischen 20 μm und 120 μm . Kleinere Kugeln finden sich auch innerhalb der Äste (Taf. 2, Fig. 2 und 4; Taf. 3, Fig. 1). Diese Position und das Auftreten eines Cortex machen es wahrscheinlich, daß es sich bei den Kügelchen um Gametangien (Zysten) handelt. Nach PIA (1920:15) erfolgte die Sporenbildung bei *Anthracoporella* „höchstwahrscheinlich

in der Stammzelle". Auffallend breite Axialzellen bei fossilen Dasycladales könnten einen Hinweis auf die Lokation der Gametophoren im Inneren der Pflanze sein (BERGER & KAEVER 1992). Unsere Beobachtungen sprechen dafür, daß *Anthracoporella* zu den cladosporen und nicht zu den endosporen Dasycladales zu stellen ist. Möglicherweise entsprechen die Cortex-tragenden Thalli den fertilen Stadien und die Cortex-freien Thalli den sterilen Stadien der Algenentwicklung.

Verkalkung, Stabilität und Zerstörbarkeit des Thallus

Die meisten rezenten verkalkten Dasycladalen produzieren feinkörnigen Aragonit als Inkrustation um den Thallus. Die Abscheidung beginnt zwischen den Zweigen und auf dem Stamm. Beim Zerfall der Pflanze bleibt eine aragonitische Röhre mit radialen Poren übrig. Die Verkalkung rezenter dasycladaler Grünalgen erfolgt überwiegend extrazellulär in der Schleimschicht zwischen Ästen und Gametangien (BOROWICZKA et al. 1974, FLAJS 1977, PENTECOST 1991), jedoch sind bei *Acetabularia* und *Bornetella* auch intrazelluläre Karbonatabscheidungen bekannt. Aragonit ist zurück bis in die Trias als Baustoff nachgewiesen. Bei *Cymopolia* erfolgt die Verkalkung in drei Phasen, die sich durch Gestalt und Anordnung der Aragonitkristalle unterscheiden (FLAJS 1977). *Acetabularia* zeigt unterschiedliche Ultrastrukturen (MARSZALEK 1975). Eine primäre Existenz von Kalzit wurde für einige paläozoische dasycladale Algen diskutiert (WOOD 1943, BASSOULLET et al. 1977, WRIGHT 1981). Die hierbei angesprochenen Formen und die von einigen Autoren zu oder in die Nähe der Dasycladales gestellten paläozoischen Gruppen der Beresellaceae und Receptaculitales werden in der meisten neueren systematischen Gliederungen als eigenständige Algengruppen betrachtet.

Intensität und Lokation der Verkalkung rezenter dasycladaler Algen sind unterschiedlich. Das Spektrum reicht vom völligen Fehlen einer Verkalkung (*Chlorocladus*) über eine selektive Verkalkung von einzelnen Abschnitten (Oberfläche der Axialzelle, Teile oder Gesamtheit der Äste, Gametangien oder darin befindliche Zysten; *Dasycladus*, *Batophora*, *Acicularia*, *Halicoryne*) bis zur vollständigen Verkalkung aller Einzelelemente (*Cymopolia*, *Neomeris*, *Acetabularia*). Die Verkalkung kann in einzelnen Abschnitten (Segmenten) der Äste von unterschiedlicher Intensität sein. Dies führt dazu, daß die von einer schmalen Axialzelle abgehenden gering verkalkten Primäräste unter Umständen nicht fossil überliefert sind. In diesem Fall entspricht das Lumen des fossil überlieferten Thallus nicht der Axialzelle.

Bei *Anthracoporella* erfolgt die Verkalkung auf der Oberfläche der sehr dünnen und engstehenden Äste. Hierbei besitzen nebeneinanderliegende Äste eine gemeinsame, diagenetisch bedingte Wand. Die Dicke dieser Wand zwischen zwei Ästen schwankt im Längsschnitt zwischen 10 μm und 15 μm . In Tangentialschnitten bilden die Querschnitte der Äste ein Maschenwerk aus engstehenden kreisförmigen Poren, von denen jede eine ringförmige Karbonathülle besitzt. Die verbleibenden Zwischenräume sind mit Karbonatzement gefüllt. Die Äste selbst können mit dunklem mikritischem Sediment oder auch mit hellem Kalzit gefüllt (Taf. 2, Fig. 3-4).

