

Das geologische Geheimnis der Hochwipfel Formation der Karnischen Alpen (Österreich/Italien)

Herbert Kabon (Villach) und
Hans Peter Schönlaub (Kötschach-Mauthen)



Das geologische Geheimnis der Hochwipfel Formation der Karnischen Alpen (Österreich/Italien)

Vorwort

„Alles was ich auf meinen Reisen gesehen habe, fügt sich zu einem klaren Bild. Die Natur ist ein lebendiges Ganzes und ein wunderbares organisches Geflecht, in dem alles miteinander verbunden ist – vom kleinsten Flecken Moos bis zum höchsten Baum. Die Natur ist von einem einzigen Atem beseelt – von Pol zu Pol ergießt sich ein Leben in Steine, Pflanzen und Tiere.“

*Aus: „Die Abenteuer des Alexander von Humboldt“
(Andrea Wulf, Verl. C. Bertelsmann, 2019).*

Widmung

Dieses Buch ist dem holländischen Geologen und Autor vieler Publikationen zur Paläobotanik von Kärnten, Dr. Hendrik Willem Jozef van Amerom gewidmet, der am 7. Januar 2018 in Amersfoort verstorben ist. Die Erinnerung an die gemeinsamen Ausflüge in die geliebten Gailtaler- und Karnischen Alpen sowie auch an seine Freude über die dabei gefundenen oft kleinen unscheinbaren aber paläontologisch interessanten fossilen Pflanzen wird bleiben.

Herbert Kabon

von
Herbert Kabon (Villach) und
Hans Peter Schönlaub (Kötschach-Mauthen)

Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten

Inhalt

| | |
|--|-----|
| Zusammenfassung | 6 |
| Abstract | 7 |
| 1 Einleitung | 9 |
| 2 Erforschungsgeschichte | 13 |
| 3 Geographische und stratigraphische Verbreitung | 19 |
| 4 Lithologische Beschreibung der Hochwipfel Formation | 27 |
| Die Gesteinseinheiten der Hochwipfel Formation | 28 |
| Weitere Vorkommen von Konglomeraten und Brekzien | 31 |
| Bemerkungen zur Sedimentpetrographie | 33 |
| 5 Der Ablagerungsraum der Hochwipfel Formation in den Karnischen Alpen und Karawanken | 35 |
| 6 Zur Altersfrage | 41 |
| Conodonten-Stratigraphie | 42 |
| Die Kirchbach Formation auf der Wipfel Alm | 44 |
| Östlicher Döbernitzengraben | 48 |
| Auernigalm – 2. Graben gegen Rio Bombaso | 49 |
| Profil Forcella Monumenz (2.240 m) – Pic Chiadin (2.302 m) – Marinelli Hütte (2.122 m) | 50 |
| Olistholithe? | 54 |
| 7 Alte und neue Pflanzenfunde in der Hochwipfel Formation | 59 |
| Erforschungsgeschichte der Pflanzenfossilien aus den Karnischen Alpen | 61 |
| Erhaltungszustand | 62 |
| 8 Systematische Beschreibung der Pflanzenfossilien der Hochwipfel Formation | 65 |
| Schachtelhalme (Equisetopsida) | 66 |
| Bärlappgewächse (Lycopodiopsida, Lycoposiden) | 77 |
| Farnlaubige Pflanzen (Pteridophyllopsida) | 83 |
| Isolierte Achsen | 104 |
| Isolierte Fruktifikationen | 108 |
| Samen | 111 |
| 9 Beschreibung der einzelnen Fundpunkte | 113 |
| 10 Das Geheimnis des Hochwipfels ... | 131 |
| 11 Literatur | 137 |
| Tafeln | 145 |
| Dank | 162 |

Verlags- und Redaktionsadresse:
Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten
Museumgasse 2, 9020 Klagenfurt am Wörthersee, Austria
Telefon: +43 (0)50 536-30574
Fax: +43 (0)50 536-30597
E-Mail: nwv@landesmuseum.ktn.gv.at
Internet: www.naturwissenschaft-ktn.at

Gedruckt mit der Unterstützung des Landes Kärnten

LAND  KÄRNTEN
Kultur



Autoren: Dr. Herbert Kabon, Prof. Dr. Hans Peter Schönlaub
Redaktion: Dr. Claudia Dojen
Umschlag, Layout, Satz und Repro: Werk 1, Villacher Straße 1A, 9020 Klagenfurt am Wörthersee
Druck: Christian Theiss GmbH., Am Gewerbepark 14, 9431 St. Stefan im Lavanttal
Umschlagbilder: Blick von Norden auf den Hochwipfel (Foto: H. P. Schönlaub);
Rückseite: oben: Sphenopteridium dissectum vom Tröpolacher Almweg (Foto: H. Kabon);
unten: Archaeocalamites radiatus vom Tröpolacher Almweg (Foto: H. Kabon)

Auflage: 800
Schrift: Circular Std, Minion Pro
Papier: Allegro halbmatt, 90 g, 0,82f. Vol.

Zitiervorschlag:
KABON, H. & SCHÖNLAUB, H. P. (2019): Das geologische Geheimnis der Hochwipfel Formation der Karnischen Alpen (Österreich/Italien). – Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Klagenfurt am Wörthersee, 160 S.

ISBN: 978-3-85328-084-3

Klagenfurt am Wörthersee, April 2019
Alle Rechte vorbehalten.

Zusammenfassung

Die Hochwipfel Formation umfasst eine mehr als 1000 m mächtige Abfolge von Sandsteinen (Litharenite), sandigen Schiefern, Siltsteinen sowie kalkigen und siliziklastischen Konglomeraten und Brekzien. In den Sandsteinen findet sich eine Vielzahl von Pflanzenfossilien, die trotz des Transportes vom Festland in ein tiefes Meeresbecken überliefert wurden. Die in diesem Buch beschriebenen Pflanzenfossilien stellen Grabgemeinschaften dar, d.h. Pflanzenteile unterschiedlicher Standorte (nass bis trocken) wurden zusammengeschwemmt und gemeinsam abgelagert.

Die Florenliste umfasst 49 Taxa bzw. 24 natürliche Arten (ohne Organtaxa). Das häufigste Fossil im ältesten Abschnitt der Hochwipfel Formation ist der Schachtelhalm *Archaeocalamites radiatus*. Als Besonderheit konnten auch ährenförmige Sporangienstände der *Archaeocalamiten* (*Pothocites* sp.) nachgewiesen werden. Im mittleren Abschnitt der Formation findet sich die Untergattung *Mesocalamites*, die erstmals im späten Oberviséum vorkommt. Stratigraphisch ebenfalls wichtig sind aus diesem Abschnitt Achsen mit *Dictyoxyylon* Struktur, die auf das Vorkommen von *Lyginopteris* schließen lässt und ab dem späten Oberviséum häufig ist. Farnlaubige Pflanzen wie *Sphenopteridium dissectum*, *Adiantites tenuifolius*, *Rhodea sparse-squarrosa* und *Rhodea hochstetteri* sind weitere charakteristische Viséum-Arten. Erstfunde für die Karnischen Alpen sind die zu den Bärlappen zählenden Arten *Lepidodendropsis* cf. *hirmeri*, *Lepidodendron* cf. *acuminatum* und *Lepidodendron volkmannianum* sowie die Farnsamer-Fruktifikation *Calathiops* cf. *zeilleri* und der mögliche Farnstamm *Megaphyton kuhianum*.

Die Sammlertätigkeiten und wissenschaftlichen Arbeiten der beiden Autoren erlauben eine Dreigliederung der Hochwipfel Formation:

1. Der älteste Abschnitt hat sowohl nach Conodonten in den jüngsten Kalken der Pal Grande Formation als auch nach der Flora der Marinelli Hütte in der basalen Hochwipfel Formation ein älteres bis mittleres Oberviséum-Alter.
2. Der mittlere Abschnitt wird durch mächtige Pakete von Lyditbrezien und Konglomeraten (Olisthostrome) gekennzeichnet, die knapp über dem Erstauftreten der Untergattung *Mesocalamites* liegen. Auch die Kirchbach Formation am Hochwipfel gehört in diesen mittleren Abschnitt. Die diverse und relativ reiche Fossilführung zeigt ein Alter im älteren (?) Teil der Serpukhovium-Stufe am Ende des Unterkarbons (Mississippian) an.
3. Der obere Abschnitt der Hochwipfel Formation liegt über dem Hauptvorkommen der Lyditbrekzien und Konglomeraten. Es dominieren typische Turbiditsequenzen mit lokalen Einschaltungen grober klastischer Partien.

Die Obergrenze dieser Einheit ist zurzeit nicht direkt datierbar. Da die darüber liegende Basis der Auernig Formation nach der jüngeren Literatur ein Alter von ca. 307 bis 308 Millionen Jahren hat, lässt sich für die Hochwipfel Formation aber ein zeitlicher Gesamtumfang von maximal 340 bis 307 Millionen Jahren vor heute angeben.

Abstract

The Hochwipfel Formation encompasses more than 1000 m of sandstones (litharenites), arenaceous shales, siltstones as well as calcareous and siliciclastic conglomerates and breccias. Within the sandstones diverse plant fossil have been found, which were mostly fragmented during transportation from the continental mainland to the deep marine basin. The plant fossils described here represent a death assemblage (taphocoenosis), meaning that they derived from different wet to dry habitats.

The total floral list comprises 49 taxa respectively 24 natural species. Among the most abundant fossils within the lower part of the Hochwipfel Formation is the horsetail plant *Archaeocalamites radiatus*. Of special importance is the record of fructifications of the genus *Archaeocalamites* known as *Pothocites* sp. In the middle part of the Formation *Mesocalamites* appears, which has a first record in the late upper Viséan. Of stratigraphically importance of this part is also the occurrence of axes showing a *Dictyoxyylon* structure indicating the genus *Lyginopteris* and suggesting also a late upper Viséan age. Members of the family Pteridophyllae like *Sphenopteridium dissectum*, *Adiantites tenuifolius*, *Rhodea sparse-squarrosa* and *Rhodea hochstetteri* are distinct species of the Viséan Stage as well. First occurrences for the Carnic Alps are recorded for the members of the clubmoss family Lycopodiaceae *Lepidodendropsis* cf. *hirmeri*, *Lepidodendron* cf. *acuminatum* and *Lepidodendron volkmannianum* and in addition for *Calathiops* cf. *zeilleri* (a seed-fern fructification) and the fern stem (?) *Megaphyton kuhianum*.

Based on 20 years of fossil plant collecting and scientific studies the Hochwipfel Formation is subdivided by the authors into three members:

1. The oldest part are assigned to the older and middle upper Viséan Stage due to conodonts in the youngest limestones of the Pal Grande Formation and due to the Flora of the Marinelli Hut in the basal Hochwipfel Formation.
2. The middle part is represented by thick packages of chert breccias and conglomerates ('olisthostromes'), which occur just above the first appearance of the subgenus *Mesocalamites*. Also, the reworked Kirchbach Formation at mountain Hochwipfel is part of the middle part. The rich and diverse fossil remains indicate an age within the lower Serpukhovian Stage at the end of the Mississippian.
3. The upper part of the Hochwipfel Formation overlies the main occurrences of chert breccias and conglomerates. Typical turbidite sequences with local intercalations of coarse clastics are dominating the lithology.

The upper boundary of the Hochwipfel Formation has yet not been directly dated. Due to the assignment of the overlying post-Variscan sedimentary cover (transgressive base of the Auernig Formation) to an age of 307 to 308 million years, the Hochwipfel Formation ranges from some 340 to 307 million years before present.

1 Einleitung



Einleitung



Abb. 1: Blick von Norden auf Hochwipfel (2.195 m). Foto: H. P. Schönlaub

Die Hochwipfel Formation ist das am weitesten verbreitete und mit über 1000 m das mächtigste Gestein in den Karnischen Alpen. Es reicht von der Kärntner Grenze zu Osttirol nicht nur bis zum Ostende der Karnischen Alpen bei Arnoldstein, sondern setzt sich darüber hinaus in der gleichen lithologischen Ausbildung auch in den West- und Ostkarawanken fort. Die Formation besteht v.a. aus quarzreichen Sandsteinen, Siltsteinen und Schiefen des Karbon Zeitalters (mittleres Viséum bis älteres Bashkirium) und wurde nach dem Hochwipfel (Abb. 1) südlich von Kirchbach im Gailtal benannt. An der Basis der Gesteine können Kalkbrekzien vorkommen. Im Laufe der Erforschungsgeschichte wurden diese Gesteinseinheiten verschiedentlich benannt. Nach der Revision der lithostratigraphischen Einheiten der Karnischen Alpen wird heute der Begriff „Hochwipfel Formation“ verwendet, der synonym zu den älteren Bezeichnungen „Hochwipfelkarbon“, „Hochwipfel-Flysch“ und „Hochwipfel-Fazies“ ist. In die Hochwipfel Formation sind die kalkigen Ablagerungen der Kirchbach Formation eingeschaltet.

Was wären die Karnischen Alpen ohne Hochwipfel Formation? Die klastischen Gesteine sind ein unverzichtbares Element dieses Gebirges, denn sie machen die Karnischen Alpen zu jener einzigartigen Landschaft, für die sie weithin bekannt sind: Die Kombination und das Nebeneinander zwischen Kalkgesteinen aus verschiedenen Erdperioden und Schiefen und Sandsteinen aus dem Karbon, der Steinkohlenzeit.

Die quarz- und tonreichen Gesteine der Hochwipfel Formation trennen die West-Ost-gerichteten Kalkzüge, die wie Spielkarten von Süden nach Norden geschoben einzelne „Decken“ bilden. Zwischen den schroffen roten, grauen, weißen und schwarzen Kalkgesteinen ist die Morphologie sanfter, hier breiten sich Almen und Blumenwiesen aus, bedecken Wälder den fruchtbaren Untergrund. Dieser besteht aus verwittertem Gestein, das zu einem Großteil von der Hochwipfel Formation gebildet wird. Heute liefert er nicht nur den Boden für die ertragreiche Weide- und Forstwirtschaft, sondern speist auch viele Quellen.

Verschiedene Teilsysteme der Bio-, Atmo-, Hydro- und Lithosphäre, die innerhalb der Geosphäre miteinander in Beziehung stehen und veränderlich sind, verflechten sich hier: Die gesamte, durch den geologischen Untergrund und durch den belebten Boden abhängige Vegetation tauscht mit der Atmosphäre über Atmung und Photosynthese Sauerstoff und Kohlendioxid aus, Wurzeln nehmen Wasser und darin gelöste Stoffe auf und geben über die Blätter Wasserdampf ab. Ein Teilsystem greift in das andere und wird als Ganzes zum System Erde, das letzten Endes der gesamten Fauna und Flora inklusive der Menschheit dient.

Die Hochwipfel Formation ist ein winziges Rad in diesem global wirkenden Beziehungsgeflecht, das in ihrer Tragweite vielfach unterschätzt wird. Im Folgenden gehen wir näher auf die vielfältige Geschichte dieser Gesteine ein, die seit Mitte des 19. Jahrhunderts die wissenschaftliche Neugierde von Generationen von Geologen geweckt haben.

An aerial photograph of a mountain valley, heavily tinted with a green color. The image shows a large mountain range in the background with snow-capped peaks. The middle ground is dominated by dense, dark green forests covering the slopes. In the foreground, there is a valley floor with patches of green fields, small clusters of buildings, and a winding road. The sky is filled with white, fluffy clouds. The overall scene is a typical mountain landscape.

2 Erforschungs- geschichte

Erforschungsgeschichte

Die Erforschungsgeschichte begann nach der Gründung der k.k. Geologischen Reichsanstalt im Jahr 1849. Damals wurden alle paläozoischen Gesteine der Karnischen Alpen als Gailtaler Schichten bezeichnet. Die Basis bildete der Gailtaler Kalk, das Hangende die Gailtaler Schiefer. Diese Gliederung reichte aber bald nicht mehr aus und man sah sich gezwungen, die unteren von den oberen Gailtaler Schichten zu trennen. Hier unterschied man jede in eine untere Kalk- und eine obere Schieferabteilung. Die liegenden und die hangenden Gailtaler Schichten wurden für Karbon gehalten und als Äquivalente des Karbons von Nötsch gesehen (vgl. HERITSCH 1936: 25-27).

Mit dem stratigraphischen Nachweis über die Vertretung von Ordoviz und Silur (STACHE 1872a & b, 1873, 1874, 1884) und Devon (SUESS 1868 bzw. FRECH 1887) wurde ein neues Kapitel in der stratigraphischen Forschung im Altpaläozoikum in den Karnischen Alpen und Karawanken aufgeschlagen. Basierend auf Pflanzenfunden aus dem Naßfeldgebiet durch STUR (1868) und UNGER (1869) kam die scharfe Abgrenzung des Oberkarbons durch FRECH (1894) hinzu. Der gleiche Forscher führte 1894 den Begriff der Mauthener Schichten ein, die bis zu 2000 m mächtig sind und größtenteils Ordovizium vertreten sollten. Nach Frech gehörten dazu bläuliche Tonschiefer, schwarze Kieselschiefer, Grauwacken, Quarzite, Konglomerate und verschiedene Bänderkalke. Der Begriff setzte sich allerdings nicht durch, zumal hier verschieden alte Gesteine zusammengefasst wurden. Frech war aber der erste, der die Schieferfolgen auf der Südseite der Karnischen Alpen als „Culm“ bezeichnete, also ins Unterkarbon einordnete. Als Beleg führte er Spuren von Landpflanzen von der Pramasio Alm (auch Promosalpe bzw. im Italienischen „Malga Pramasio“ genannt) und Stammabdrücke von *Archaeocalamites* vom Südosthang des Kollinkofels an.

Dem Begriff der Mauthener Schichten konnte der verdienstvolle Aufnahmegeologe GEYER (1896) nicht folgen. Er fand in den von Frech als Culm bezeichneten Schiefen der Mauthener Schichten einerseits Graptolithen des Silurs, andererseits glimmerreiche Sandsteine mit *Archaeocalamites*. Diese hielt er aber für Pseudocalamiten und stellte das Karbon-Alter in Frage. Damit verneinte er eine Vertretung von Unterkarbon und hielt weiterhin am ordovizischen Alter für die Schiefer, Grauwacken, Sandsteine und Konglomerate fest. Maßgebend dafür waren an verschiedenen Stellen Funde von angeblich silurischen Graptolithen, die ein altpaläozoisches Alter dieser Gesteine vermuten ließen (vgl. FLÜGEL et al. 1959: 157).

Mit dem Einsetzen der Arbeiten der italienischen Geologen M. Gortani und P. Vinassa de Regny zu Beginn des 20. Jahrhunderts änderten sich diese Vorstellungen (VINASSA DE REGNY 1906a, b; VINASSA DE REGNY & GORTANI 1905; GORTANI 1905, 1906, 1910, 1921). Sie fanden typische oberkarbonische Florengemeinschaften an der Südseite der Hohen Warte nahe der Marinelli Hütte, bei der Mündung des Chianaletta-Baches, nördlich von Paularo, am Großen Pal und bei der Casera Collinetta, die der

Meinung von Frech als eine Vertretung von Culm und damit Unterkarbon widersprachen. Basierend auf eigenen Funden am Großen Pal, am Weg vom Plöckenpaß zur Casera Collinetta di sopra und bei der Marinelli Hütte bestand aber KRAUSE (1928) auf dem Culm-Alter der pflanzenführenden Schiefer und Sandsteine in diesem Gebiet. In der Folge entwickelte sich zwischen Vinassa de Regny, Frech, Gortani und Geyer ein wissenschaftlicher Disput über die Bestimmungen der Pflanzen und ihr Alter, zumal der Erhaltungszustand der Florenreste überaus schlecht war und keine eindeutige Bestimmung zuließ (HERITSCH 1943: 454).

Zur Klärung dieser Streitfrage trug erst die Meinung von HERITSCH (1928) bei, nach der der normalen Entwicklung des Oberkarbons mit den Gesteinen der Auernig Formation eine rein schiefrig entwickelte Abfolge gegenüberstand, die er als Hochwipfelfazies bezeichnete. Beide werden durch die variszische Diskordanz getrennt, wobei „die große Variszische Gebirgsbildung der Karnischen Alpen in die Zeit vor der Transgression der Auernigschichten fällt“ (HERITSCH 1943: 455). D.h., die ältere Hochwipfelfazies wird von der jüngeren Auernig Formation diskordant überlagert (Abb. 2). Eine weitere, ältere Diskordanz trennt das kalkige Altpaläozoikum von den Gesteinen des „Hochwipfelkarbons“, das nach Heritsch aus einem Komplex von vorwiegend feinklastischen Gesteinen von flyschartigem Charakter repräsentiert wird. Bei dieser Zweiteilung stützte sich HERITSCH (1929) in erster Linie auf Pflanzenfunde von GORTANI (1905, 1906, 1910, 1921), die er als Äquivalent der Namur-Stufe des älteren Oberkarbons auffasste. In Analogie zum Karbon von Nötsch vertrat VON GAERTNER (1931: 154) jedoch die Annahme eines Unterkarbon-Alters (= Kulm) für die Gesteine des Hochwipfelkarbons, wobei er aber meinte, dass sie noch bis in das Namur und damit bis in das älteste Oberkarbon der seinerzeitigen zentral- und westeuropäischen Gliederung des Karbons reichen könnten.

Mitte des 20. Jahrhunderts erlebte die Biostratigraphie dank des Einsatzes von innovativen mikro- und nannopaläontologischen Untersuchungsmethoden viele neue Impulse. Als einer der Ersten erkannte Helmut Flügel von der Universität in Graz das Potenzial von Conodonten für die Lösung schwieriger stratigraphischer und tektonischer Fragestellungen. In den Karnischen Alpen betraf dies als erstes ein von HABERFELNER (1932) gefundenes Fossil, das dieser als Graptolith deutete und unter dem Namen *Rastrites geyeri* n. sp. aus dem ältesten Untersilur beschrieb. Die Revision durch ZIEGLER (in FLÜGEL, GRÄF & ZIEGLER 1959) ergab jedoch, dass es sich um den Abdruck eines Conodonten auf einem schwarzen Lydit handelt. Seine Bestimmung ergab die Gattung *Polygnathus* sp., für den ein Alter vom jüngsten Oberdevon bis in das Unterkarbon vermutet wurde. Damit konnte ein Alter, das älter als jüngstes Oberdevon ist, für die Lydite ausgeschlossen werden. Wie die Neubegutungen von Flügel, Gräf und Ziegler zeigten, handelt es sich bei den Vorkommen Conodonten-führender Lydite um sedimentäre Einschaltungen in dunklen, teilweise sandigen Schiefen des „Hochwipfelkarbons“.

Der Beginn der heutigen Hochwipfel Formation wird nach dem Alter der zeitlich jüngsten, von den Gesteinen des Hochwipfelkarbons überlagerten Kalken angezeigt. Hier lieferte vor allem VON GAERTNER (1931: 151) die entscheidenden Hinweise, nach denen auf der „Grünen Schneid“ westlich des Cellongipfels Goniatiten-führende Kalke des älteren Unterkarbons von Hochwipfelkarbon transgressiv überlagert werden. Die klastische Entwicklung des Hochwipfelkarbons scheint damit ohne größere zeitliche Lücke direkt an die Sedimentation der Kalke des Unterkarbons anzuschließen.

In seiner Monographie über die Karnischen Alpen schloss sich SELLI (1963a, b) diesen Vorstellungen an: Danach reicht das „Hochwipfelkarbon“ vom älteren Unterkarbon (Visé-Stufe) bis in die Westfal B-Stufe der westeuropäischen Gliederung. SELLI (1963a) war auch der erste, der den Begriff Hochwipfel Formation (Formazione dell' Hochwipfel) verwendete. Der Nachweis von Sporen im Hochwipfelkalk durch FRANCAVILLA (1966) beschränkt das Alter dieser Gesteine nicht nur auf das Karbon, sondern scheint die Zugehörigkeit auf einen noch engeren Zeitraum vom Namur bis zum Westfal B zu begrenzen. Dieser Meinung stehen allerdings neue Pflanzenfunde wie die „Flora der Marinelli Hütte“ von VAN AMEROM et al. (1983) entgegen, die für eine Einstufung der basisnahen Anteile des Hochwipfelkalkes in das mittlere Viséum sprechen. Unter Berücksichtigung der von FRANCAVILLA (1966) und GORTANI (1905, 1906, 1910, 1921) beschriebenen Mikro- und Makroflora könnten allerdings die jüngsten Gesteine bis in die untere Westfal-Stufe reichen, das heißt, bis in die Bashkirium-Stufe des Oberkarbons (Pennsylvanium). Diese Ansicht wird auch in der mit den Richtlinien der ICS übereinstimmenden stratigraphischen Tabelle der prävariszischen Einheiten der Karnischen Alpen von den damit befassten Autoren vertreten (SPALLETTA et al. 2015). Nach dieser Revision der lithostratigraphischen Einheiten der Karnischen Alpen ist heute der Begriff „Hochwipfel Formation“ zu verwenden, der synonym zu den älteren Bezeichnungen „Hochwipfelkarbon“, „Hochwipfel-Flysch“ und „Hochwipfel-Fazies“ ist.

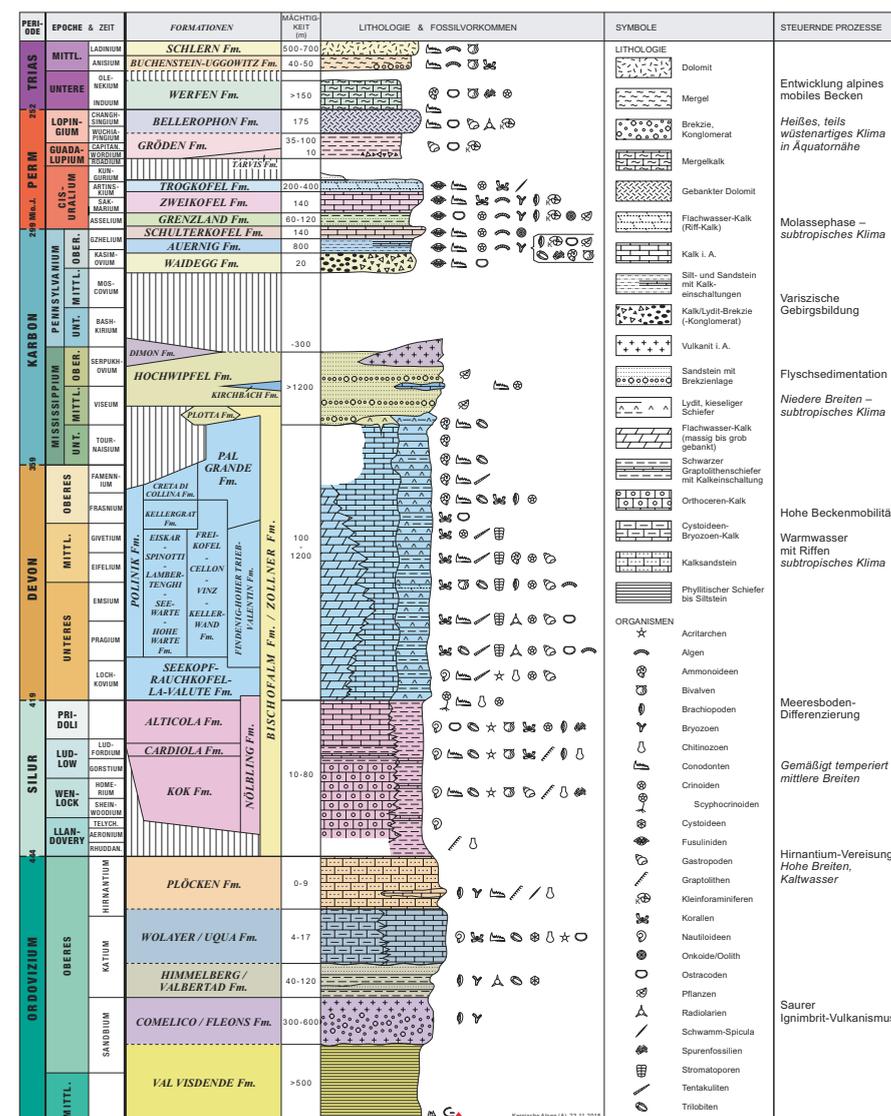


Abb. 2: Stratigraphische Gliederung der Schichtfolge in den Karnischen Alpen vom Ordovizium bis in die Mitteltrias-Zeit mit der Hochwipfel Formation im Karbon. In der rechten Spalte sind die steuernden Prozesse vermerkt. © Geologische Bundesanstalt Wien, Grafik M. Brüggemann-Ledolter

3

Geographische und stratigraphische Verbreitung



Geographische und stratigraphische Verbreitung

In den Karnischen Alpen reicht die Hochwipfel Formation (Abb. 3, 4) vom Westende des Biegengebirges westlich des Wolayersees (Bordaglia-Störung) bis zum Fluß Gailitz bei Thörl-Maglern (SCHÖNLAUB 1982a). Sie ist aber nicht nur auf österreichischem Staatsgebiet verbreitet, sondern auch jenseits der Staatsgrenze im italienischen Anteil der Karnischen Alpen (VENTURINI, edit. 2001, 2002). Südlich des Plöckenpasses kommen die Gesteine der Hochwipfel Formation in einer 1-2 km breiten Zone vor; daran schließen im Süden in einer Breite bis zu 10 km die nächst jüngere karbonische Gesteinsgesellschaft der vulkanoklastischen Dimon Formation bis etwa längs der Linie von Comeglians, Paluzza und Paularo an. Im Osten ist die Hochwipfel Formation hingegen auf schmale Streifen im oberen Uquatal beschränkt. Nach unserem heutigen Kenntnisstand findet sich in den gesamten Karnischen Alpen mit Ausnahme des Profils „Pic Chiadin“ kein geschlossenes Profil der Hochwipfel Formation.

Als Stratotyp wurde von der Arbeitsgemeinschaft zur Neudefinition aller prä-variszischen Einheiten in den Karnischen Alpen (CORRADINI & SUTTNER 2015) das Rio Chianaletta-Profil (Koordinaten N 46°36'13.7"/ E 12°50'02.8") für die Untergrenze und die Profile von Collina-Tors und Givigliano (N46°34'36"/E 12°49'13" bzw. N 46°34'19", E 12°49'21") für die Obergrenze ausgewählt (PERRI & SPALLETTA 1998; SPALLETTA & VENTURINI 2009). Die Basis ist damit in einem Profil am Fuß des Biegengebirges nördlich des Ortes Collina aufgeschlossen, wo über Kalken der Pal Grande Formation eine rund 2 m mächtige, mit Conodonten in die Viséum-Stufe datierte Kieselschiefer-Kalk-Folge der Zollner Formation liegt und anschließend die basalen Anteile der Hochwipfel Formation folgen. Die Obergrenze liegt zwischen den Orten Collina, Tors und Givigliano an einem Rücken, der den Rio Fulin und den T. Degano trennt. Er wird von einer rund 550 m mächtigen Wechselfolge von Quarzareniten, Siltsteinen und Schiefern der typischen Hochwipfel Formation aufgebaut, in die sich rote bis grüne Siltschiefer, Sandsteine und Schiefer mit vulkanoklastischen Einschaltungen der Dimon Formation einschalten.

Als Referenzprofil wurde von SPALLETTA et al. (2015) das Profil „Pic Chiadin“ vorgeschlagen, dass von der Forcella Monumenz (2.240 m) über den Pic Chiadin (2.307 m), dem Rifugio Marinelli (2.122 m) zum Monte Floriz (2.184 m) verläuft. Nach Meinung der Autoren ist nur in diesem Profil in den gesamten Karnischen Alpen eine

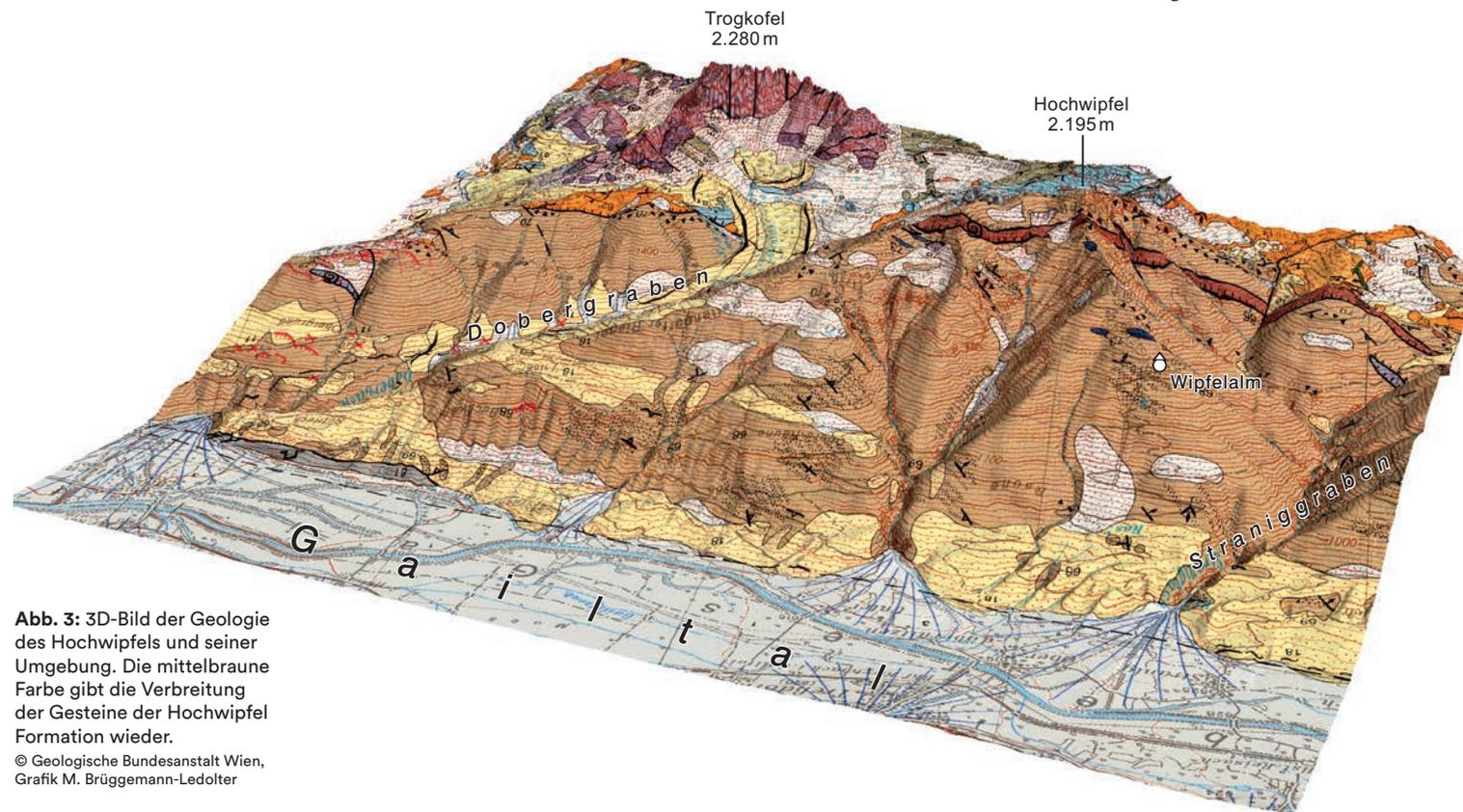
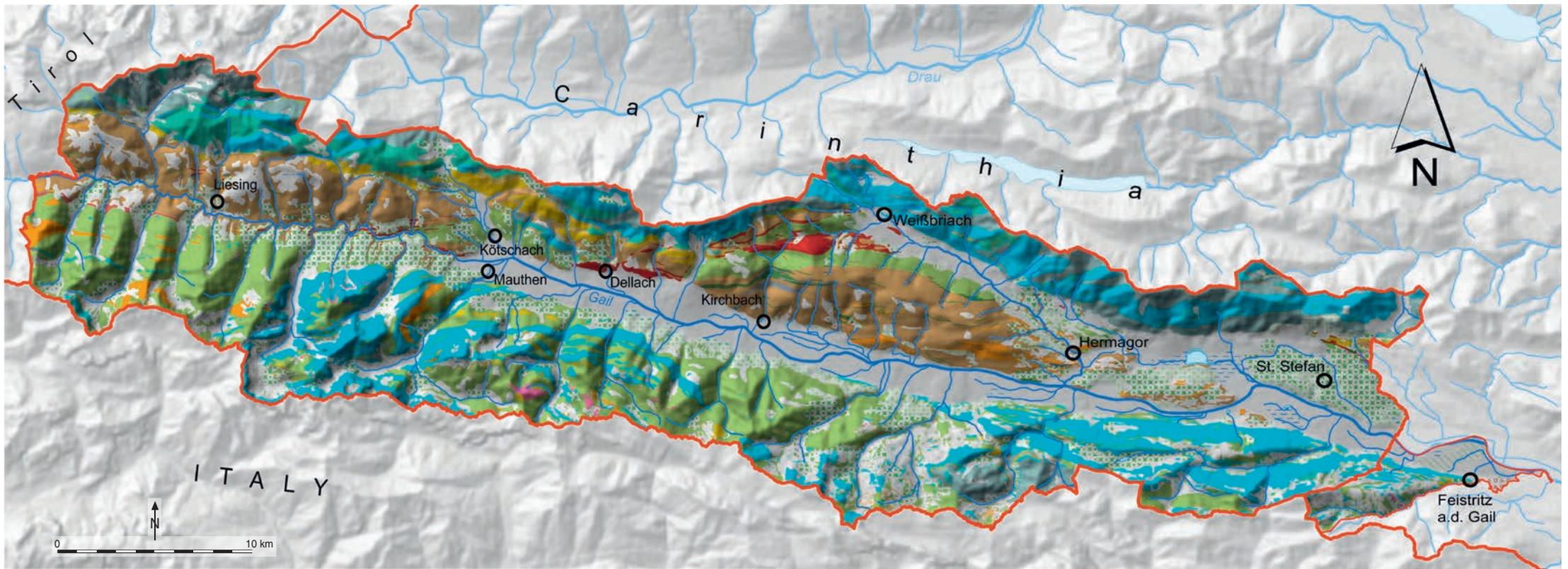


Abb. 3: 3D-Bild der Geologie des Hochwipfels und seiner Umgebung. Die mittelbraune Farbe gibt die Verbreitung der Gesteine der Hochwipfel Formation wieder.