Die Verkalkung der Äste kann verschieden weit in Richtung auf die Axialzelle hin reichen (Taf. 1, Fig. 2), so daß „dünnwandige“ und „dickwandige“ Thalli entstehen. In seltenen Fällen reicht die Verkalkung bis zur Axialzelle. In diesen Fällen zeigt die Axialzelle eine dünne Verkalkung auf ihrer Oberfläche (Taf. 2, Fig. 4).

Sedimentbildungspotential der Alge

Kalkalgen tragen zur Sedimentbildung durch Zerfall in Fragmente und feinste Bestandteile (LOWENSTAM & EPSTEIN 1967, GINSBURG 1972, GINSBURG et al. 1972, BRAGA et al. 1996), durch Sedimentfangen und durch die Bildung von biogenen Gerüsten bei.

Rezente verkalkte dasycladale Algen zerfallen im allgemeinen in Abhängigkeit von der Gestalt und Gliederung des Thallus sowie vom Grad der Verkalkung in Fragmente (*Neomeris annulata*, *Cymopolia barbata*). Im Vergleich mit Udoteaceen sind die ultrastrukturellen Elemente der Dasycladales stärker miteinander verwachsen (BERGER & KAEVER 1992). Trotzdem wurde beobachtet, daß neben dem häufigen Zerfall von Udoteaceen (insbesondere von *Halimeda*; COLLINVEAU-HILLIS 1980) auch der Zerfall von dasycladalen Grünalgen mit zur Bildung von Karbonatschlamm beitragen kann (STIEGLITZ 1972, MARSZALEK 1975).

Anthracoporella ist in gesteinsbildender Häufigkeit aus dem Jungpaläozoikum der Südalpen und aus dem Kasimov von Nordspanien bekannt (RODRIGUEZ & MORENI-EIRIS 1986/1987). Lokale gesteinsbildende Vorkommen wurden aus dem obersten Karbon des Velebit, Kroatien (KOCHANESKY-DEVIDÉ 1970) und aus dem Oberperm von Afghanistan beschrieben (VACHARD 1980). Hierbei treten sowohl Anhäufungen von Thalli-Bruchstücken auf als auch dichtstehende in Lebendstellung erhaltene Thalli. Letztere finden sich in Riffen (reef

mounds, KRAINER 1995, SAMANKASSOU 1997), ersterer in verschiedenen Faziestypen von Schelfkarbonaten.

In der untersuchten Probe zeigen die Lebendstellung befindlichen Thalli ein ungestörtes Wachstum bis zur einer Höhe von mindestens 10 cm, wobei es in verschiedener Höhe zu Gabelungen der Axialzelle kommt. Bedingt durch die gleichmäßig dicke Verkalkung der Thallusrandzone war die Alge sowohl im Bereich der Axialzelle als auch an den Gabelungsbereichen stabil. Die Thalli zeigen keine Hinweise auf Verformungen oder auf Kompaktion.

Für die Diskussion der Frage, ob *Anthracoporella spectabilis* als „Baffler“ oder als „Constructor“ (Gerüstbildner) anzusehen ist (FAGERSTROM 1987, 1991) sind die Wuchsform, der Grad der Verkalkung, die Häufigkeit der in Lebendstellung befindlichen Thalli und der Abstand zwischen den Thalli von Bedeutung. Die zylindrischgegabelte Wuchsform tritt sowohl bei Sedi-mentfängern als auch bei Gerüstbildnern auf. Der hohe Verkalkungsgrad und die damit verbundene geringe Flexibilität der Thalli ist für sessile Organismen, die aus dem Wasserstrom feinkörniges Sediment abseigern, eher abträglich.