© Geologische Bundesanstalt Wien, Grafik M. Brüggemann-Ledolter



- | | |
|--|---|
| <p>Quartär</p> <ul style="list-style-type: none"> Quartär ungliedert Vernässung, Sumpf, Moor junge Talböden, Auzonen, Wildbachschutt Schwemmkegel und Schwemmfächer Lehm Hangschutt und Hangbrekzien, Muren Bergsturzblockwerk Konglomerat periglazialer Schuttstrom, Solifluktuionsdecken, Blockletscher Vorstoßschotter, Sande, Eisandterrassen Moränen, Moränenstreu (Würm bis Holozän) Seeablagerungen, Deltas <p>Prätertiäres Grundgebirge</p> <ul style="list-style-type: none"> Sandstein, Siltstein, Tonstein, lokal Konglomerat Konglomerat, Brekzie Karbonate, vorwiegend Kalkstein | <ul style="list-style-type: none"> Karbonate, Mergel, kieseliger Kalkstein Karbonate, vorwiegend Dolomit Karbonate, Schiefer, Sandstein Quarzit, Metapsammit, Psammitphyllit, z.T. graphitisch, z.T. karbonatisch Phyllit, Tonschiefer, z.T. Sandstein, Phyllonit, Leukophyllit Radiolarit, Kieselschiefer, Lydit Kalkglimmerschiefer, Kalksilikatgneis Glimmerschiefer, Paragneis, Gneis undifferenziert Amphibolit, Eklogit Ganggestein Marmor Diorit, Tonalit Granit, Orthogneis Tuff, Tuffit-schiefer, (Meta-)Vulkanit ungliedert Diabas, Grünschiefer |
|--|---|

Abb. 4: Geologische Karte des Gebietes des Geopark Karnische Alpen. Die grün gefärbten Bereiche in der unteren Bildmitte bestehen aus den Gesteinen der Hochwipfel Formation.
 © Geologische Bundesanstalt Wien, Grafik M. Brüggemann-Ledolter

vollständige Abfolge von der Basis bis nahe der Obergrenze von Hochwipfel und Dimon Formation aufgeschlossen (vgl. Abb. 6, 24). KRAINER (1992: 123) erwähnt zwar das Profil Pic Chiadin, sieht jedoch die Hochwipfel Formation immer nur in Teilprofilen erhalten, deren stratigraphische Position innerhalb der Gesamtfolge mangels an Fossilien oder bestimmten Leithorizonten in der Regel nicht bekannt ist.

Nach SCHÖNLAUB et al. (1991) ist die Obergrenze der Kalkfolgen aus dem Devon und Unterkarbon (also die die Hochwipfel Formation unterlagernde Gesteinseinheit) als Paläorelief ausgebildet und weist deutliche Kennzeichen von Paläokarst auf. Während ein Großteil der Profile als geschlossene Kalkfolge bis zur Devon/Karbon-Grenze reicht, enden die anderen Profile entweder im Oberdevon, andere wenige hingegen an der Tournaisium/Viséum-Grenze (SCHÖNLAUB et al. 1991; SCHÖNLAUB & KREUTZER 1993). Darüber folgen meist schwarze Lydite, Kollapsbrekzien oder Horizonte mit Kalkgeröllen, die durch eine Conodonten-Mischfauna aus verschiedenen devonischen Zeitabschnitten charakterisiert werden. Eine gute Zusammenfassung über die Basisbildungen findet sich in KRAINER (1992: 122-123).

SCHÖNLAUB (1985a) weist darauf hin, dass auf österreichischer Seite die Hochwipfel Formation aus einer über 1000 m mächtigen klastischen Gesteinsfolge besteht, in der Sandsteine, Grauwacken und blaugraue Siltschiefer dominieren. Der Anteil und die Mächtigkeit dieser Gesteinstypen können allerdings stark variieren.

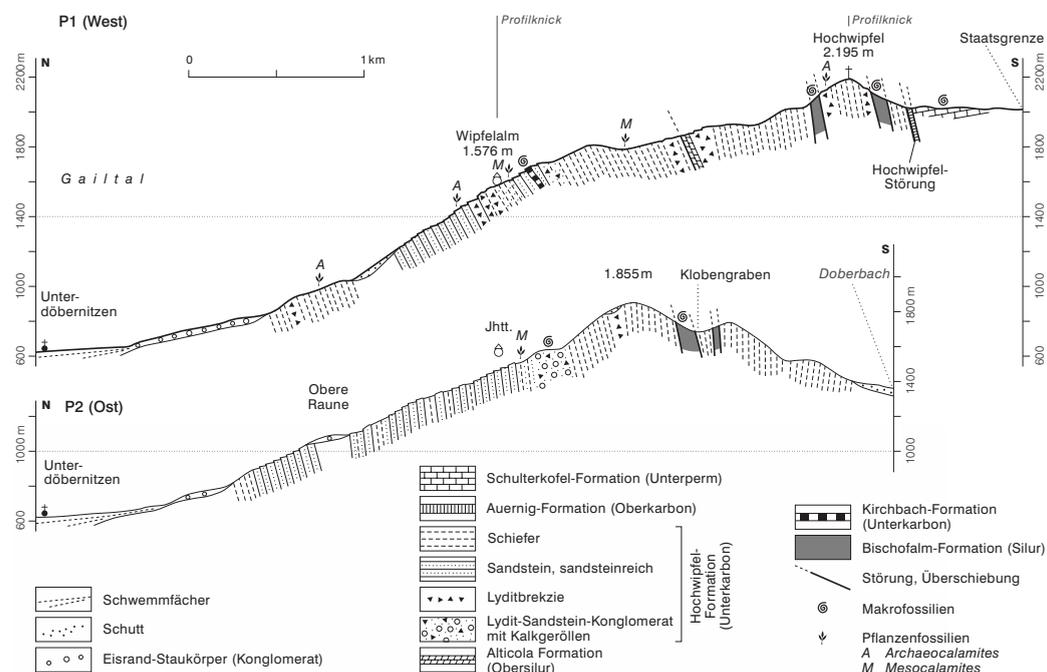


Abb. 5: N-S Profil 1 (West) und Profil 2 (Ost) vom Gailtal über Wipfelalm zum Hochwipfel (2.195 m) bzw. oberer Doberbach. © Geologische Bundesanstalt Wien, Grafik M. Brüggemann-Ledolter

Insbesondere nördlich der tektonisch begrenzten Dolomite des Feldkogelzuges ist eine auffallende Mächtigkeitszunahme der Sandstein- und Grauwackenbänke im Vergleich zu den südlich verbreiteten Schichtfolgen der Hochwipfel Formation zu beobachten. Häufig finden sich hier bis zu 6 m mächtige Sandsteinbänke, die an der Basis häufig Pflanzenreste eingestreut haben (Abb. 5).

Während die Basis an verschiedenen Stellen an der Obergrenze der darunter liegenden Kalkprofile an vielen Stellen aufgeschlossen ist, ist die Obergrenze in der Regel tektonisch amputiert. Diese Situation ist mit ein Grund, dass es nicht oder nur sehr unsicher möglich ist, die Flyschfolge in einzelne Abschnitte zu untergliedern und durch eine bestimmte Gesteinsgesellschaft zu charakterisieren.

Dazu kommt die Frage der Stellung der Kirchbach Formation, bei der es sich um kalkige Einschaltungen innerhalb der Hochwipfel Formation handelt. Bereits beim Bau der Transalpinen Ölleitung durch die Karnischen Alpen wurden von PÖLSLER (1967) erstmals bis zu 10 m mächtige, Conodonten-führende Kalkeinschaltungen aus

dem Grenzbereich Viséum/Serpukhovium innerhalb der Hochwipfel Formation bekannt gemacht. Im Zuge der Kartierung wurden an mehreren Stellen weitere Kalke und Kalkgerölle auf dem Kartenblatt Weißbriach gefunden (SCHÖNLAUB 1981, 1983), die von ihm als Kirchbach-Kalk bezeichnet wurden. Seit der nomenklatorischen Revision wird diese Einheit als Kirchbach Formation geführt (SCHÖNLAUB et al. 2015).

Nach FLÜGEL & SCHÖNLAUB (1990) besteht die rund 8 m mächtige Kirchbach Formation aus feinkörnigen bioklastischen Kalken mit aufgearbeiteten Kalkklasten (wackstones, packstones, grainstones, rudstones). An makroskopischem Fossildetritus sind Cephalopoden, Crinoiden und gelegentlich Korallen zu beobachten. Nach den reichlich vorhandenen Conodonten wurde zu Beginn die Kirchbach Formation als ein Äquivalent der *Eumorphoceras* Stufe E2 in die basale Namurium-Stufe eingeordnet. Dazu kommen ältere Conodonten-Elemente aus der Viséum-Stufe sowie „exotische“ Korallen und Algen als Hinweis auf ein Liefergebiet im Zeitraum zwischen dem spätem Viséum und frühem Serpukhovium. Nach Neuuntersuchungen von AMLER et al. (1991) und einer Neuaufsammlung und -bewertung durch KRAINER & VACHARD (2015) stammen die von ihnen beschriebenen Foraminiferen und Algen von einem – nicht mehr existierenden – Flachwasserschelf, von wo sie als Klasten (Olistholithe) in den Flyschtrog der Hochwipfel Formation geliefert wurden (vgl. Abb. 13). Andere Kalke sind hingegen tiefen marinen Ursprungs. Die umfangreiche Mikrofauna und -flora bestätigt die bisherige Alterseinstufung in die späte Viséum-Stufe. Unter Berücksichtigung der Umlagerungsprozesse vom Schelf in das Flyschbecken kann damit für die Bildung der Kirchbach Formation ein Zeitraum vom späten Viséum bis in das Serpukhovium, d.h. spätes Unterkarbon angenommen werden.

Im Zuge des Baus von Almwirtschaftswegen und Forststraßen im österreichischen Anteil der Karnischen Alpen wurden längere Profilabschnitte mit Gesteinen der Hochwipfel Formation vor allem entlang der neuen Straße vom Plöckenhaus bzw. Angerbachtal zur oberen Spielbodenalm, vom Gratzhof zur Zollnersehütte südlich Dellach/Gail, weiters von Mauthen zur Mauthener Alm, entlang der Straße von Oberdöbernitzen zum Kirchbacher Wipfel, im Dobergraben und entlang der Skitrasse bzw. Almwirtschaftstraße von Tröpolach zur Tröpolacher Alm und von Unterdöbernitzen nach Süden über die „Obere Raune“ bis in eine Höhe von annähernd 1.600 m aufgeschlossen. Weitere mehrere hundert Meter lange Profilabschnitte finden sich auf der Südseite des Nassfelds in drei Gräben, die in den Rio Bombaso münden, und entlang der Straße zwischen Auernigalm und dem Rio Bombaso (SCHÖNLAUB & FORKE 2007). Gute Aufschlüsse der Hochwipfel Formation finden sich auch auf dem Kartenblatt 199, Hermagor im Kesselwald zwischen Görtshacher Alm (1.629 m), Starhand (1.965 m) und Schönwipfel (1.913 m).

4

Lithologische Beschreibung der Hochwipfel Formation

Lithologische Beschreibung der Hochwipfel Formation

Für die Arbeiten an diesem Buch wurden von den Autoren Neukartierungen auf den Blättern 197 Kötschach, 198 Weißbriach und 199 Hermagor vorgenommen. Nach den daraus gewonnenen Erkenntnissen sind die ältesten Anteile der Hochwipfel Formation an folgenden Lokalitäten aufgeschlossen: auf der Grünen Schneid westlich des Gipfels des Cellon, nördlich der Marinelli Hütte, westlich des Valentintörls, in der Umgebung der Wolayersee-Hütte, im Kronhofgraben, am Hohen Trieb, am Großen Pal, auf der Südseite des Monte Zermula und am Schwarzwipfel in den östlichen Karnischen Alpen (SCHÖNLAUB et al. 1991, HERZOG 1988).

SPALLETTA et al. (1980) und SPALLETTA & VENTURINI (1988) unterscheiden in der Hochwipfel Formation die folgenden Faziestypen:

- sandig-pelitische Turbiditfazies
- Kalkbrekzien (Olisthostrome) in den basalen Anteilen
- siliziklastische Brekzien im Sinne von Lyditbrekzien
- siliziklastische Geröllströme, Konglomerate und massige Sandsteine.

Die Gesteinseinheiten der Hochwipfel Formation

Betrachtet man die Gesamtverbreitung der Hochwipfel Formation so lassen sich ohne Berücksichtigung obiger Gliederung im Wesentlichen drei Gesteinseinheiten unterscheiden, die im Folgenden beschrieben werden. Bilder zu den Gesteinseinheiten finden sich im Kapitel „Zur Altersfrage“ bei den verschiedenen Lokalitäten und auf den Tafeln im Anhang.

1. Sandig-pelitische Gesteine – Das Hauptgestein der Hochwipfel Formation

Die Hauptmasse der Hochwipfel Formation bilden die sandig-pelitischen Gesteinstypen. Unserer Meinung nach treten die Kalkbrekzien, Lyditbrekzien und Konglomerate vor allem in den tieferen Anteilen verbreitet auf. Diese Meinung ist allerdings umstritten und trifft vor allem auf das Profil „Pic Chiadin“ zu. Im Bereich der Süd- und Ostseite der Köderhöhe und der Köderköpfe kommen innerhalb der Hochwipfel Formation verbreitet kieselige Schiefer und grüngraue Lydite vor, die von SCHÖNLAUB (1985b) als Verzahnung zwischen der Zollner und Hochwipfel Formation gedeutet werden (vgl. Geologische Karte 197 Kötschach). So ist im Profil „Pic Chiadin“, das wir hier ausschnittsweise wiedergeben (vgl. Abb. 6, 24), der tiefere Abschnitt der Hochwipfel Formation in einer typischen Turbiditfazies mit zyklischen Abfolgen bestimmter Lithofaziestypen und teilweise Bouma-FU-Sequenzen hervorragend aufgeschlossen (VAN AMEROM et al. 1984, SPALLETTA & VENTURINI 1988, KRÄINER 1992).



Abb. 6: Blick von Südwesten auf Marinelli Hütte (2.122 m) mit der Seewart (2.595 m) und Hohen Warte (2.780 m) im Hintergrund. Der Wiesenrücken mit dem Pic Chiadin (2.302 m) hinter der Hütte wird von Gesteinen der Hochwipfel Formation aufgebaut.
Foto: H. P. Schönlaub

2. Resedimente (Turbidite, Brekzien und Konglomerate) in der Hochwipfel Formation

KRÄINER (1992) unterscheidet von grob- zu feinklastischen Abfolgen folgende Typen:

- Am auffallendsten sind Lyditbrekzien mit Mächtigkeiten zwischen wenigen Dezimetern und Metern, die teils gradiert sind. Sie führen meist eckige, vorwiegend schwarze, seltener hellgraue Lyditgerölle mit einigen cm Durchmesser, selten auch resedimentierte Feingerölle in einem Komponenten-gestützten Korngefüge. Nach KRÄINER (1992) geht ihre Entstehung aus hochkonzentrierten Trübeströmen (Turbiditen) hervor.
- Geröllströme (Mudflows) mit cm-großen Geröllen in einem Matrix-gestützten Gefüge. Ihre Entstehung geht auf wasserübersättigtes, wenig verfestigtes Material zurück.
- Graue kompakte und teils gradierte Sandsteine mit Mächtigkeiten von einigen Dezimetern. Auch hier handelt es sich um Absätze von hochkonzentrierten Turbiditen.
- Graue, horizontal geschichtete Sandsteine bis mehrere Dezimeter mächtig. Sie sind ebenfalls durch hochkonzentrierte Trübeströme entstanden.



Abb. 7: Schuttstrom mit Großgeröllen im obersten östlichen Döbernitzengraben.

Foto: H. P. Schönlaub



Abb. 8: Korallen-führendes Kalkgeröll im Schuttstrom im obersten Döbernitzengraben.

Foto: H. P. Schönlaub

- Dunkelgraue Tonsteine, Siltsteine bis Feinsandsteine mit Sedimentstrukturen (undeutliche Strömungsrippeln, Schrägschichtung und Deformationsstrukturen, Slumping), die aus niedrig konzentrierten Turbiditströmen hervorgehen.
- Dunkelgraue horizontal geschichtete, teilweise gradierte Siltsteine mit vereinzelten Deformationsstrukturen, die ebenfalls aus niedrig konzentrierten Trübestömen entstanden sind.
- Laminierte Ton- und Siltsteine mit kleinen Strömungsrippeln. Sie entstammen entweder niedrig konzentrierten Trübestömen oder bodennahen Strömungen.

3. Kalkbrekzien (Olisthostrome) in den basalen Anteilen der Hochwipfel Formation im Döbernitzengraben

In ihrer stratigraphischen Stellung sind die Einschaltungen mächtiger Konglomerate und Brekzien innerhalb der sandig-pelitischen Fazies der Hochwipfel Formation offen. Das größte Vorkommen ist östlich des Hochwipfels am Ende der Forststraße von Unterdöbernitz über die „Obere Raune“ in einer Höhe von rund 1.600 m aufgeschlossen. Hier kommen Gerölle von hellen und dunklen Kieselchiefern, Lyditen, Quarziten und verschiedenen Kalktypen vor, die Durchmesser bis zu 40 cm haben (Abb. 7). Vereinzelt finden sich auch Korallen- und vor allem Crinoiden-führende Kalke (Abb. 8 und Taf. 5: Abb. 3-6 und Taf. 6: Abb. 1). HERZOG (1988) beschreibt in den Konglomeraten aus den östlichen Karnischen Alpen auch Granitgerölle.

Weitere Vorkommen von Konglomeraten und Brekzien

Weitere Vorkommen von Konglomeraten sind auf den Geologischen Karten 197 Kötschach und 198 Weißbriach verzeichnet (SCHÖNLAUB 1985b, 1987). Gut aufgeschlossene Vorkommen finden sich u. a. an der Straße von Weidenburg östlich Würmlach zur Dellacher bzw. von Godersbach zur Unterbuchacher Alm, im Bachschutt im hinteren Kronhofgraben südlich der Unteren Bischofalm (Abb. 9-11 und Taf. 1), in den Gräben zwischen Auernigalm und dem Rio Bombaso (Taf. 6: Abb. 3-4 und Taf. 7), an der Bundesstraße (Strada Nazionale 110 vom Nassfeld nach Pontebba kurz nach der Brücke (Taf. 8) bei den verfallenen Kasernen (SCHÖNLAUB & FORKE 2007) oder bei Dreulach südlich der Bundesstraße Taf. 2: Abb. 1-2). Ein niedriger Rücken wird von einer 18-20 m mächtigen Konglomeratrinne gebildet, die Sandstein- und Quarzitgerölle mit Durchmesser von über 60 cm führt (SCHÖNLAUB 1982a). Von KRAINER (1992) werden sie als submarine Rinnenfüllungen gedeutet. Diese Geröllpartien zeigen auffallende Ähnlichkeiten mit anscheinend gleich alten Bildungen in der Erlachgraben und Bads-tuben Formation des Nötscher Karbons (Abb. 12, Taf. 2: Abb. 3-6).

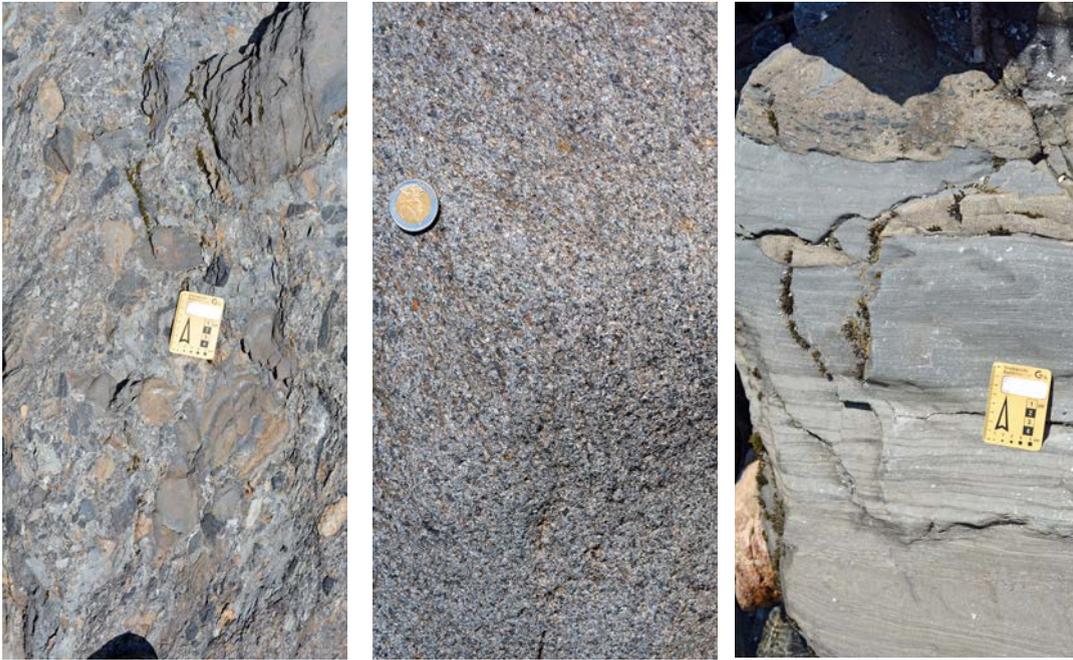


Abb. 9, 10, 11: Kronhofgraben: schlecht sortierte Brekzie (li), Grobsandstein bis Feinbrekzie (Mitte), laminiertes Kalkgeröll in Brekzie (re). Fotos: H. P. Schönlaub

Wir fassen die genannten grobklastischen Einschaltungen innerhalb der Hochwipfel Formation (und ihrer Äquivalente im Karbon von Nötsch) als Olisthostrome im Sinne der Originaldefinition bei FLORES (1955) bzw. der erweiterten Begriffsfassung bei FESTA et al. (2016, lit. cit.) auf. Danach werden Olisthostrome als ungeschichtete, chaotische und exotische, oft viele hundert Meter mächtige Gesteinsmassen definiert, die als Ergebnis einer subaquatischen Rutschung großer instabiler Massen in Form semi-fluider Körper, d.h. ohne vollständige Auflösung des Materials bis auf Einzelkorngröße auf flach geneigten Hängen entstehen. Nach dem Wilson-Zyklus der Plattentektonik wurden sie im Verlaufe einer Kontinent-Kontinent-Kollision bei gleichzeitiger Schließung des Flyschtroges in der Frühphase der variszischen Orogenese in den Alpen gebildet. Die Analyse der Vorkommen von Olisthostromen in der geologischen Vergangenheit zeigte, dass die Mehrzahl der Olisthostrome an aktive Plattenränder gebunden war (FESTA et al. 2016).



Abb. 12: Straße von Matschiedl zur Windischen Höhe an der linken Straßenböschung: Gut gerundete und sortierte Sandstein- und Quarzgerölle der Erlachgraben Formation. Foto: H. P. Schönlaub

Bemerkungen zur Sedimentpetrographie

Nach KRAINER (1992) sind die basalen Sandsteine der Hochwipfel Formation sedimentpetrographisch sehr einheitlich, massig bis geschichtet, schlecht bis mäßig gut sortiert mit Komponenten, die überwiegend eckig bis angerundet sind. Nach der Häufigkeit der Komponenten herrschen Kieselschiefer und Lydite vor, gefolgt von mono- und polykristallinen Quarzsandsteinen, diversen metamorphen Gesteinsbruchstücken und einen geringen Anteil an Gesteinsbruchstücken, die von sauren und basischen Vulkaniten stammen. Weitere Komponenten sind sedimentäre Gesteinsbruchstücke und bis 1 mm große detritische Feldspäte (albitreiche Plagioklase). Hingegen fehlt fast vollständig detritischer Glimmer, an opaken Komponenten treten Zirkon, Apatit und Turmalin auf.

Bereits SCHNABEL (1976) beobachtete im Döbernitzengraben Sandsteine mit relativ hohen Granat- und Epidotgehalten und rechnete diese dem höheren Abschnitt der Hochwipfel Formation zu. Die von KRAINER (1992) untersuchten Feinkonglomerate sind durch einen relativ hohen Gehalt an vulkanischen Komponenten und sedimentären Gesteinsbruchstücken (Kieselschiefer, Lydite, Silt-Sandsteinkomponenten und Karbonatgerölle mit seltenen Fossilresten) charakterisiert. Sie sind wie die Sandsteine meist schlecht sortiert, die Komponenten häufig nur angerundet.

5

Der Ablagerungsraum
der Hochwipfel
Formation in den
Karnischen Alpen
und Karawanken



Der Ablagerungsraum der Hochwipfel Formation in den Karnischen Alpen und Karawanken

Nach dem vorliegenden, oben beschriebenen Datenmaterial handelt es sich bei der Hochwipfel Formation um siliziklastische Tiefseesedimente (?) mit Flyschcharakter. Sie gehen auf submarine Trübestrome zurück, in die sich wiederholt Schuttströme (Olisthostrome) und Schlammströme (Mudflows) einschalten. Die tonig-siltigen Feinklastika sind Ruhephasen im Sedimentgeschehen zuzuordnen. Wie KRAINER (1992) aufzeigte, sind in dieser Folge vereinzelt sowohl vollständige als auch unvollständige Bouma-Sequenzen entwickelt.

Obwohl die Formation in den Karnischen Alpen wie auch in den West- und Ostkarawanken in gleicher lithologischer Ausbildung vorkommt, gibt es Unterschiede bezüglich des Ablagerungsraums. Für die Karnischen Alpen wurde von SPALLETTA et

al. (1980) und SPALLETTA & VENTURINI (1988) die Vermutung geäußert, dass die grobklastischen Sedimente (Lyditbrekzien und -konglomerate) mit dem Zerbrechen der devonisch-unterkarbonischen Karbonat-Plattform zusammenhängt, in deren Folge sich ein Tiefseebecken entwickelte. Dieses wurde allmählich von Flyschsedimenten aufgefüllt, in das aber auch Karbonatschollen in Form von Olistholithen geglitten sind (Abb. 13). Die örtlich mächtigen Einschaltungen von Lyditbrekzien und -konglomeraten deuten sie als Füllungen verschieden großer submariner Rinnen.

Für die Ost- und Westkarawanken kommen nach den umfangreichen sedimentologischen, geochemischen und Provenienz-Untersuchungen der Hochwipfel Formation von KUTTEROLF (2001) und DIENER (2002) als Ablagerungsraum nur tiefmarine

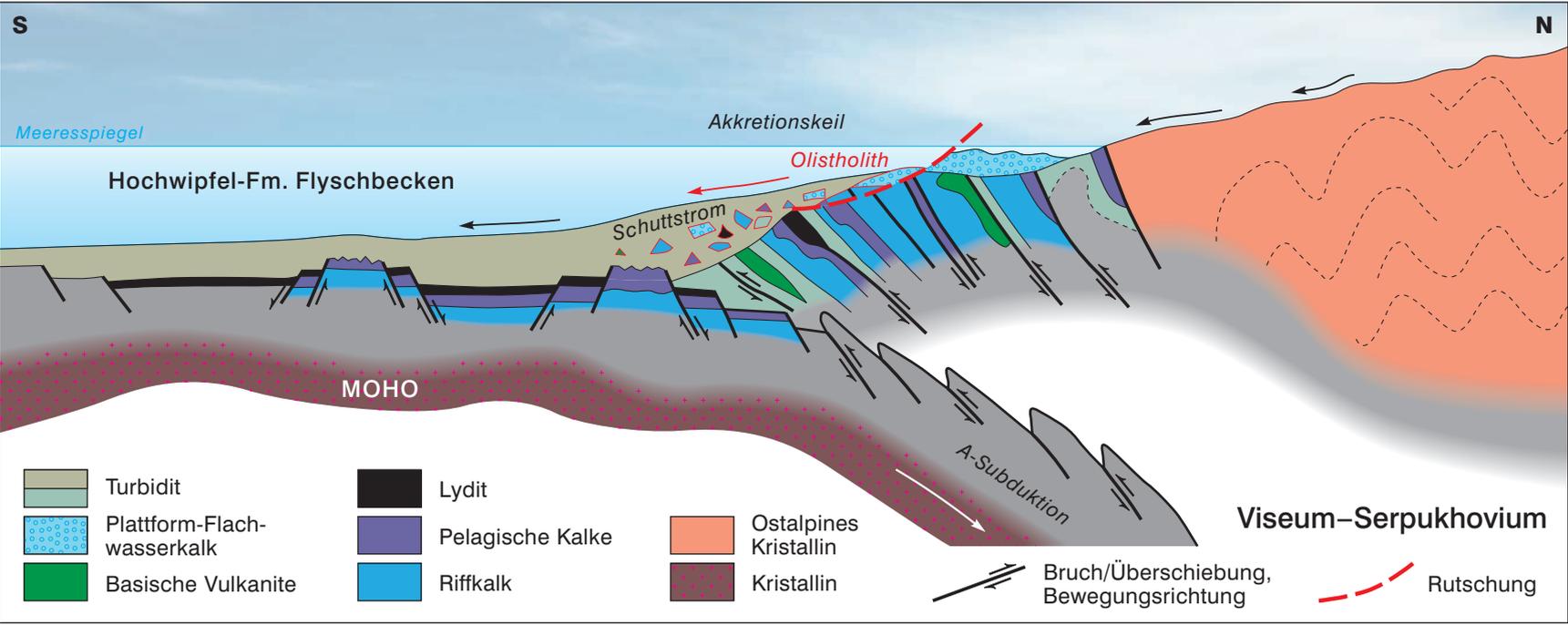


Abb. 13: Das Flyschbecken der Hochwipfel Formation mit der Schüttung von Olisthostromen und Olistholithen im Zuge der Bildung eines Akkretionskeils und Aufarbeitung des karbonischen Flachwasserschelfs. Nach A. L. LÄUFER et al. 2001, stark verändert. © Geologische Bundesanstalt Wien, Grafik M. Brüggemann-Ledolter

Fächer, Hangschürzensysteme und Rampen als Sedimentationssysteme im Ablagerungsraum in Frage. Mit ihren Aussagen ergänzen sie die Arbeiten von TESSENHORN (1968, 1971).

Die kennzeichnenden Merkmale von submarinen Fächersystemen sind ausge dehnte Canyons und assoziierte Kanäle, die ein breites mäandrierendes Kanalsystem entstehen lassen. Ein Hangschürzensystem entsteht hingegen im Bereich des Hanges und des Hangfußes eines Beckens. Die Sedimentzufuhr erfolgt statt von Punktquellen ausgehend über eine große Fläche. Hier werden vor allem nieder konzentrierte Trübe ströme, Schuttströme und Rutschungen abgelagert. Der Begriff „Rampe“ bezeichnet Ablagerungssysteme, die durch progradierende Deltas oder einen sehr materialreichen Schelf und nicht durch submarine Canyons charakterisiert werden. Sie verteilen sich auf den Hang (Slope) und dem Hangfuß und vermitteln zwischen einem submarinen Fächer und einem Hangschürzensystem.

KUTTEROLF (2001) schließt aufgrund des Fehlens einer Kanalfazies für die Hochwipfel Formation in den Ostkarawanken auf ein Hangschürzen- und/oder ein Rampensystem. Während der untere Teil einem Hangschürzensystem zugeordnet werden kann, wird der obere Teil der Hochwipfel Formation von ständig wechselnden Ablagerungssystemen gebildet, wobei eine sandreiche Rampe für die Sedimentation der Hochwipfel Formation verantwortlich sein soll. Das Fehlen von Silt und Schlamm verhinderte die Bildung von Kanalsystemen und begünstigte flächenartige Sandsteinkörper mit Übergängen zu schlamm-/sandreichen Hangschürzensystemen, die im oberen Teil der Hochwipfel Formation vorherrschen. Der oberste Teil wird durch grobklastische Schüttungen an einer Sandrampe gebildet. Zuletzt geht der grobklastische Einfluss zurück und es bildet sich wieder ein schlamm-sandreiches Hangschürzensystem.

Nach KUTTEROLF (2001) lässt sich demnach in den Ostkarawanken in der Hochwipfel Formation ein feinklastischer und ein fein- bis grobklastischer Bereich unterscheiden. Die tiefmarinen Sedimente sind an einem Hangschürzensystem und an einem Rampen-/Hangschürzensystem abgelagert worden. Daraus wird auf einen aktiven Ablagerungsraum mit aktiven Kontinentalrändern geschlossen, der sich ständig veränderte und ein ununterbrochenes Wachsen submariner Fächer verhinderte.

Für die Westkarawanken bestätigt DIENER (2002) die für die Ostkarawanken und die Karnischen Alpen geschätzten Mächtigkeiten der Hochwipfel Formation von rund 1.000 m, die aber fast 2.000 m betragen könnte. Er unterscheidet eine basale sehr tonreiche Einheit und eine etwa 900 bis 1.000 m mächtige mittlere grobklastische und eine heterolithische Einheit, geprägt durch häufigen Wechsel von Tonstein/Siltstein-Abfolgen und mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen im oberen Abschnitt. Die meist feinklaminieren Tonsteine der feinkllastischen Hochwipfel Formation an der Basis

weisen auf eine pelagische Sedimentation in einer distaleren Lage zum Kontinentalhang und zur Sedimentquelle hin. Tonstein-Siltstein-Wechselfolgen nehmen zum Hangenden, in Richtung auf die grobklastische Hochwipfel-Einheit zu und deuten auf zunehmend „proximalere“ Bereiche hin. In der grobklastischen Hochwipfel-Einheit treten massive, oft unstrukturierte Sandsteinbänke von großer Mächtigkeit auf. Nach DIENER (2002) handelt es sich um Ablagerungen von grobklastischen hochkonzentrierten Dichteströmen und Turbiditen in Form einer Kanalfazies, Kanalrandfazies und Lobenfazies. Eine Entscheidung, ob es sich bei der Hochwipfel Formation in den Westkarawanken um ein Hangschürzensystem oder ein submarines Fächersystem handelt, kann nicht getroffen werden. DIENER (2002) vermutet, dass dies wahrscheinlich durch die komplexe Struktur dieses räumlich relativ eng begrenzten, tektonisch kontrollierten Beckens bedingt ist.

Nach dem Klassifikationsdiagramm für Sandsteine nach MCBRIDE (1963) handelt es sich bei den Sandsteinen der Hochwipfel Formation in den Westkarawanken um Feldspat-reiche Litharenite, Litharenite und lithische Arkosen. Sandsteine an der Basis der feinkllastischen Hochwipfel Formation fallen in das Feld der Sublitharenite. Diese Klassifikation stimmt weitgehend mit KRAINER (1992) für die Hochwipfel Formation in den Karnischen Alpen überein. Danach dominieren hier lithische Wacken und untergeordnet arkosische Wacken. In Übereinstimmung mit SCHNABEL (1976) ist für die Hochwipfel Formation ein Liefergebiet anzunehmen, das von metamorphen Gesteinen dominiert wird. Eine Beteiligung des direkten Untergrunds bestehend aus Kiesel-schiefern, klastischen Sedimenten und Kalken ergänzt die Sedimentation. Vulkanische Gesteine treten hingegen in den Hintergrund.

Wir stehen diesen Deutungen skeptisch gegenüber, da unserer Meinung nach weder die Fragen von submarinen Fächern, von Hangesedimenten noch die Wassertiefe des Flyschtroges ausreichend geklärt sind. Dabei bewegt uns vor allem die Frage, wie das von uns gefundene und beschriebene zarte und filigrane Pflanzenmaterial den „Schwertransport“ vom ufernahen Festland in die Tiefsee bewältigen konnte. Der Transport der Pflanzen erfolgte unserer Deutung nach folgend: Hochwässer beförderten Pflanzenmaterial als Treibholz über die Flüsse ins Meer bis zum Schelfrand, an dem die Einbettung im Sediment erfolgte. Von dort wurden gelegentlich die Pflanzenreste durch Trübestrome (Turbidite) in die Tiefe gerissen, was meist nur grobes Pflanzenmaterial wie Calamitenstämme überstand. Trübestrome waren jedoch nur in Ausnahmefällen ein Transportmedium, da die Pflanzenvorkommen immer an der Oberfläche von plattigen bis gebankten, fein bis mittelkörnigen grauen Sandsteinen im Kontakt zu sandigen, teils Kohlenstoff-führenden Schiefern liegen. Häufiger kam es wahrscheinlich zu einem sanfteren Abrutschen vermutlich ganzer Sedimentpakete, dass auch zarte Pflanzenteile (vgl. z.B. Abb. 36) überstehen konnten (VILLALBA-BREVA & MARTIN-CLOSAS 2009).

6

Zur Altersfrage



Zur Altersfrage

Die frühen Vermutungen über den zeitlichen Umfang der Hochwipfel Formation sind nach den jüngsten Erkenntnissen „Geschichte“. In der zuletzt erschienenen Abhandlung über „The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)“ von SPALLETTA et al. (2015) wird das chronostratigraphische Alter mit der mittleren Viséum-Stufe bis in die ältere Bashkirium-Stufe, also beiderseits der Grenze zwischen Unter- und Oberkarbon angegeben. Das entspräche einem Alter zwischen rund 340 bis 320 Millionen Jahren. Worauf stützen sich diese Angaben?

Conodonten-Stratigraphie

Nach SCHÖNLAUB et al. (1991) liegen die klastischen Sedimente der Hochwipfel Formation diskonform, d.h. mit einem Erosionsrelief auf devonischen Kalkfolgen unterschiedlichen Alters. Dieses Relief resultiert aus einem Paläokarstereignis vor der Ablagerung der Hochwipfel Formation. Nach den jüngsten Conodontenfaunen muss dieses Ereignis in die *Scaliognathus anchoralis-Doliognathus latus* Zone der jüngsten Tournaisium-Stufe, genauer gesagt der Ivorium-Substufe in der marinen belgischen Gliederung fallen (PORY et al. 2014).



Abb. 14: Das Cima di Plotta Profil (Vordergrund). Im oberen Teil der kleinen im Vordergrund liegenden Felswand ist die diskonforme Auflagerung von Kalken des Unterkarbons auf Kalken des Mitteldevons aufgeschlossen (SCHÖNLAUB & KREUTZER 1993). Der Kontakt zwischen der Pal Grande Formation aus dem Unterkarbon und der Plotta Formation aus dem Serpukhovium ist nahe der Obergrenze des Wiesenhanges aufgeschlossen (rote Linie). Foto: H.P. Schönlaub

Ein etwas jüngeres Datum lässt hingegen das Profil Cima di Plotta östlich der Marinelli Hütte auf der Südseite der Karnischen Alpen vermuten, in dem rund 7 m mächtige unterkarbonische Cephalopodenkalke mit einem Erosionskontakt auf devonischen Flachwasserkalken liegen (Abb. 14, 15). Nach SCHÖNLAUB & KREUTZER (1993) repräsentieren sie die jüngsten karbonatischen Bildungen vor Einsetzen der Flyschfazies der Hochwipfel Formation am Ende des variszischen Sedimentationszyklus. Sowohl Conodonten als auch Trilobiten und Goniatiten sprechen für ein Äquivalent des Erdbach-Kalkes im Sauerland, d.h. für ein Alter in der älteren Viséum-Stufe bzw. der Molinacium-Substufe der belgischen Untergliederung der Viséum-Stufe im Typusgebiet (PORY et al. 2014). Nach der Cephalopodenzonierung des Unterkarbons in Deutschland (KERP et al. 2006) entsprechen sie der Goniatitenstufe *Pericyclus* cu II γ . Das Vorkommen von Conodonten wie *Gnathodus homopunctatus* und frühe Vertreter von *Gnathodus bilineatus bilineatus* bzw. *Gn. praebilineatus* sind die Hauptargumente für diese Einstufung.