Die auffallende Siedlungsdichte und der sehr geringe Abstand zwischen den Thalli (5-7 mm) kann bei „Bafflern“ und bei Gerüstbildnern gegeben sein.

Im Vergleich mit den aus dem Oberjura beschriebenen, durch Dasycladaceen gebildeten biogenen Gerüsten (BODEUR 1995) fehlen bei *Anthracoporella* Hinweise auf die Existenz einer gegenseitigen lateralen Stützung der Thalli. Der bei *Anthracoporella* beobachtbare Aufwuchs (*Tubiphytes* u.a.) ist in unserer Probe auf einzelne Thallusabschnitte beschränkt und hat keine Verbindungsfunktion. Der Bau eines widerstands- und erhaltungsfähigen biogenen Gerüsts ist daher sowohl durch die stabilisierende Funktion der Verkalkung der Alge als auch rasche Lithifizierung des Sedimentes zwischen den Thalli, möglicherweise unter Mitwirkung von Mikroben, möglich. Damit verlagert sich die Interpretation auf die Diskussion der autochthonen oder allochthonen Genese des feinkörnigen Sedimentes um und in den *Anthracoporella*-Thalli und bleibt daher spekulativ.

Das untersuchte Handstück zeigt zwischen den dichtstehenden Algenthalli ein mergeliges Sediment mit fein- bis mittelkörnigem kalkigem Detritus. Vereinzelt sind darin sehr feinkörnige Quarzkörnchen enthalten. An begleitenden Fossilien wurden beobachtet: Ein sehr kleiner Gastropode, Reste einer grobrippigen Muschel, punktate Brachiopoden, Echinodermen, glattschalige und ?bestachelte Ostracoden (vgl.

FOHRER 1997), ?Serpuliden, 2 Arten von Bryozoen (eine davon inkrustierend), Fusuliniden, sessile Kleinforminiferen (*Tetraxis*, *Tuberitina*), *Tubiphytes* und die Alge *Archaeolithophyllum*. Styolithische Säume verlaufen parallel zur Wachstumsrichtung der Algen. Pyrit ist fleckenweise im Sediment, selten in Ästen und im Axialbereich von *Anthracoporella* zu beobachten. Sehr feine Kalzitadern durchsetzen das Handstück schräg zur Wachstumsrichtung der Algen, ausgehend vom grobspätigen Kalzit der Harnischfläche. Diese Kalzitadern verursachen aber keinen bzw. nur einen minimalen postsedimentären Versatz der Algenhalli. Die Mikrofazies und die Fossilführung des feinkörnigen Sedimentes sprechen für einen Import von Sediment in den Lebensbereich der Algen.

Lebensweise

Rezente dasycladale Grünalgen zeigen eine nur geringe Toleranz gegenüber Salinitätsschwankungen. Ihre bevorzugte Siedlungsareale sind die inneren infralitoralen Zonen sowie offene Lagunenbereiche der Tropen bis Subtropen, wobei die 20° C Isocryme eine limitierende Grenze ist. Die Intensität der Verkalkung im Bereich des Mucus hängt von der Wassertemperatur und von der Durchlichtung ab, ist jedoch nicht direkt mit der Photosyntheseleistung der Alge in Zusammenhang zu bringen. Rezente Arten wurden bis in Wassertiefen von 50 m beobachtet.