Abb. 15: Detail des Kontaktes zwischen Pal Grande Formation (hellgrau) und Plotta Formation (dunkelgrau) im Profil Cima di Plotta. Bemerkenswert ist das auffallende Relief zwischen beiden Gesteinen. Foto: H.P. Schönlaub

Die Kirchbach Formation auf der Wipfel Alm

Ein wichtiger stratigraphischer Fixpunkt ist die Kirchbach Formation, die als Olisthstrom (Schuttstrom, „Debris flows“) in der siliziklastischen Hochwipfel Formation eingeschaltet ist (FLÜGEL & SCHÖNLAUB 1990; SCHÖNLAUB et al. 2015; KRÄINER & VACHARD 2015). Solche Schuttströme kommen nordwestlich des Gipfels des Hochwipfels sowie in einem Seitengraben im östlichen Döbernitzengraben in einer Höhe zwischen 1.500 und 1.580 m vor, wo sie mehrere Zehnermetern mächtige Einschaltungen in der Hochwipfel Formation bilden (SCHÖNLAUB 1987).

Die Kirchbach Formation besteht aus bioklastischen Schlammsteinen mit mehr oder weniger häufigen Karbonatgeröllen unterschiedlicher Größen von cm bis dm-Durchmesser (Abb. 16–18, Taf. 3–4). Sie wurde oberhalb der Wipfelalm in einer Höhe von rund 1.670 m (UTM 33T 0359864/5163448) als auch im östlichsten Seitengraben



Abb. 16: Kalk-Olistholith in Hochwipfel Formation am Steig zwischen Wipfelalm und Hochwipfel südlich Kirchbacher Wipfel. Foto: H. P. Schönlaub

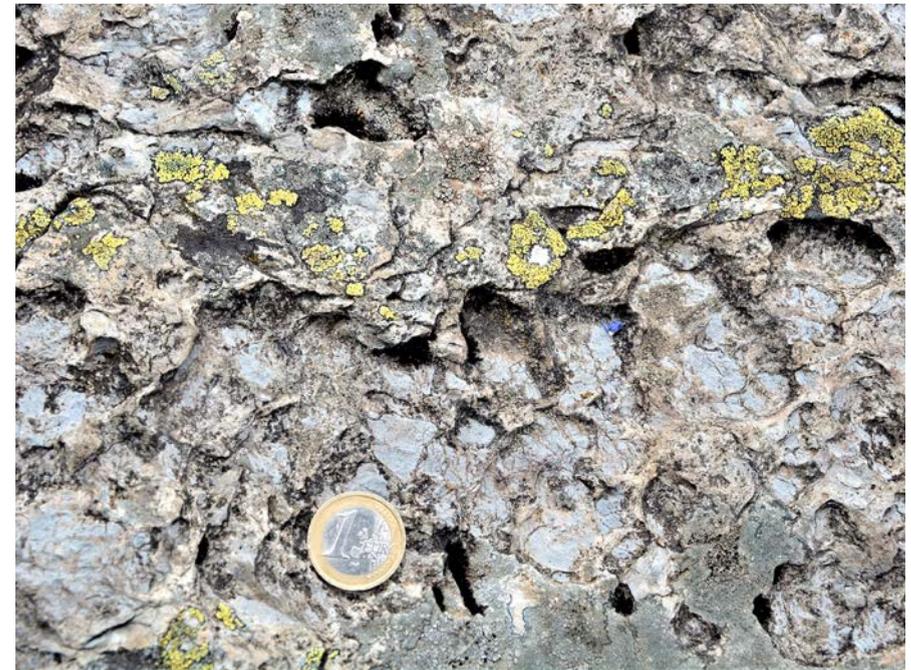


Abb. 17, 18: Kirchbach Formation an Typuslokalität. Fotos: H. P. Schönlaub



Abb. 19: Detail des Olistholithen der Kirchbach Formation bei der Wipfelalm mit Seelilien. Foto: H. P. Schönlaub



Abb. 20: Detail des Olistholithen mit *Lonsdaleia*-Kolonie. Foto: H. P. Schönlaub

des Döbernitzengrabens als Kirchbach Formation ausgeschieden. Das Geröllspektrum reicht von Wackstones, Packstones, Grainstones bis zu Rudstones mit einer diversen Fossilgemeinschaft. Die Bindstone-Klasten weisen einerseits auf einen flachen Karbonatschelf hin, von dem sie in das Flyschbecken geschüttet wurden, andere Klasten stammen hingegen aus einem tieferen Ablagerungsmilieu. Das Bildungsalter der reichen Mikrofauna und -flora liegt in der späten Brigantium-Substufe des jüngsten Viséums. Da es sich jedoch um Resedimente handelt, ist das Bildungsalter der Kirchbach Formation mit großer Wahrscheinlichkeit ein wenig jünger. In Korrelation zur Badstub Formation in Nötsch nehmen wir als wahrscheinlichstes Datum den Zeitraum der Serpukhovium- bis unterste Bashkirium-Stufe im jüngsten Unterkarbon (oberes Mississippium) bis ältestes Oberkarbon (Pennsylvanium) an. Diese Vermutung wird durch unsere Pflanzenfunde unterstützt. In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass die Hauptvorkommen von Olisthostromen in der Zirkum-Mediterranen Region und in den Alpen im Känozoikum ein mehr oder weniger synchrones zeitliches Ereignis widerspiegeln, das anscheinend von regional transgressiv-regressiven Trends gesteuert wird (SCHERBA 1989, FESTA et al. 2016: 197).

Entlang des markierten Steiges, der vom Ende der Straße über der Wipfelalm zum Gipfel des Hochwipfel führt, kommen an mehreren Stellen kalkgeröllführende Partien der Kirchbach Formation vor (Taf. 3: Abb. 3–6; vgl. Kapitel „Olistholithe?“), so auf Höhe 1.920 m (UTM 360115/5162605 bzw. $13^{\circ}10'26''/36^{\circ}05''$), auf Höhe 1.932 m (UTM 360140/5162515 bzw. $13^{\circ}10'27''/46^{\circ}36'1''$) und auf Höhe 2.022 m (UTM 360260/5162160 bzw. $13^{\circ}10'36''/46^{\circ}35'48''$). Ein weiteres Vorkommen findet sich einige Meter oberhalb des Weideweges vom Rattendorfer Riegel in das nordöstlich vom Hochwipfel gelegene Kar in der Nähe der Weidehütte bei P. 1767 (Abb. 6 und Taf. 5: Abb. 6).

In der sogenannten „Plunger-Kehre“ wurden 2017 zudem massenhafte Einschlüsse von Kolonie-bildenden Korallen der Gattungen *Lonsdaleia*, *Syringopora* und *Axophyllum* sowie Crinoiden, Bivalven, Foraminiferen und vermutlich Algen (Abb. 19, 20, 29 und Taf. 4) in einem Kalkblock gefunden (vgl. Kapitel „Olistholithe“).



Abb. 21: Debris Flow (Geröllstrom) an Grabenkante des obersten Döbernitzengrabens westlich des Endes der Forststraße. Foto: H. P. Schönlaub



Abb. 22: Stammfragment eines Calamiten in den sandigen Partien der Hochwipfel Formation im Auerniggraben-Rio Bombaso. Foto: H. P. Schönlaub



Abb. 23: *Dictyoxyylon*-Struktur. Foto: H. P. Schönlaub

Östlicher Döbernitzengraben

Im östlichsten oberen Döbernitzengraben sind mit mehreren Zehnermeter Mächtigkeiten neben sandig-pelitischen Turbiditen und Sandsteinen vor allem siliziklastische Lyditbrekzien und Konglomerate mit bis zu mehreren Dezimeter großen, gut gerundeten Sandstein- und Quarzitzeröllen eingeschaltet (Abb. 21 und Taf. 5: Abb. 3–5) (SCHÖNLAUB 1987). Die erwähnten Kalkkonglomerate der Kirchbach Formation finden sich im mittleren Teil dieses grobklastischen Schichtpaketes. Einzelne Kalkklasten führen gut sichtbare Einzelkorallen, Algen, Crinoiden und Gastropoden (Abb. 8, Taf. 6: Abb. 1).

Hier sei darauf hingewiesen, dass eine idente und vermutlich altersgleiche Fossilgemeinschaft auch in der Badstüb Formation im Karbon von Nötsch vorkommt (FLÜGEL & SCHÖNLAUB 1990, KRÄINER & VACHARD 2002, VACHARD et al. 2018). Die Ablagerung der Badstüb-Formation (vgl. Taf. 2, Abb. 4–6) kann zeitlich von der oberen Serpukhovium-Stufe bis in die unterste Bashkirium-Stufe erfolgt sein, da die Floren der hangenden Nötschgraben Formation ein Alportium Alter (= älteres Bashkirium) haben (VAN AMEROM & KABON 2000).

Auernigalm – 2. Graben gegen Rio Bombaso

Entgegen der Annahme von VENTURINI (1990) ist die in den Gräben östlich der Auernigalm bis zum Rio Bombaso reichende Gesteinsfolge nicht als Basis der post-variszischen Auernig Formation, sondern als Ausschnitt aus der Hochwipfel Formation (siehe SCHÖNLAUB & FORKE 2007: 16–20) anzusehen. Nach unseren wiederholten Begehungen von drei mittelsteilen Gräben dominieren in der rund 400 m mächtigen Folge im obersten Abschnitt des zweiten Grabens unmittelbar unter der transgressiv auflagernden Auernigalm-Kalkbrekzie graue Ton- bis Siltschiefer, die darunter von einer dünnbankigen sandig-pelitischen Turbiditfazies gefolgt werden (vgl. Abb. 9 bei SCHÖNLAUB & FORKE 2007). Die untere Hälfte wird hingegen von Sandsteinen mit Einschaltung unterschiedlich mächtiger Lagen von Lyditbrekzien und Geröllschiefern (Debris flows) gebildet. In den sandigen Partien im oberen Bereich konnten vereinzelt nicht genauer bestimmbare Calamitenreste und eine Achse mit *Dictyoxyylon* Struktur (Abb. 22, 23) gefunden werden. Diese Achsenanatomie weist auf das Vorkommen der Pflanzengattung *Lyginopteris* hin, die ab dem Obersten Viséum auftritt. In Übereinstimmung mit dem Geröllspektrum im oberen Döbernitzengraben kommen vor allem im zweiten Graben zwischen 1.420 und 1.450 m Höhe (das Hauptvorkommen liegt bei

1.425 m) in den Geröllschiefern bis 20 cm große „exotische Kalkklaster“ mit einer teils reichen Fossilführung von Conodonten (*Lochriea nodosa*, *Gnathodus bilineatus*, *Gnathodus girtyi*, *Pseudognathodus homopunctatus* u.a.), Crinoiden, Kleinforaminiferen, Cephalopoden, Korallen und Algen vor, dazu Ooid-führende Kalkklaster (Taf. 7: Abb. 3, 5). Diese Bioklasten stammen wohl ebenso von einem breiten Flachwasserschelf, der sich an der Viséum/Serpukhovium-Grenze vermutlich nördlich des karbonen Flyschtroges ausgebreitet hatte. Im Zuge der synorogenen Flyschsedimentation wurde der Karbonatschelf abgetragen und Teile davon als submarine Rinnenfüllungen („gravity flows“) in das sich vertiefende Becken geschüttet (vgl. Abb. 13).

Ergänzend weisen wir darauf hin, dass auch entlang der italienischen Strada Provinciale 110 vom Naßfeld nach Pontebba zwischen erster und zweiter Spitzkehre beiderseits des Ausflusses des Naßfeld-Stausees (UTM 33 367760/335154960) Kalkgeröll-führende Konglomerate auftreten (Taf. 8: Abb. 3–6), die ebenfalls exotische Faunen- und Florenelemente führen (vgl. Geologische Karte des Jungpaläozoikums der Karnischen Alpen 1:12.500 Blatt Ost in SCHÖNLAUB & FORKE 2007).

Profil Forcella Monumenz (2.240 m) – Pic Chiadin (2.302 m) – Marinelli Hütte (2.122 m)

Nach VAN AMEROM et al. (1984) und KRAINER (1992) sind nördlich der Marinelli Hütte im Süden der Hohen Warte tiefere Abschnitte der Hochwipfel Formation in einer Mächtigkeit von rund 300 m aufgeschlossen (Abb. 6). Sie sind in einer typischen Turbiditfazies entwickelt. Dabei handelt es sich um zyklische Abfolgen mit Fining-Upward-Kleinsequenzen und teils vollständigen Bouma-Sequenzen, die übergeordnete „thickening- and coarsing-upward“ Sequenzen unterschiedlicher Größenordnungen bilden. Die Autoren unterscheiden hier:

- bis zu einem Meter mächtige Lyditbrekzien, deren Entstehung auf hochkonzentrierte Trübestrome zurückgeht
- Geröllströme mit cm-großen Geröllen, entstanden aus kohäsiven Schlammströmen
- massige, teils schwach gradierte Sandsteine aus hochkonzentrierten Trübestromen
- laminierte teils gradierte Sandsteine aus hochkonzentrierten Trübestromen
- Siltsteine und feinkörnige Sandsteine mit Strömungsrippeln und Schrägschichtung sowie synsedimentären Deformationsstrukturen, die hauptsächlich aus niedrig konzentrierten Turbiditströmen entstanden sind
- horizontalgeschichtete und teils gradierte Siltsteine mit örtlichen synsedimentären Deformationsstrukturen, entstanden aus niedrig konzentrierten Turbiditen
- tonig-siltige Lagen, teils laminiert mit kleindimensionierten Strömungsrippeln, die auf niedrig konzentrierte Trübestrome zurückgehen.

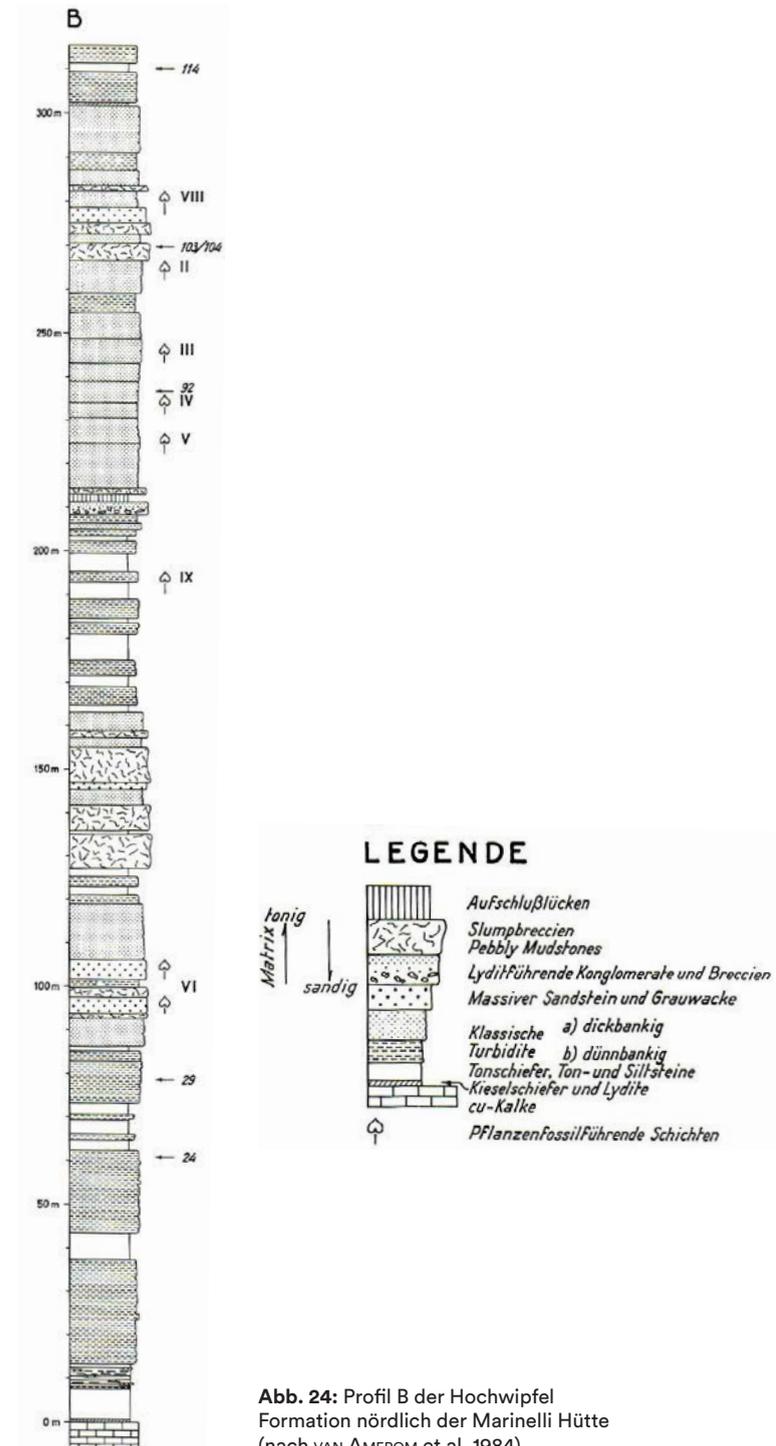


Abb. 24: Profil B der Hochwipfel Formation nördlich der Marinelli Hütte (nach VAN AMEROM et al. 1984)



Abb. 25: Profil Marinelli Hütte B, Sandstein reiche Partien im Mittelabschnitt. Foto: H. P. Schönlaub

Das bei VAN AMEROM et al. (1984) dargestellte Profil B (Abb. 24–27) reicht von der Oberkante der Devonkalke in südöstlicher Richtung bis zur Marinelli Hütte. Die Kalke sind entlang des Steiges 145 am Kamm vollständig aufgeschlossen, allerdings in sich leicht gestört. Die Basis weist ein mehrere Dezimeter tiefes Erosionsrelief auf, das mit kieseligen, sandigen und feinkörnigen Sedimenten der Hochwipfel Formation verfüllt ist. Über das Alter dieser jüngsten Kalke gibt es derzeit keine Angaben, es ist jedoch ein Äquivalent der *Scaliognathus anchoralis*-Zone zu erwarten (POHLER 1982) wie er auch im nahe gelegenen Profil „Cima di Plotta“ oder am Steig Richtung „Dolinenfeld“ nahe der Kreuzung mit dem Kriegsweg vorkommt. Analog den Verhältnissen mit dem Profil Cima di Plotta lagern am Steig von der Marinelli Hütte kurz vor Erreichen des „Dolinenfeldes“ unterkarbonische Kalke direkt auf Amphiporenkalken des jüngsten Mitteldevons.

Nach VAN AMEROM et al. (1984) sind insbesondere im oberen Teil des rund 300 m mächtigen Profils B zwischen 215 und 280 m mehrere, teils reiche Pflanzenhorizonte eingeschaltet (Abb. 24). Die Autoren meinen, dass die Fundschichten ausnahmslos im klassischen Flysch liegen und häufig im Zusammenhang mit proximalen Slumpbrekzien, Konglomeraten und Mudflows stehen. Die Pflanzenreste sind, abgesehen von resistenten Stammresten von Calamiten, klein und oft zerbrochen, Blättchen oder größere Fragmente selten. Pflanzenhäcksel findet sich hingegen häufig auf Schicht-



Abb. 26: Profil Marinelli Hütte B, liegender Abschnitt des Pflanzenfundpunktes VI ca. 100 m über Basis. Foto: H. P. Schönlaub



Abb. 27: Profil Marinelli Hütte B, dünnbankige Turbidite im Liegendabschnitt ca. 50 m über Basis. Foto: H. P. Schönlaub

flächen. Besser ist die Erhaltung von *Cardiopteridium*-Blättchen, in denen die Nervatur unter der Lupe bzw. dem Binokular gut erkennbar ist. VAN AMEROM et al. (1984) vertreten die Meinung, dass die einzelnen Florenelemente einen weiten Transportweg hinter sich haben, dem aber unsere Funde zarter und filigraner Pflanzenmaterialien widersprechen.