Man nimmt an, daß auch *Anthracoporella* unter sehr ähnlichen Lebensbedingungen ein optimales Wachstum erreichen konnte. Hierbei ist zu diskutieren, ob das Massenvorkommen der Algen relativ flache Schelfbereiche kennzeichnet (wie dies bei einem Vergleich mit rezenten Vorkommen im Golf von Florida denkbar wäre, WOELKERLING 1976) oder ob die *Anthracoporella*-Wiesen in relativ tiefen, unterhalb der Wellen- bzw. Sturmwellenbasis liegenden Bereichen lagen, wie dies die Bearbeiter der *Anthracoporella*-Mounds in den Karnischen Alpen aufgrund der Dominanz von Feinschlamm-sedimenten vermuten. Die bisher bekannten Vorkommen von *Anthracoporella spectabilis* (Südalpen, Slowenien, Kroatien, Nordungarn, Baskische Pyrenäen, N-Palencia und Asturien/Spanien, Chios, Nördlicher und Südlicher Ural, Zentral- und Südanatolien Honshu/Japan) haben - bezogen auf die neue Paläokarte für den Zeitabschnitt des Gzhel (vgl. KIESSLING et al. 1996) - eine Verbreitung zwischen etwa 32° nördlicher und 35° südlicher Paläobreite. Hierbei fällt auf, daß gesteinsbildende Massenvorkommen der Algen (Karnische Alpen, Velebit, Nordspanien) nahe am Paläoäquator liegen. In diesen Bereichen ist eine

von Strömungsmustern und Nährstoffzufuhr abhängige erhöhte Bio-
produktion zu erwarten.

Dank

Wir widmen diese Arbeit unserem Studienkollegen Walter Gräf, mit dem wir uns durch eine jahrelange Freundschaft verbunden fühlen. Da der Erstautor gemeinsam mit W. Gräf seine ersten Geländearbeiten nach dem Studienabschluß in den Karnischen Alpen durchgeführt hat, erschien es uns sinnvoll, Walter mit der Detailuntersuchung einer Probe aus dieser herrlichen Landschaft ein Erinnerungsstück an die gemeinsame Zeit in Graz und in den Karnischen Alpen zu überreichen.

Univ. Doz. Dr. Karl Krainer (Innsbruck) danken wir für Diskussionen und die Bereitstellung von Fotos. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützte die Arbeit im Rahmen des Projektes FI 42/72.

Literatur

- BASSOULLET, J.P., BERNIER, P., DELOFFRE, R., GENOT, P., JAFFREZO, M., POIGNANT, A.-F. & SEGONZAC, G. (1975): Reflexions sur la systématique des Dasycladales fossiles. Étude critique de la terminologie et importance relative de critères de classification. – *Geobios*, 8, 259-290, Lyon.
- BASSOULLET, J.P., BERNIER, P., DELOFFRE, R., GENOT, P., JAFFREZO, M. & VACHARD, D. (1979): Essai de classification des Dasycladales en tribus. – *Bull. Centre Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 3, 429-442, Pau.
- BEBOUT, D.G. & COOGAN, A.H. (1964): Algal genus *Anthracoporella* Pia. – *J. Paleont.*, 38, 1093-1096, Taf. 169, 1 Tab., Tulsa.
- BERGER, S. & KAEVER, M.J. (1992): Dasycladales. An-illustrated monograph of a fascinating algal order. – 247 S., 565 Abb., 23 Tab., Stuttgart (Thieme).
- BIGNOT, G. & GENOT, P. (1998): *Dameryella tuberosa* nov.g., nov. sp., microfossile incertae sedis, débris hypothétiques d'algues dasycladales du Lutétien de Damery (Marne, France). – *Rev. Micropaléont.*, 41, 19-27, 1 Taf., 3 Abb., Paris.
- BODEUR, Y. (1995): Reefal buildups by dasycladacean algae in the Tithonian of Languedoc (France). – *Publ. Serv. Géol. Luxembourg*, 29, Proc. 2nd European Regional Meeting ISRS, 67-72, 1 Taf., 4 Abb., Luxembourg.