Alter der Flora: Das Fehlen von *Mesocalamites*, das häufige Auftreten von Calamiten aus der Gruppe der Archaeocalamiten, das vollständige Fehlen von *Lyginopteris*-Arten und das Vorkommen von Pflanzen aus der Viséum-Stufe wie *Rhodeopteridium hochstetteri* und *Sphenopteridium dissectum* (Goniatitenzonen cu III α bis cu III β) sind für die Flora der Marinelli Hütte Hinweise auf ein mittleres Viséum-Alter. Nach der neuen Unterkarbon-Stratigraphie von Deutschland (KERP et al. 2006) ist die Flora der Marinelli Hütte allerdings etwas jünger und in das ältere bis mittlere Oberviséum einzustufen. Damit scheint hier ein sicheres Datum für den Beginn der Flyschsedimentation der Hochwipfel Formation vorhanden zu sein, die unsere Daten aus dem Typusgebiet gut ergänzen.

Olistholithe?

Die Frage nach dem Vorkommen von Olistholithen innerhalb der Hochwipfel Formation beschäftigt die kartierenden Geologen seit langem. Für die Ostkarawanken scheint hier seit den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts auch nach sehr umfangreichen Arbeiten einer Tübinger Arbeitsgemeinschaft keine eindeutige Antwort gefunden worden zu sein. Während TESSENHORN (1971) zu Beginn der Flysch-Sedimentation ein erheblich gegliedertes Relief am Boden des absenkenden Troges annimmt, das von einer großen Anzahl von Rutsch- und Hangsedimenten mit häufig eingeschalteten Fluxoturbiditen und konglomeratischen Großturbiditen geprägt wird, deuten KULLMANN & LOESCHKE (1994) devonische und unterkarbonische Kalkblöcke unterschiedlichster Größe im Flysch der Hochwipfel Formation als Olistholithe. Als Gründe führen sie das offensichtliche Fehlen primär-stratigraphischer systematischer Zusammenhänge in der Verteilung der Kalke in der klastischen Folge an.

Auch in den Karnischen Alpen ist das Vorkommen von Olistholithen in der Vergangenheit diskutiert worden. So hat beispielsweise KRÄINER (1992) auf große Blöcke innerhalb der Hochwipfel Formation in der Umgebung des Wolayersees hingewiesen, die eventuell als Olistholithe zu deuten wären. Auch in den östlichen Karnischen Alpen sollen Schollen von devonischen Flaserkalken innerhalb der Hochwipfel Formation vorkommen, die als solche in Frage kämen. Genauere Untersuchungen dazu fehlen aber bisher.

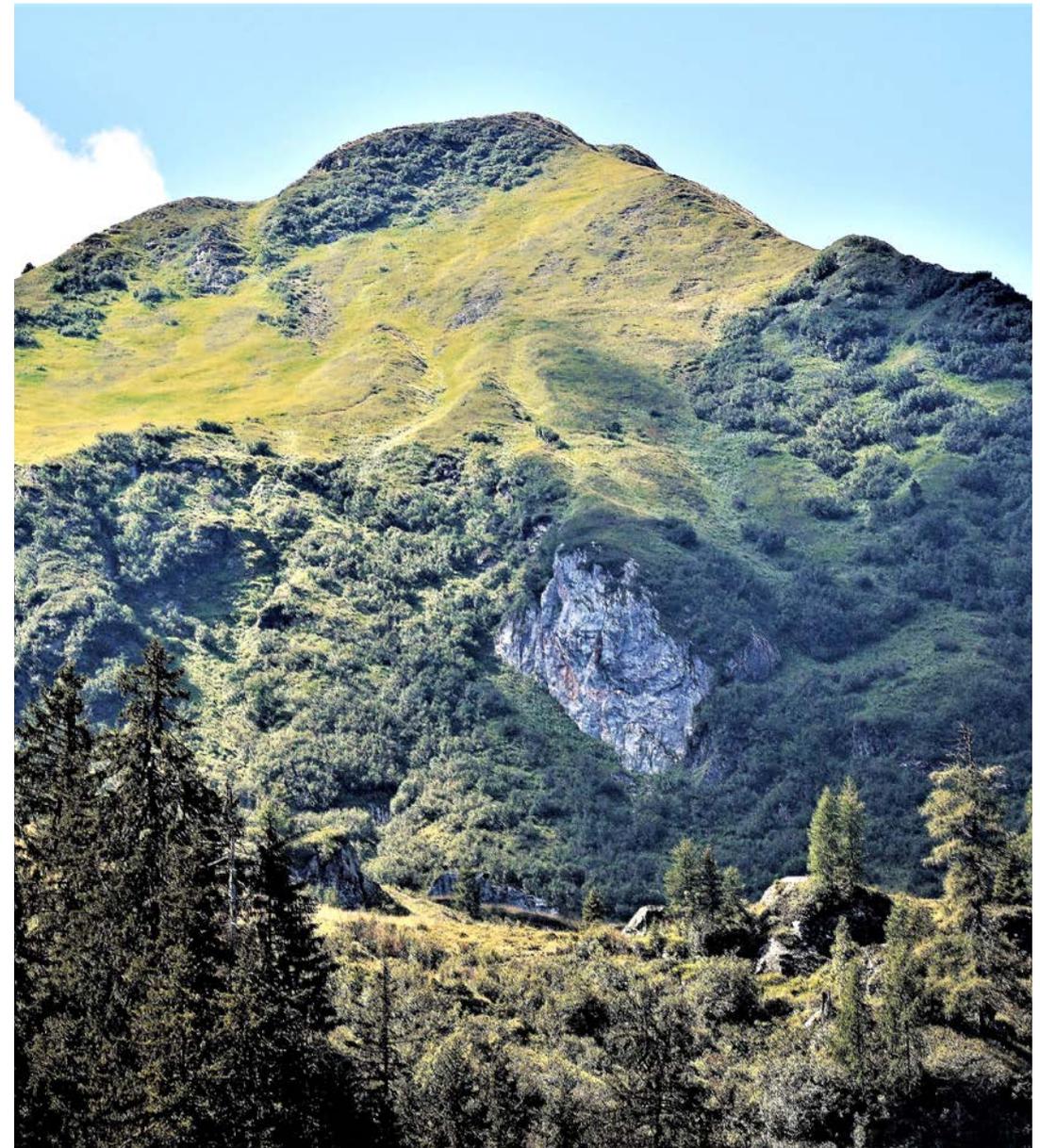


Abb. 28: Olistholith oder Feldkogel-Zug nordöstlich des Gipfels des Hochwipfels. Foto: H. P. Schönlaub



Abb. 29: Olistholith (ca. 60 kg, ca. 65 cm Länge) in der Kirchbach Formation bei der Plungerkehre oberhalb der Wipfelalm. Foto: H. P. Schönlaub

Einen Schritt weiter gehen Mitarbeiter der Tübinger Arbeitsgruppe, die ihre Deutung der geodynamischen Entwicklung der Karawanken auch auf die Karnischen Alpen übertragen. So sieht das von LÄUFER et al. (1993, 2001) präsentierte Konzept an Stelle eines variszischen Deckenbaus viele größere Kalkkomplexe als riesige Olistholithe in einer „Hochwipfel-Decke“ an Stelle von Ost-West streichenden Kalkzügen mit mehr oder weniger vollständigen Schichtfolgen aus dem Oberordovizium bis in das Unterkarbon vor. Diese allen Feldbefunden widersprechende Deutung lehnen wir kategorisch ab. Viel realistischer scheinen uns zwei Vorkommen auf der Nordseite des Hochwipfels, für die wir die Wahrscheinlichkeit von Olistholithen vermuten. Ein Vorkommen findet sich nordöstlich des Gipfels im östlichen Kar der „Windschaukel“, das aus einem mehreren Zehnermeter mächtigen Kalkklotz von grauen Amphiporenkalcken besteht, die zum Feldkogelzug gerechnet werden (Abb. 28). Hier ist nicht klar, ob es sich um eine isolierte Kalkscholle innerhalb der Hochwipfel Formation handelt oder ob es gleichsam die Brücke bildet zwischen dem Feldkogelzug im westlich gelegenen Typusgebiet und dem Vorkommen am Tomritsch im Osten (vgl. Geologische Karte der Geologischen Bundesanstalt, Blatt 198, Weißbriach, SCHÖNLAUB 1987).

Das zweite Vorkommen wurde von H. Kabon im Sommer 2017 bei gemeinsamen Feldarbeiten oberhalb der Wipfelalm in der sogenannten „Plunger-Kehre“ gefunden. Zweck war das Aufsammeln von Pflanzenfossilien entlang der neu angelegten Straße und die Klärung ihrer Beziehung zum benachbarten Vorkommen der Kirchbach Formation. Im Zuge dieser Arbeiten fand sich an der nordseitigen Straßenböschung ein ca. 60 kg schwerer grauer Kalkblock mit massenhaften Einschlüssen von Kolonie-bildenden Korallen der Gattungen *Lonsdaleia*, *Syringopora* und *Axophyllum* sowie von längeren Stielen von Crinoiden, Bivalven, Foraminiferen und vermutlich Algen (Abb. 19, 20, 29 sowie Taf. 4: Abb. 1–2). Sie sind derzeit derzeit von S. RODRIGUEZ et al. in Bearbeitung.

Trotz intensiver Suche konnte bisher der genaue Fundpunkt dieses Kalkblocks nicht lokalisiert werden. Es ist aber naheliegend, das Vorkommen mit der rund 20 Meter höher verbreiteten westlichen Fortsetzung des Hauptvorkommens der Kirchbach Formation in Zusammenhang zu bringen und von dieser herzuleiten. Kleinere Kalkklasten ähnlicher Zusammensetzung finden sich auch im östlich gelegenen obersten Döbernitzengraben.

7

Alte und neue
Pflanzenfunde
in der Hochwipfel
Formation

Alte und neue Pflanzenfunde in der Hochwipfel Formation

Kärnten ist reich an jungpaläozoischen Sedimenten des Ost- und Südalpins, die teilweise hervorragend erhaltenen Pflanzenfossilien enthalten. Besonders hervorzuheben sind die Gesteine aus dem Erdzeitalter des Karbons (Steinkohlezeit) mit Pflanzenresten aus dem Unterkarbon (Mississippium), die global selten und oft nur fragmentarisch überliefert sind. Die in diesem Band veröffentlichten Paläofloren von 20 Fundorten aus dem jüngeren Unterkarbon (Viséum, mittleres Mississippium) der Hochwipfel Formation haben daher eine große wissenschaftliche Bedeutung, auch wenn aufgrund der teilweise sehr kleinen Reste die gattungs- oder artmäßige Bestimmung oft mit einem Fragezeichen versehen werden muss. Sie sind zudem die ältesten bekannten Paläofloren Kärntens.

Vor ca. 330 Millionen Jahren lag das heutige Gebiet der Karnischen Alpen leicht südlich des Äquators. Im Gebiet der heutigen Hochwipfel Formation erstreckte sich ein Tiefseebecken, in das Trübeströme mehr als 2000 Meter Sedimente schütteten. Nördlich des Beckens lag ein Festland mit ausgedehnten Küstenmooren und Flusstälern, die von üppigem Pflanzenwuchs bedeckt waren. Die Berghänge waren hingegen wahrscheinlich frei von Vegetation. Regenereignisse und Hochwasser transportierten Pflanzenmaterial über die Flüsse in das Meer bis zum Schelfrand, wo sie im Sediment abgelagert wurden (Grabgemeinschaft, allochthone Taphozönose). Später wurde das Sediment mit den Pflanzen in das Meeresbecken verfrachtet (vgl. Kapitel 5: Der Ablagerungsraum).

Im Zuge der spät-variszischen Gebirgsbildung wurden die Gesteinseinheiten mit ihrem Fossilinhalt gehoben und verstellt, verblieben jedoch in der Tiefe. Erst mit der Entstehung und Hebung der Alpen (alpidische Gebirgsbildung) erreichten sie wieder die Erdoberfläche, wo wir heute fossile Abdrücke und Steinkerne dieser Pflanzen finden. Durch den weiten Transport vom Festland in das Tiefseebecken ist die Erhaltung nur bruchstückhaft. Trotzdem ermöglichen uns die fossilen Pflanzenreste der Hochwipfel Formation einen Einblick in die Vegetation des Unterkarbons.

Neben der Kenntnis über die vorkommenden Pflanzen lassen sich z.B. unterschiedliche Wachstumsstandorte unterscheiden. Nach HAVLENA (1961) gibt es im Karbon sowohl eine sogenannte „flöznahe“ als auch eine „flözferne“ Flora. Die flöznahe Flora kommt im Nahbereich der Kohleflöze vor und kann als die Pflanzengesellschaft des kohlebildenden Waldmoores betrachtet werden, die an Ort und Stelle (autochthon)

gewachsen ist (hydrophiles bis hygrophiles Biotop: nasse bis feuchte Standorte). Die flözferne Flora findet sich in von den Kohleflözen entfernten Sedimenten und wurde zusammengeschwemmt (allochthon). Sie enthält eine flözferne Pflanzengesellschaft, die sich in der Zusammensetzung von der flöznahe Flora unterscheidet. Die flözferne Gesellschaft wuchs unter anderem auf trockeneren Standorten wie Uferdämme oder Schwemmebenen (mesophiles Biotop: trockenere Standorte).

Die Zusammensetzung der Paläofloren aus der Hochwipfel Formation zeigt, dass das gemeinsam abgelagerte Material der Grabgemeinschaft von Pflanzen verschiedener Biotope (nasse bis feuchte sowie trockenere Wachstumsstandorte) stammt. Archaeocalamiten, Sphenophyllen und Lepidodendren besiedelten nasse bis feuchte Standorte (flöz-bildende Arten), während die überwiegende Zahl der Pteridophyllospiden trockenere (flözfernere) Standorte bevorzugten.

Die Vegetation der unterkarbonischen Hochwipfel Formation wird von drei Gruppen von Gewächsen dominiert: den Schachtelhalmen, den Bärlappen und den farnlaubigen Pflanzen. Insgesamt konnten 49 Taxa differenziert werden. Da unterschiedliche Teile einer Pflanze unterschiedliche Gattungsnamen haben können (Organgattungen), handelt es sich bei dieser Zahl nicht um die Anzahl der verschiedenen Pflanzen. Nach Bereinigung der Organtaxa ergeben sich etwa 24 „natürliche“ Pflanzenarten.

Erforschungsgeschichte der Pflanzenfossilien aus den Karnischen Alpen

Jüngere Paläofloren wie die des Stefans (jüngeres Oberkarbon) wurden in zahlreichen Einzelpublikationen und zusammenfassend in einem Sonderband der Carinthia II (FRITZ et al. 1990) veröffentlicht. Eine reichhaltige fossile Flora aus dem Nötscher Karbon (ältestes Oberkarbon) wurde von KABON (1997) und VAN AMEROM & KABON (1999, 2000, 2003) publiziert.

Aber auch fossilen Pflanzen der Hochwipfel-Formation wurden schon publiziert. FRECH (1894) beschreibt von der Grünen Schneid *Archaeocalamites radiatus* (BRONGNIART) STUR. KRAUSE (1906) berichtet von Calamitenfunden im Angertal, die er später

(KRAUSE, 1928) als *Asterocalamites scrobiculatus* (SCHLOTHEIM) ZEILLER abbildet und den Wert dieser Pflanze als Leitfossil für das Unterkarbon betont. FLÜGEL et al. (1959) berichten über Funde von *Asterocalamites* sp. am Gratweg zur Köderhöhe sowie PÖLSER (1969) vom Findenigkofel. VAN AMEROM & SCHÖNLAUB (1992) beschreiben Pflanzenfunde aus der Hochwipfel Formation (*Calamites radiatus* BRONGNIART und *Stigmaria ficoides* BRONGNIART vom Nordgrat der Köderhöhe, einer Stelle zwischen Köderkopf und Frondellalm, SW der Skarniz Höhe und von zwei Stellen am Beginn und im inneren Straniggraben. Vom italienischen Teil der Karnischen Alpen publizierten VAN AMEROM et al. (1983-84) die „Flora der Marinellihütte“. Diese Flora enthält 16 Arten und Gattungen, von denen 12 Taxa auch im österreichischen Teil der Hochwipfel Formation vorkommen und in diesem Band beschrieben werden.

Erhaltungszustand

Die Pflanzenreste in der Hochwipfel Formation sind entweder als Steinkern oder als Druck und Gegendruck erhalten (vgl. Abb. 74 und 75). Das bedeutet, dass eine Spaltfläche des Gesteins das inkohlte Blatt und die andere dessen Abdruck zeigt (Abb. 30). Die Pflanzenfossilien der Hochwipfel Formation weisen eine hohe Inkohlung auf, wodurch die kohlige Substanz auf beiden Seiten der Spaltfläche vorhanden ist.

Pflanzen zerfallen meistens vor ihrer Einbettung im Sediment in einzelne Teile, so dass eine Zuordnung der zerstreut abgelagerten fossilen Teile zur ursprünglichen Pflanzenart oft nicht möglich ist. Diese einzelnen Teile werden zu Organgattungen zusammengefasst. Das bedeutet, dass mehrere Organgattungen zur gleichen Pflanze gehören können. Zum Beispiel wird beim Schuppenbaum der Rindenabdruck als *Lepidodendron*, das Blatt als *Cyperites* und die Wurzel als *Stigmaria* bezeichnet.



Abb. 30: cf. *Archaeocalamites radiatus*. Blattfragment mit symmetrisch geteilten Abschnitten (Länge: 13 mm). Tomritsch, Exemplar ToH-4. Foto: H. Kabon



8

Systematische
Beschreibung der
Pflanzenfossilien
der Hochwipfel
Formation

Systematische Beschreibung der Pflanzenfossilien der Hochwipfel Formation

Die hier vorgestellte systematische Abhandlung der Pflanzenfossilien folgt der Gliederung von FUKAREK et al. (1992). Da es für die Paläofloren des Unterkarbons fast keine neueren Bearbeitungen der Gattungs- und Familiendiagnosen gibt, werden nur die wichtigsten diagnostischen Merkmale erwähnt, anhand derer die Taxa identifiziert wurden. Mehrfach kommen Typusarten vor, so dass sich Gattungs- und Artdiagnose weitgehend entsprechen (z.B. *Sphenopteridium dissectum* als Typusart der Gattung *Sphenopteridium*).

Die beschriebenen Pflanzenfossilien werden in der Paläobotanischen Sammlung des Kärntner Botanikzentrums KBZ [KL] in Klagenfurt aufbewahrt und inventarisiert.

Schachtelhalme (Equisetopsida)

In der Hochwipfel Formation sind die Schachtelhalme durch drei Gruppen vertreten. Die typischen Vertreter des Unterkarbons sind die **Archaeocalamiten**, die mit Steinkernen von *A. radiatus* das häufigste Pflanzenfossil im unteren Abschnitt der Hochwipfel Formation stellen. Ab der Basis des mittleren Abschnittes der Hochwipfel Formation (spätes Viséum (?) bis älteres Serpukhovium) treten dann erstmals die **Mesocalamiten** auf, die als Untergattung der Calamiten sowohl anatomisch als auch stratigraphisch eine Mittelstellung zwischen den Formen des Unter- und Oberkarbons einnehmen. Erst mit dem Oberkarbon wird die Gattung der Calamiten vorherrschend, jedoch wurden in der Hochwipfel Formation keine Floren des Oberkarbons aufgefunden. Als dritte Gruppe kommen Taxa der Familie der Keilblattgewächse (**Sphenophyllaceae**) vor, die am Ende des Erdaltertums aussterben. Die heutigen Schachtelhalme sind meist nur noch krautig, im Karbon und Perm wuchsen sie jedoch baumförmig und hatten verholzte Stämmen. Ein heutiger Vertreter der Schachtelhalme ist der durch seine Wuchskraft unbeliebte Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense*).