- BOROWITZKA, M.A., LARKUM, A.W.D. & NOCKOLDS, C.E. (1974): A scanning microscope study of the structure and organization of the calcium deposits of algae. – *Phycologia*, 13, 195-203.
- BRAGA, J.C., MARTIN, J.M. & RIDING, R. (1996): Internal structure of segment reefs: *Halimeda* algal mounds in the Mediterranean Miocene. – *Geology*, 24, 35-38, Boulder.
- CHAMBERLAIN, Y.M. (1958): *Dasycladus ramosus* - a new species of *Dasycladus* from Inhaca Island and Penisula, Portuguese East Africa. – *J. South Africa Botan.*, 24, 119-121, London.
- DELOFFRE, R. (1988): Nouvelle taxonomie des Algues dasycladales. – *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 12, 165-217, Pau.
- EMBERGER, J. (1976): Les algues (Chlorophyceae, Prasinophyceae, Rhodophyceae) du Carbonifère et du Permien. Essai d'un inventaire bibliographique, géographique, stratigraphique. – *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, Num. Spec., 167 S., Talence.
- FAGERSTROM, J.A. (1987): The evolution of reef communities. - 600 S., New York (Wiley).
- FAGERSTROM, J.A. (1991): Reef-building guilds and a checklist for determining guild membership. – *Coral Reefs*, 10, 47-52, Berlin.
- FLAJS, G. (1977): Skeletal structure of some calcifying algae. – In: FLÜGEL, E.: *Fossil Algae*, 225-231, 2 Taf., Berlin (Springer).
- FLAJS, G. (1977): Die Ultrastrukturen des Kalkalgenskelettes. – *Palaeontographica*, B, 160, 69-128, Stuttgart.
- FLÜGEL, E. (1966): Algen aus dem Perm der Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, Sonderheft 25, 1-76, 11 Taf., Klagenfurt.
- FLÜGEL, E. (1977): Environmental models for Upper Paleozoic benthic algal communities. – In: FLÜGEL, E. (ed.): *Fossil algae: Recent results and developments*, 314-343, Berlin (Springer-Verlag).
- FLÜGEL, E. (1987): Reef Mound-Entstehung: Algen-Mounds im Unterperm der Karnischen Alpen. – *Facies*, 17, 73-90, Taf. 7-9, 4 Abb., Erlangen.
- FLÜGEL, E. & FLÜGEL-KAHLER, E. (1980): Algen aus den Kalken der Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, Sonderheft, 36, 113-182, Klagenfurt.
- FOHRER, B. (1997): *Carnizzia auricula* n.g., n.sp. aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen: Eine außergewöhnliche Ostracode mit einer außergewöhnlichen Lebensweise. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, 47, 367-380, Taf. 31-33, 1 Abb., Erlangen.
- HILLIS-COLLINVAUX, L. (1980): Ecology and taxonomy of *Halimeda*: Primary producer of coral reefs. – *Advances Marine Biol.*, 12, 1-327, 104 Abb., London (Acad. Press).
- HOMANN, W. (1972): Unter- und tief-mittelpermische Kalkalgen aus den Rattendorfer Schichten, dem Trogkofel-Kalk und dem Treßdorfer Kalk der Karnischen Alpen (Österreich). – *Senckenbergiana lethaea*, 53, 135-313, 10 Tad., 10 Abb., 60 Tab., Frankfurt.