Als Besonderheit konnten auch die Sporophyllstände der Archaeocalamiten (*Pothocites* sp.) gefunden werden. Außerdem konnten folgende Erstfunde für die Karnischen Alpen verzeichnet werden: die Untergattung *Mesocalamites*, die Gattung *Pothocites*, sowie die cf-Arten *Sphenophyllum* cf. *tenerrimum* und *Sphenophyllostachys* cf. *tenerrima*.



Abb. 31: *Archaeocalamites radiatus*. 16 mm dicker Marksteinkern mit einem verdickten Knoten. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-41. Foto: H. Kabon



Abb. 32: *Archaeocalamites radiatus*. 10 mm langer Markhöhlenabdruck eines auseinanderbrechenden Stammes mit 2 Knoten. Hochwipfel Gipfelbereich, Exemplar HW-3. Foto: H. Kabon

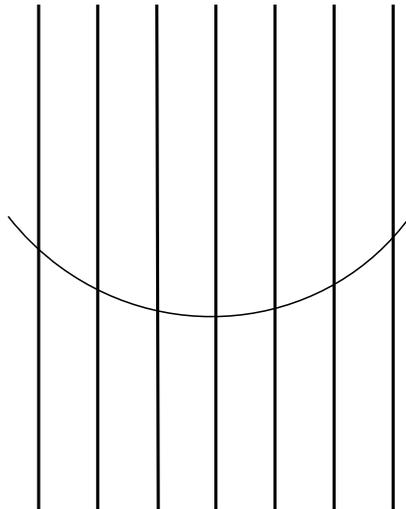


Abb. 33: Verlauf der Längsrillen geradlinig über die Knoten (nach VOGELLEHNER 1968).

Schachtelhalme sind durch die Gliederungen der Sprosse (Ast, Stamm) in Knoten (Nodien) und dazwischenliegende Abschnitte (Internodien) gekennzeichnet (vergleiche Abb. 31 und 32). Der häufigste Erhaltungszustand sind Steinkerne, die durch Ausfüllung des Markhohlraumes mit Sediment entstehen. Die in den Markhohlraum vorspringenden Leitbündel verursachen die Längsrillen (Furchen) an den Steinkernen. Anhand des Verlaufs der Längsrillen und der Knoten lassen sich die Familien der Archaeocalamiten und der Calamiten unterscheiden. Kennzeichnend für die Keilblattgewächse sind die namensgebenden keilförmigen Blätter.

Familie Archaeocalamitaceae

Wichtigstes Bestimmungsmerkmal der Archaeocalamiten sind die geradlinig über die Knoten verlaufenden Längsrillen (Abb. 33). Die einzelnen Arten unterscheiden sich durch die Anordnung der Astmale. Die häufigste Art in der Hochwipfel Formation ist *Archaeocalamites radiatus*. Weitere Arten unterscheiden sich hauptsächlich durch regelmäßig angeordnete Astmale und sind in der Hochwipfel Formation wie auch in Europa und Nordamerika extrem selten; sie konnten im vorliegenden Material nur auf Gattungsebene bestimmt werden. Der Archaeocalamit vom Findenigkofel mit den zwei Astmalen (Abb. 35) könnte zu einer dieser seltenen Arten gehören.



Abb. 34: *Archaeocalamites radiatus*. 23 mm breiter, tektonisch verformter Marksteinkern mit schräg verlaufender Knotenlinie. Wipfelalm 2, Exemplar Wi2-2. Foto: H. Kabon

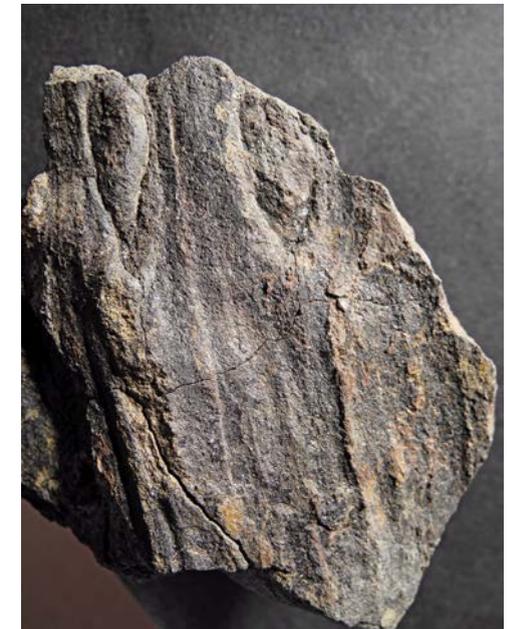


Abb. 35: *Archaeocalamites* sp. 50 mm langer Stammabdruck mit 2 länglich-ovalen Astmalen (11 mm lang); Findenigkofel, Exemplar FI-K2. Foto: H. Kabon

Archaeocalamites radiatus (BRONGNIART) STUR

Synonyme: *Asterocalamites scrobiculatus* (SCHLOTHEIM) ZEILLER;
Calamites radiatus (BRONGNIART)

Kennzeichnend für *Archaeocalamites radiatus* sind neben den geradlinig über die Knoten verlaufenden Längsrillen die seltenen und unregelmäßig verteilten Astmale. Die Blätter sind schmal und werden über 10 cm lang. Sie sind mehrfach gabelig geteilt, sodass symmetrische Abschnitte entstehen (Abb. 30). Wie bei allen Archaeocalamiten verlaufen die Längsrillen geradlinig über die Knoten. Die Knotenlinien stehen bei allen Marksteinkernen der Archaeocalamiten im rechten Winkel zur Längskante der Stämme, können aber durch tektonische Deformationsprozesse verformt werden (Abb. 34), so dass die Knotenlinie schräg zur Längskante steht (s.a. FURTAK & HELLERMANN 1961).

Archaeocalamites radiatus ist eine Leitfossil für das Tournaisium und Viséum mit Nachläufern bis in das untere Namurium A (Serpukhovium) und ist im unteren Abschnitt der Hochwipfel Formation das häufigste Fossil.



Abb. 36: *Pothocites* sp. Eine 13 mm lange Achse mit Sporangiophoren und Sporangien. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-108. Foto: H. Kabon

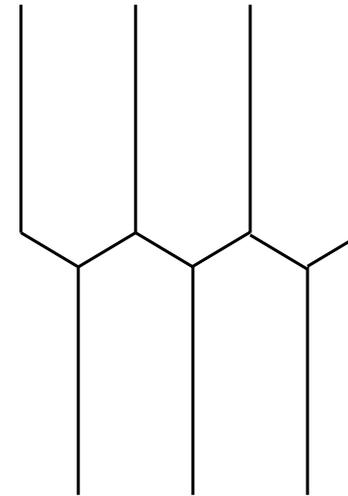


Abb. 38: Zickzackförmiger Verlauf der Knotenlinie bei den Calamiten (nach VOGELLEHNER 1968).



Abb. 37: *Pothocites* sp. Ein 10 mm langes Achsenbruchstück mit 9 einseitig erhaltenen 3–4 mm hohen Sporangiophoren. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-110. Foto: H. Kabon

Pothocites PATERSON

Pothocites bezeichnet die Sporangienstände der Archaeocalamiten. Sie sind ährenförmig und haben eine zentrale Achse. Rechtwinklig um diese Achse sind schirmförmige Sporangiophoren („Sporangienträger“) angeordnet, an denen die Sporangien (Sporenkapsel) in Richtung Stamm hängen (Abb. 36, 37). Auch die heutigen Schachtelhalme zeigen eine ähnliche Anordnung der Ähren.

An den Fundpunkten des Tröpolacher Almweges wurden nur einseitig erhaltene Bruchstücke geborgen. Die *Pothocites*-Ähren scheinen entlang der Achse leicht auseinandergebrochen zu sein. Abb. 36 zeigt eine in zwei Stücke zerbrochene, einseitig erhaltene Ähre. Am längeren Achsenrest stehen senkrecht 3 mm lange Sporangiophoren, die stammwärts gerichtete länglich-ovale ca. 1 mm lange Sporangien tragen. Die schirmförmigen Sporangiophoren sind auf Abb. 37 etwas deutlicher zu sehen.

Familie Calamitaceae

Bei den Calamiten des Oberkarbons teilen sich immer alle Leitbündel und kreuzen sich an den Knoten. Die Knotenlinien verlaufen deswegen nicht gerade sondern mehr oder weniger zickzackförmig (Abb. 38).



Abb. 39: *Calamites (Mesocalamites) ramifer*. 40 mm langer und 5 mm breiter Markhöhlenabdruck mit teilweise alternierenden Leitbündeln. Wipfelalm, Exemplar WI-5. Foto: H. Kabon

***Calamites (Mesocalamites)* HIRMER**

Die Untergattung *Mesocalamites* stellt eine Übergangsform der Arachaeocalamiten zu den Calamiten dar. Sie zeigt am selben Nodium teils durchgehende, teils durch die Gabelung des Leitbündels versetzte (alternierende) Rippen.

Die Hauptverbreitung der Mesocalamiten ist das Namurium (Serpukhovium bis Bashkirium), als stratigraphische Vorläufer werden sie jedoch bereits im obersten Viséum gefunden. In der Hochwipfel Formation finden sich Mesocalamiten nur im mittleren Abschnitt (Fundpunkte Obere Raune, Wipfelalm, Kirchbacher Wipfel (cf.), Fuchsgraben und Feistritzer Alm).

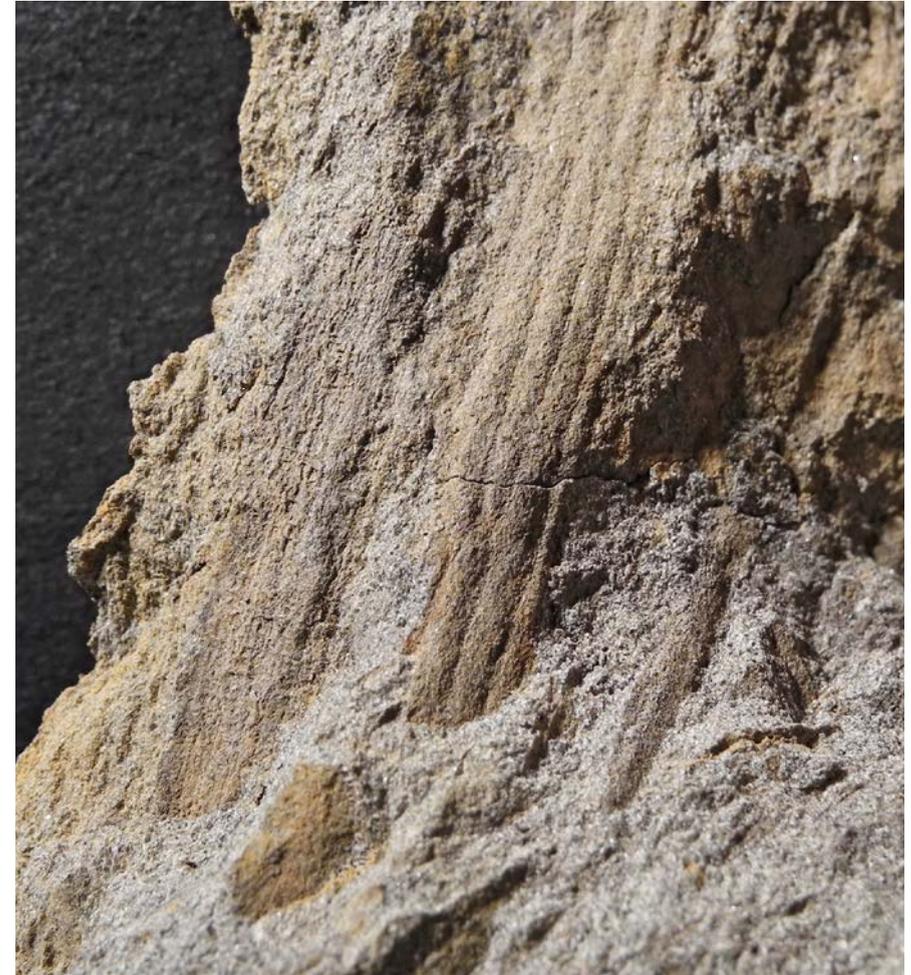


Abb. 40: *Calamites (Mesocalamites)* sp. 4 mm breites Steinkernfragment mit teilweise alternierenden Leitbündeln. Feistritzeralm 2, Exemplar FEI2-2. Foto: H. Kabon

***Calamites (Mesocalamites) ramifer* STUR**

Calamites (Mesocalamites) ramifer zeichnet sich durch spitz endende, alternierenden Rippen aus, die sich ineinanderschieben und teilweise eine zickzackförmige Knotenlinie bilden. Abb. 39 zeigt einen Markhöhlenabdruck mit einem Knoten, der die typischen teils durchlaufenden, teils alternierende Rippen zeigt. Die Rippen sind nur 0,8 mm breit. Der teilweise erhaltene Knoten des Steinkerns auf Abb. 40 zeigen ebenso alternierende und durchgehende, ca. 0,8 mm breite Rippen.



Abb. 41: *Sphenophyllum* cf. *tenerrimum*. 16 mm lange und 1 mm dicke Achse mit 4 Knoten und einem Seitenast. Tröpolacher Almweg, ExemplarTRÖ-116. Foto: H. Kabon



Abb. 42: *Sphenophyllum* cf. *tenerrimum*. 13 mm lange Achse mit 5 Knoten und bis 6 mm langen Blättchen. Tröpolacher Almweg, ExemplarTRÖ-125. Foto: H. Kabon



Abb. 43: *Sphenophyllum* cf. *tenerrimum*. Teil eines Blattquirls, Blättchenlänge: 5 mm. Tröpolacher Almweg, ExemplarTRÖA-11. Foto: H. Kabon

Familie Sphenophyllaceae (Keilblattgewächse)

Kennzeichnend für die Familie der Sphenophyllaceen sind die dünnen, bis zu einen Meter langen, unregelmäßig verzweigten Sprossachsen. Sie weisen eine Gliederung in Nodien (Knoten) und Internodien auf und werden daher den Schachtelhalmen zugeordnet. Von den Nodien gehen sowohl Seitenäste als auch die wirtelig angeordneten Blättchen ab. Bei den Arten des Oberkarbons kommt es zu einer Verwachsung dieser schmalen Einzelblättchen, sodass sich keilförmige Blätter bilden, die für diese Familie namensgebend sind. Die Wuchsform der Sphenophyllaceen war die von Spreizklimmern. Sie sterben mit Ende des Erdaltertums (Paläozoikum) aus.

Sphenophyllum BRONGNIART

Die gefundenen *Sphenophyllum* Reste gehören in den Formenkreis der dichotom (gabelig) geteilten, schmalblättrigen Sphenophyllen. Bei fast allen gefundenen *Sphenophyllum* Fragmenten sind die Blattquirle von der Seite zu sehen und stecken teilweise im Sediment, so dass keine sichere Bestimmung der Art möglich ist.

Sphenophyllum cf. *tenerrimum* ETTINGSHAUSEN

Kennzeichnend für dieses Taxon sind die schmalen, gabelig geteilten Blätter (Abb. 41, 42). Abb. 41 zeigt eine 16 mm lange Achse mit 4 Knoten. Vom zweiten Knoten von unten geht oberhalb eines Blättchens nach links ein dünner Seitenast mit einem Blattwirtel ab. Die bis 0,5 mm dicken und 7 mm langen Blättchen stecken teilweise im Sediment. Abb. 42 zeigt eine Achse mit 5 Knoten und schmalen Blättchen im Längsschnitt. Als Einzelfund liegt bei dem Exemplar auf Abb. 43 ein Teil eines Blattquirls mit bis zweimal gegabelten schmalen Blättchen flach auf dem Sediment.

Stratigraphische Verbreitung: Viséum bis Namurium A (Serpukhovium).

Sphenophyllostachys SEWARD

Die zapfenartigen Sporangienstände der Keilblattgewächse werden als *Sphenophyllostachys* bezeichnet. Sie kommen in den Sedimenten des Unterkarbons generell selten vor, jedoch konnten am Fundpunkt Tröpolacher Almweg zwei Exemplare geborgen werden.



Abb. 44: *Sphenophyllostachys* cf. *tenerrima*. 5 mm breiter Sphenophyllen Sporangienstand. Internodienlänge und Achsendicke ca. 1 mm, der Pfeil zeigt auf ein birnenförmiges Sporangium. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-128. Foto: H. Kabon

Sphenophyllostachys cf. *tenerrima* HELMHACKER

Bei *Sphenophyllostachys* cf. *tenerrima* handelt es sich wahrscheinlich um die Sporangienstände von *Sphenophyllum* cf. *tenerrimum*, die gegabelte Deckblätter (Brakteen) und birnenförmige Sporangien zwischen den Brakteen und der Achse aufweisen.

Die Abb. 44 zeigt einen Abschnitt einer insgesamt 33 mm langen in der Mitte dergestalt aufgebrochenen Sporangienstand, dass die Achse mit den Nodien sichtbar ist, von denen die Deckblätter (Brakteen) ausgehen. Die gegabelten Brakteen sind nur am Original sichtbar, jedoch lassen sich die birnenförmigen Sporangien zwischen den Brakteen und der Achse gut erkennen.

Das zweite gefundene Exemplar hat rundliche Sporangien, die im aufsteigenden Bereich der gegabelten Brakteen befestigt sind; es gehört damit zu einer anderen Art (*Sphenophyllostachys* sp.). Der Erhaltungszustand ist für eine fotografische Wiedergabe nicht geeignet.

Bärlappgewächse (Lycopodiopsida, Lycoposiden)

Im Unterkarbon sind die Schuppenbäume (*Lepidodendron*) die dominierenden baumförmigen Bärlappgewächse. Die bekannten Siegelbäume (*Sigillaria*) treten erst im Oberkarbon auf. Die baumförmigen Bärlappgewächse sind ausgestorben, heutige Vertreter sind nur mehr krautige Formen wie der kriechend wachsende Keulenbärlapp (*Lycopodium clavatum*) aus der Gattung *Lycopodium*.

Bärlappe zeichnen sich durch die gabelig (dichotom) verzweigte Spross- und Wurzelorgane sowie durch die spiralig angehefteten, nadelförmigen Blätter aus (nach FRITZ et al. 1990).

In der Hochwipfel Formation finden sich neben *Lepidodendron* drei Rindenabdrücke von *Lepidodendropsis* aus der Familie der Sublepidodendraceae, die als Vorläufer der *Lepidodendron* aufzufassen ist. Sowohl *Lepidodendron* als auch *Lepidodendropsis* sind Hauptbestandteile der Pflanzengesellschaft der kohlebildenden Waldmoore (flöznahe Biotope). Die Organgattung *Stigmaria* umfasst die Wurzelorgane der baumförmigen Bärlappe des Karbons.

Als Erstfunde für die Karnischen Alpen sind *Lepidodendropsis* cf. *hirmeri*, *Lepidodendron* cf. *acuminatum*, *Lepidodendron volkmannianum* und *Bothrodendron* in *Knorria* Erhaltung zu verzeichnen.