- KAMPTNER, E. (1958): Über das System und die Stammesgeschichte der Dasycladaceen (Siphoneae verticillatae). – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 62, 95-122, 1 Abb., Wien.
- KISSLING, W., FLÜGEL, E. & GOLONKA, J. (1996): Phanerozoic reef patterns: Data survey, distribution maps and interpretation. – Göttinger Arb. Geol. Palaeont., Sonderband 2, 391-396, 2 Abb., Göttingen.
- KOCHANSKY-DEVIDE, V. (1970): Die Kalkalgen im Karbon im Velebit-Gebirge. – Palaeontologica Jugoslavica, 10, 1-32, Beograd.
- KORDE, K.B. (1950): On the morphology of Dasycladaceae of the northern Ural. – Doklady Akad. Nauk SSSR, 73, 569-571, Moskva.
- KRAINER, K. (1992): Fazies, Sedimentationsprozesse und Paläogeographie im Karbon der Ost- und Südalpen. – Jb. Geol. B.-A., 135, 99-193, Wien.
- KRAINER, K. (1995): *Anthracoporella* mounds in the Late Carboniferous Auernig Group, Carnic Alps (Austria). – Facies, 32, 195-214, Taf. 38-41, 7 Abb., Erlangen.
- KULIK, E. L. (1978): Izvestkovye zelenye (sifonovye) vodorosli asselskogo i sakmarskogo yarusov biogermnogo massiva Shakhtau (Bashkiriya). – Voprosy Mikropaleont., 21, 182-215, 8 Taf., Moskva (Akad. Nauk SSSR).
- LOWENSTAM, H. A. & EPSTEIN, S. (1957): On the origin of sedimentary aragonite needles of the Great Bahama Bank. – J. Geol., 65, 364-375, 6 Figs., Chicago.
- MAMET, B. (1991): Carboniferous calcareous algae. – In: RIDING, R. (Ed.): Calcareous algae and stromatolites, 370-451, 3 Taf., 3 Abb., Heidelberg (Springer Verlag).
- MAMET, B. L., ROUX, A. & NASSICHUK, W. W. (1987): Algues Carbonifères et Permiennes de l'Arctique Canadien. – Geol. Surv. Canada Bull., 342, 1-143, 30 Taf., Ottawa.
- MARSZALEK, D.S. (1975): Calcisphere ultrastructure and skeletal aragonite from the alga *Acetabularia antillana*. – J. Sed. Petrol., 45, 266-271, 3 Abb., Tulsa.
- NAKAMURA, M. (1994): Algal remains from the Akiyoshi Limestone Group. – Bull. Akiyoshi-dai Mus. Natural History, 29, 1-45, 26 Taf., Shuho-cho, Yamaguchi.
- NAKAMURA, M. & CHISAKA, T. (1984): Fossil algae from the Takagami Conglomerate, Choshi-shi, Chiba Prefecture. – Bull. National Sci. Mus., Ser. C (Geol. Paleont.), 10/3, 87-121, 11 Taf., Tokyo.
- PENTECOST, A. (1991): Calcification processes in algae and cyanobacteria. – In: RIDING, R. (Ed.): Calcareous algae and stromatolites, 3-20, 4 Abb., Heidelberg (Springer-Verlag).
- PIA, J. (1920): Die Siphoneae verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. – Abh. zool.-botan. Ges. Wien, 9/2, 1-259, 8 Taf., 27 Abb., Wien.
- PIA, J. (1928): Die Anpassungsformen der Kalkalgen. – Palaeobiologica, 1, 211-224, Taf. 15-22, 8 Abb., Wien.

- PIA, J. (1937): Die wichtigsten Kalkalgen des Jungpaläozoikums und ihre geologische Bedeutung. – C. R. études strat. Carbonifère, Heerlen 1935, 765-856, Taf. 85-97, Amsterdam.
- PONCET, J. & LEMOSQUET, Y. (1984): Les algues calcaires du Carbonifère moyen du Bassin de Bechar (Sahara algérien). – Rev. Micropaleont., 29, 187-197, 3 Taf., Paris.
- RODRIGUEZ, S. & MORENO-EIRIS, E. (1986/1987): Microbiofacies de algas y corales del Kasimoviense del norte de los Picos de Europa, N de España. – Acta Geol. Hispanica, 21-22, 521-527, 1 Taf., 1 Abb., Madrid.
- SALTOVSKAYA, V. D. (1984): Nekotorye izvestkovye vodorosli paleozoya Tadzhikistana. Novye vidy iskopaemoi flory i fauny Tadzhikistana. – 141-160, Dushanbe (Donish).
- SAMANKASSOU, E. (1997): Palaeontological response to sea-level change: Distribution of fauna and flora in cyclothems from the Lower Pseudoschwagerina Limestones (Latest Carboniferous, Carnic Alps, Austria). – Geobios, 30, 785-796, 8 Abb., Villeurbanne.
- SAMANKASSOU, E. (1998): Skeletal framework mounds of dasycladalean alga *Anthracoporella*, Upper Paleozoic, Carnic Alps, Austria. – Palaios, 13, 297-300, 6 Abb., Lawrence.
- SHUISKY, V. P. (1973): Izvestkovye rifoobrazuyushchie vodorosli nizhnego devona Urala. – Akad. Nauk SSSR, Uralskii nauchny tseñtr, 155 S., 34 Taf., Moskva (Nauka).
- STIEGLITZ, R. D. (1972): Scanning electron microscopy of the fine fraction of recent carbonate sediments from Bimini, Bahamas. – J. Sed. Petrol., 42, 211-226, 4 Abb., Tulsa.
- VACHARD, D. (1980): Tethys et Gondwana au Paléozoïque supérieur les données Afghanes. Biostratigraphie, micropaléontologie, paléogéographie. – Inst. Geol. Albert de Lapparent, Documents et Travaux, 2, 463 S., 35 Taf., 75 Abb., Paris.
- WOELKERLING, W. J. (1976): South Florida benthic marine algae. – Sedimenta V, 148 S., 332 Abb., Miami (Comparative Sedimentology Laboratory).
- WOOD, A. (1943): The algal nature of the genus *Koninckopora* Lee: 1st occurrence in Canada and Western Europe. – Quart. J. Geol. Soc. London, 98, 205-222, Taf. 8-10, London.
- WRIGHT, V.P. (1981): Ultrastructure and early diagenesis of a Viséan alga *Koninckopora*. – Palaeontology, 24, 185-194, 5 Abb., London.

Anschrift der Verfasser:



Univ. Prof. Dr. Erik FLÜGEL



Dr. Erentraud FLÜGEL-KAHLER

Institut für Paläontologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Loewenichstraße
28, D-91054 Erlangen. E-mail eflugel@pal.pal.uni-erlangen.de

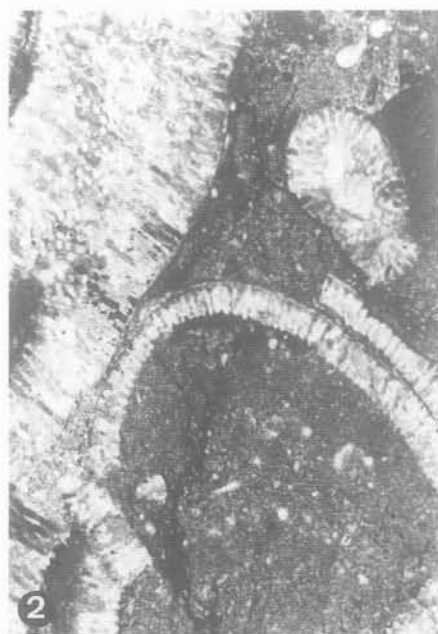
1	2
3	

Tafel 1

Fig. 1: Dünnschliff von *Anthracoporella spectabilis* mit starker Verkalkung im Bereich der Äste. Deutlich sichtbar ist der nicht gegliederte oder eingeschnürte Bereich der Gabelung. Die weißen Pfeile weisen auf Krusten und Bruchstücke von Bryozoen. x 8

Fig. 2: In diesem Schliffbild ist der unterschiedliche Grad der Verkalkung besonders deutlich im Vergleich zu sehen. Links schräger Längsschnitt, im oberen Teil tangential verlaufend, rechts oben ein kleiner Querschnitt mit radialstrahligen Poren. Unten rechts: Teil eines großen etwas zerbrochenen Querschnitts einer dünnwandigen Alge, die auch den umhüllenden Cortex zeigt. Alle Pflanzen zeigen Bewuchs mit *Tubiphytes*. Im oberen rechten Eck ist eine sessile Foraminifere (*Tuberitina* sp.) zu erkennen. x 16

Fig. 3: Dicht mit *Tubiphytes* (T) bewachsener Querschnitt von *Anthracoporella*. Im Axialraum zahlreiche, lose im Sediment eingebettete, verschieden große Gametangien (Zysten). Auch in den Ästen sind kleine runde Querschnitte von Zysten erkennbar. Im rechten unteren Eck des Bildes ein Schnitt mit schwach verkalktem Cortex, der von *Tubiphytes* besiedelt wird. x 24



1	2
3	4

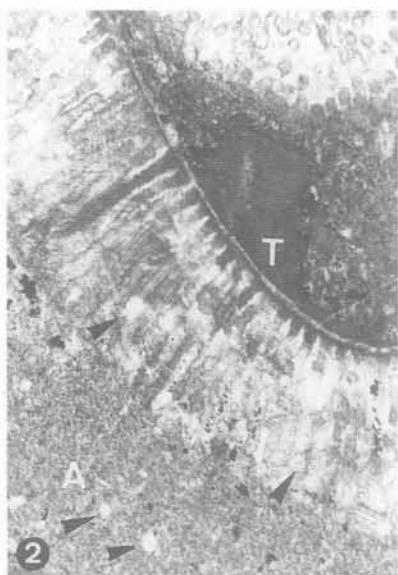
Tafel 2

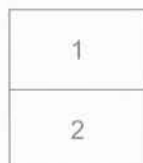
Fig. 1: Teilausschnitt der angewitterten Oberseite des untersuchten Handstücks. Zu sehen ist die 2. Gabelungsstelle (etwas durch eine Kalzitader abgesetzt), sowie die dritte und vierte Gabelung - schwarze Pfeile) eines Exemplars. x 1.5

Fig. 2: Schnitt an einer Gabelungsstelle. Der Axialraum (A) ist mit Sediment gefüllt, das wenige Gametangien enthält, aber auch in den Ästen befinden sich noch Gametangien. Die Verkalkung der Äste nimmt gegen außen so stark ab, daß die Äste den einhüllenden Cortex nicht mehr erreichen. Dieser wird von *Tubiphytes* (T) besiedelt. Die schwach entwickelte Bildung von Zwillingslamellen im Bereich der verkalkten Äste zeigt eine beginnende Sammelkristallisation an. x 32

Fig. 3: Die verschiedenfarbige Füllung der Äste verdeutlicht die zwischen den Ästen liegende Kalklage, die nahtlos in den Cortex übergeht (weißer Pfeil). Das unterschiedlich dick erhaltene Wandfragment umschließt einen Axialraum (A), der Pyritkristalle enthält. Auch zwei der Äste führen Pyrit. x 64

Fig. 4: Längsschnitt mit auffallend engem Axialraum (A), der durch eine schwach sichtbare Begrenzung wohl seine ursprüngliche Größe erkennen läßt (schwarzer Doppelpfeil). Deutlich ist der Übergang der Kalkschicht zwischen den Ästen in den Cortex (weiße Pfeile) erkennbar. Schwarze Pfeile weisen auf Gametangien in den Zweigen. Beachte Gabelungen der Äste. x 64





Tafel 3

Fig. 1: Schräger Schnitt. Am linken Bildrand unterhalb des aufwachsenden *Tubiphytes* ist noch der Übergang der kalkigen Asthüllen in den Cortex erkennbar. Der weiße Pfeil zeigt auf den Teil des Cortex, der nicht mehr mit den Asthüllen verbunden ist; eine schwache distale Vergrößerung der Astquerschnitte läßt sich erahnen. Schwarze Pfeile weisen auf unterschiedlich gut erhaltene rundliche Gametangien in den Zweigen hin. x 50

Fig. 2: Aufschlußbild mit Bruchstücken *Anthracoporella spectabilis*, die meist nur ein bis zwei Gabelungen zeigen. Auffallend ist die, im Vergleich zu der von uns beschriebenen Probe häufige nur geringe Verkalkung der Äste (erkennbar an aufgebrochenen Exemplaren). Material aus der Auernig Formation des Gipfelbereiches der Krone, östlich des Naßfeldpasses. Foto Univ.-Doz. Dr. K. Krainer, Innsbruck.