Familie Sublepidodendraceae

Die Familie Sublepidodendraceae tritt bereits im oberen Mitteldevon auf und reicht bis ins Unterkarbon. Vertreter dieser Familie hatten bereits die Wuchsform kleinerer Bäume und sind als Vorläufer der *Lepidodendron* aufzufassen.

Lepidodendropsis LUTZ

Diese seit dem Oberdevon vorkommende Gattung aus der Familie der Sublepidodendraceae hat einen einfacheren anatomischen Aufbau der Blattpolster als die erst im Unterkarbon auftretende Gattung *Lepidodendron* (Familie Lepidodendraceae, Schuppenbäume).



Abb. 45: *Lepidodendropsis cf. hirmeri*. Rindenabdruck (15 x 45 mm) mit langen schmalen Blattpolstern (12 x 1 mm). Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-154. Foto: H. Kabon



Abb. 46: *Lepidodendron losseni*. 13 mm langer Rindenabdruck, Polstergröße 5 x 1 mm. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖB-11. Foto: H. Kabon



Abb. 47: *Lepidodendron cf. acuminatum*. 10 mm breiter Rindenabdruck, Polstergröße 9 x 2 mm. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-144. Foto: H. Kabon

Lepidodendropsis cf. hirmeri LUTZ

Charakteristisch für dieses Taxon sind die schmalen, spindelförmigen, schraubig angeordneten Blattpolster, die durch deutliche Zwischenpolsterlinien getrennt werden. Die winzigen Blattnarben befinden sich im oberen Blattpolsterbereich (vgl. Abb. 45). J. LUTZ (1933) beschreibt aus Geigen bei Hof mehrere *Lepidodendropsis* Erhaltungszustände, wobei der abgebildete Abdruck (Abb. 45) der „aspidaroiden“ Innenseite entsprechen würde.

Stratigraphische Verbreitung: Tournaisium bis Viséum.

Familie Lepidodendraceae (Schuppenbäume)

Die Schuppenbäume sind durch ein charakteristisches Muster der Rindenoberfläche gekennzeichnet. Diese Rindenstruktur wird durch spindel- bis schuppenförmige bzw. rhombische Blattpolster hervorgerufen, die in Schrägzeilen angeordnet sind. Als Blattpolster werden etwas erhabenere Rindenbereiche bezeichnet, die durch Furchen gegeneinander abgegrenzt werden und eine zentral gelegene Blattnarbe zeigen. Die rundliche bis querrhombische Blattnarbe ist die Abbruchstelle des ursprünglich dort angewachsenen Blattes. Die einzelnen Lepidodendron-Arten werden durch Unterschiede in der Form der Blattpolster und -narben differenziert. Die Blattpolster und -narben der

Lepidodendren des Oberkarbons weisen einen wesentlich komplizierteren Aufbau auf als die des Unterkarbons. Die Bäume sind gabelig verzweigt, die Blattoorgane lanzettlich-nadelförmig und einadrig. Die Wurzeln werden als *Stigmaria* bezeichnet.

Lepidodendron losseni WEISS

Es handelt sich um eine *Lepidodendron* Art mit schmalen, spindelförmigen Polstern (Abb. 46) und einer besonders im unteren Polsterteil sichtbaren Quer-Runzelung. Die etwas oberhalb der Polstermitte liegenden Blattnarben nehmen fast die gesamte Polsterbreite ein.

Stratigraphische Verbreitung: Viséum.

Lepidodendron cf. acuminatum GOEPPERT

Eine *Lepidodendron* Art (Abb. 47) mit schmalen langgestreckten glatten Blattpolstern, die nach oben und unten ineinander übergehen und durch scharfe Längsfurchen getrennt werden. Die rundlichen kleinen Blattnarben sind etwa in Polstermitte wahrnehmbar.

Stratigraphische Verbreitung: Viséum.

***Lepidodendron volkmannianum* STERNBERG**

Die Anordnung der Polster in Gerad- und Schrägzeilen ist kennzeichnend für *Lepidodendron volkmannianum*. Die Abb. 48 zeigt einen 17 mm breiten Stammabdruck und rechts davon eine einzelne *Stigmaria* Narbe. Die nach oben halbreisförmigen Blattpolster sitzen mit dem unteren abgestumpften Ende dem darunterliegenden Blattpolster auf, so dass sich das typische Polstermuster ergibt. Die Blattnarben sind als Vertiefung erhalten.

Stratigraphische Verbreitung: Viséum bis frühes Namurium A (Serpukhovium).

***Lepidodendron* sp.**

Es handelt sich um einen einzelnen Rindenabdruck mit schmalen spindelförmigen Blattpolstern, die durch Bänder getrennt werden (Abb. 49). Blattnarben sind nicht erhalten, so dass keine Artbestimmung möglich ist.

Familie Bothrodendracea (Grubenbäume)

Die Bothrodendren (Grubenbäume) waren große Bäume, deren Wuchsform ähnlich den Lepidodendren war. Ihre Rinde hatte aber nur kleine, weit auseinander stehende Blattnarben ohne Blattpolster. Ihre Verbreitung ist auf das Karbon beschränkt.

***Bothrodendron* LINDLEY & HUTTON in *Knorria*-Erhaltung**

Unter *Knorria* versteht man eine Erhaltungsform von Stämmen der Gattungen *Lepidodendron* und *Bothrodendron*, bei denen durch Entrindung nur mehr die spiralg angeordneten Leitbündelwülste zu sehen sind. Die Knorrien der Gattung *Bothrodendron* (vgl. Abb. 50) lassen sich von den Knorrien der Lepidodendren durch die schmalen spindelförmigen Wülste unterscheiden, die in unregelmäßigen Schrägzeilen angeordnet sind und weit auseinanderstehen.

Stratigraphische Verbreitung: Viséum bis hohes Oberkarbon.



Abb. 48: *Lepidodendron volkmannianum*. 17 mm breiter Rindenabdruck mit 10 x 6 mm großen Blattpolstern. Obere Raune 2, Exemplar OR2-1. Foto: H. Kabon



Abb. 49: *Lepidodendron* sp. 8 mm breites Stammfragment mit Blattpolstern, die von einem Saum getrennt werden. Köderhöhe, Exemplar Kö-45. Foto: H. Kabon

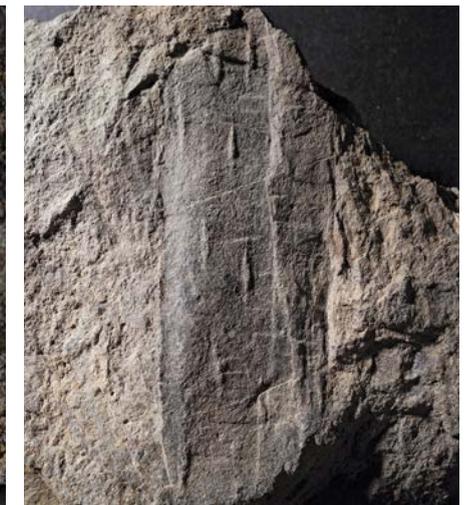


Abb. 50: *Bothrodendron* in *Knorria*-Erhaltung. 65 mm langer und 20 mm breiter Abdruck einer tieferen Schicht des Stammes mit 5 mm langen Wülsten. Köderhöhe, Exemplar Kö-64. Foto: H. Kabon



Abb. 51: *Stigmaria* sp. Einzelne *Stigmaria* Narbe (4 x 3 mm). Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖB-50. Foto: H. Kabon



Abb. 52: *Stigmaria* cf. *abnormis*. 90 mm langes, 65 mm breites Wurzelorgan mit 5 x 3 mm großen ovalen Narben. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-118. Foto: H. Kabon

Organgattung *Stigmaria* BRONGNIART

Die Organgattung *Stigmaria* umfasst die Wurzelorgane der baumförmigen Bärlappe des Karbons.

Die mehrfach gabelig geteilten Wurzelorgane der baumförmigen Bärlappgewächse trugen rundum senkrecht abgehende schlauchförmige Wurzeln (Appendices). Durch den Abfall der Appendices entstanden rundliche Narben mit einem Leitbündelmal in der Mitte. Durch den weiten Transport werden in der Hochwipfel Formation meist nur fragmentierte Stigmarien mit einzelnen Narben gefunden. Die Abb. 51 zeigt einen 20 x 11 mm messenden Rest eines Wurzelorganes mit unregelmäßigen Längswülsten und einer Narbe.

Eine Ausnahme bildet das Einzelstück vom Tröpolacher Almweg (Abb. 52), das ein Fragment eines ehemals großen Wurzelorganes mit längsverlaufenden rauhen Wülsten und weit auseinanderliegenden oval verdrückten Narben zeigt. Vergleichbare Wurzelorgane werden von GOTHAN (1949) als *Stigmaria abnormis* beschrieben.

Farnlaubige Pflanzen (Pteridophyllopsida)

In der Kunstgruppe der farnlaubigen Pflanzen (Pteridophyllopsida) werden die echten Farne (Filicopsida) und die Farnsamer (Pteridospermales) des Unterkarbons zusammengefasst, da bei vielen fossilen Pflanzen mit Farnlaub die Zuordnung nicht möglich ist. Der Grund dafür ist, dass die Farnsamer im Erscheinungsbild den Farnen gleichen, ihnen jedoch die Sporenkapseln an der Unterseite der Fiedern fehlen. Sie tragen dafür an den Fiedern Samen, die meist getrennt vom dazugehörigen Laub gefunden werden.

Ein Großteil der farnlaubigen Pflanzen dürften frühe Farnsamer gewesen sein. Diese zählen zu den Nacktsamern (Gymnospermen) und sind heute ausgestorben. Echte Farne spielen zwar in der Auernig Formation der Karnischen Alpen (hohes Oberkarbon) eine dominierende Rolle, sind jedoch im Unterkarbon selten nachzuweisen. Die unsere heutige Flora dominierenden bedecktsamigen Blütenpflanzen (Angiospermen) fehlen im Unterkarbon. Ihre Entwicklung beginnt erst 200 Millionen Jahre später im Erdzeitalter der Kreide, das durch den Höhepunkt der Saurierevolution und deren Aussterben am Ende der Kreidezeit Bekanntheit erlangt hat.

Stratigraphisch wichtig ist das Vorkommen von Achsen mit Dictyoxylostruktur, die auf das Vorkommen der Pflanzengattung *Lyginopteris* schließen lassen. Sie wird ab dem späten Oberviséum häufig und wurde im mittleren Abschnitt der Hochwipfel Formation gefunden. Farnlaubige Pflanzen wie *Sphenopteridium dissectum*, *Adiantites tenuifolius*, *Rhodea sparse-squarrosa* und *Rhodea hochstetteri* sind charakteristische Viséum-Arten.



Abb. 53: *Sphenopteridium dissectum*.
20 mm langes Fiederfragment.
Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-1.
Foto: H. Kabon



Abb. 54: *Sphenopteridium dissectum*.
28 mm langes terminales Fiederfragment
mit deutlicher Fächeraderung.
Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-168.
Foto: H. Kabon



Abb. 55: *Sphenopteridium dissectum*.
20 mm lange Fieder mit eher keilförmigen
Abschnitten. Tröpolacher Almweg,
Exemplar TRÖ-5. Foto: H. Kabon

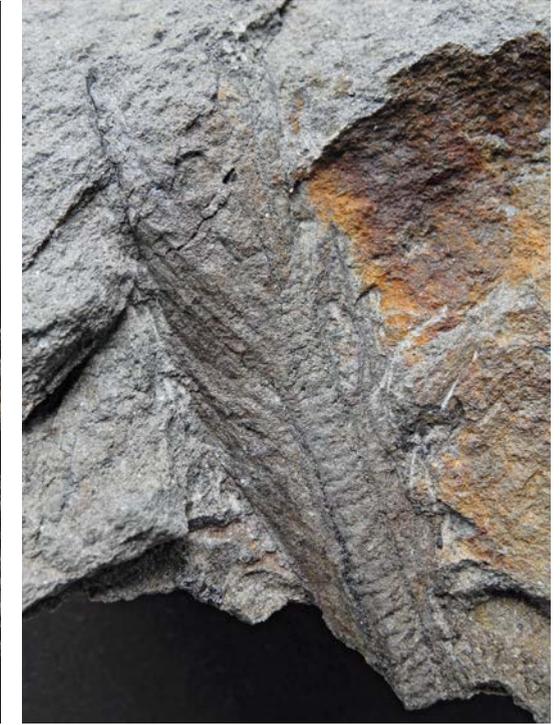


Abb. 56: *Sphenopteridium* sp.: 30 mm
lange und 3 mm breite Achse mit
schmalen Fiederfragmenten. Tröpolacher
Almweg, Exemplar TRÖ-110. Foto: H. Kabon

Erstfunde für die Karnischen Alpen sind die Farnsamer-Fruktifikation *Calathiops* cf. *zeilleri*, der fragile Farnstamm *Megaphyton kuhianum* sowie *Adiantites tenuifolius*, *Adiantites* cf. *machaneckii*, *Archaeopteridium tschermackii*, *Fryopsis polymorpha* und *Rhodea goepperti*.

Der Großteil der farnlaubigen Pflanzen des Unterkarbons zeigt eine urtümliche Fächeraderung, d.h. die von einem Punkt ausgehenden Adern gabeln sich ohne Ausbildung einer Mittelader fächerig auf.

Sphenopteridium SCHIMPER

Die Gattung *Sphenopteridium* ist durch Achsen mit unterbrochener Querriefung (vgl. Abb. 56 und Abb. 87) gut erkennbar. Die Wedel sind proximal einmal gegabelt. Die Fiedern sind aus oval- bis keilförmigen Abschnitten zusammengesetzt, aber es gibt auch Arten mit schmal-keilförmigen bis länglichen Fiederchen.

Sphenopteridium dissectum (GÖPPERT) SCHIMPER

Sphenopteridium dissectum (Abb. 55) zeichnet sich durch die mit breiter Basis schräg an der Achse ansitzenden Fiedern (Abb. 53) aus, die mehr oder weniger tief gelappt sind. Die Lappen verbreitern sich nach vorne und zeigen eine Fächeraderung (Abb. 54).

S. dissectum ist ein Angehöriger der mesophilen Flora (flözfernes trockeneres Biotop). Die Hauptverbreitung liegt im frühen bis mittleren Oberviséum (Goniatitenzonen cu IIIa bis cu IIIβ) mit Nachläufern bis in das Namurium A (Serpukhovium).

Sphenopteridium sp. (schmalblättrig)

An verschiedenen Lokalitäten wurden schmale Fiederfragmente gefunden, die aufgrund der Querriefelung der Achse zur Gattung *Sphenopteridium* (Abb. 56) zu stellen sind. Von den Achsen gehen bis zu 25 mm lange und 0,6 mm breite schmal-lineare Blattabschnitte ab, die sich zumindest einmal teilen. Die Achse erscheint wie von



Abb. 57: *Archaeopteridium tschermakii*. 25 mm lange Fieder. Tomritsch, Exemplar TOH-2. Foto: H. Kabon

Fiedern umhüllt. Es handelt sich wahrscheinlich um eine Art aus der Reihe der schmalblättrigen *Sphenopteridium* Formen wie *S. silesiacum*, *S. schimperii* oder *S. densifolium*. Diese Arten, deren Blättchen alle in schmal-lineare Abschnitte geteilt sind, waren Angehörige der mesophilen Flora (flözfernes trockeneres Biotop) und hatten ihre Hauptverbreitung im Viséum.

Archaeopteridium KIDSTON

Die Gattung *Archaeopteridium* besitzt wie die Gattung *Sphenopteridium* eine proximal gegabelte Wedelachse, die aber keine unterbrochene Querriefung zeigt.

Archaeopteridium tschermakii (STUR) KIDSTON

Bei *Archaeopteridium tschermakii* (Abb. 57) sind die Fiederchen bis kurz vor der Spitze verwachsen und flach bis spitzbogenförmig abgerundet. Die Nervatur ist sehr dicht und verläuft nahezu parallel und kaum merklich fächerförmig.

Archaeopteridium tschermakii hat seine stratigraphische Verbreitung im Viséum und reicht als Element der mesophilen Flora (flözfernes- trockeneres Biotop) bis in das frühe Namurium A (Serpukhovium). Die Art wurde auch noch in den tiefsten Schichten (Erlachgraben Formation) des Nötscher Karbons gefunden (VAN AMEROM & KABON 1999).



Abb. 58: *Cardiopteridium dijkstrae*. 5 x 4 mm messendes vollständiges Blättchen. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-10. Foto: H. Kabon

Cardiopteridium NATHORST

Die Blättchen der Gattung *Cardiopteridium* waren mit einem Stiel an der Achse befestigt, fielen leicht ab und werden deshalb meist einzeln gefunden. Der Umriss ist oval -bis zungenförmig, oft asymmetrisch. Die verschiedenen Arten werden hauptsächlich über die Blattgröße unterschieden.

Cardiopteridium dijkstrae VAN AMEROM, FLAJS & HUNGER

Die Blättchen von *Cardiopteridium dijkstrae* (Abb. 58) sind länglich bis rundlich glattrandig, gewölbt mit einer mehrmals gegabelten Nervatur, die sich ohne Mittelader fächerartig über die Blattfläche verbreitet. Die Blättchen haben eine eingezogene Basis und waren mit einem Stiel an der Achse befestigt.

Von dieser erstmals im italienischen Teil der Karnischen Alpen gefundenen Art (VAN AMEROM et al. 1983-84) wurden an mehreren Lokalitäten Einzelblätter gefunden. Die Größe variiert von 5 x 4 mm bis maximal 8 x 6 mm. Interessanterweise wurde diese bisher nur aus den Karnischen Alpen bekannte *Cardiopteridium* Art auch in den tiefsten Schichten (Erlachgraben Formation) des Nötscher Karbons (Serpukhovium) gefunden (VAN AMEROM & KABON 2003). Man kann die Art somit als Nachläufer einer altertümlichen mesophilen Flora (flözfernes- trockeneres Biotop) interpretieren.

***Cardiopteridium cf. spetsbergense* NATHORST (Abb. 59)**

Das Blättchen auf Abb. 59 ist unvollständig erhalten und trotzdem bereits größer (9 x 8 mm) als die *Cardiopteridium dijckstrae* Blättchen. Es handelt sich möglicherweise um *C. spetsbergense*, dessen Blattgröße zwischen 8–15 mm liegt.

***Fryopsis* WOLFE (al. *Cardiopteris* SCHIMPER)**

Zu der Gattung *Fryopsis* wird neben *F. polymorpha* heute auch *F. altaicus* (RADČENKO) HÜBERS et KERB comb. nov. gezählt. Nach HÜBERS & KERB (2011: 232) sind beide Taxa zwar sehr ähnlich, da sie aber das Typus Material von Radčenko nicht einsehen konnten und dessen Illustration wenig Kontrast zeigt, belassen sie trotz der großen Ähnlichkeit *F. altaicus* als separate Art, stellen sie jedoch aufgrund der typischen Gattungsmerkmale zu *Fryopsis*.

Von der *Fryopsis* Pflanze sind nur einfach gefiederte, nicht gegabelte Wedel bekannt.



Abb. 59: *Cardiopteridium cf. spetsbergense*. 9 x 8 mm großes unvollständiges Blättchen. Tomritsch, Exemplar TOH-12. Foto: H. Kabon

***Fryopsis polymorpha* (GOEPPERT) WOLFE**

Die Blättchen von *Fryopsis polymorpha* (al. *Cardiopteris frondosa* SCHIMPER) sitzen senkrecht an der Achse und haben eine rundliche bis ovale Form (Abb. 60). Die an der Blattbasis etwas gebündelte Aderung (mehrere Adern treten in die Blattbasis ein) breitet sich fächerförmig aus. Von dieser Art wurde in der Hochwipfel Formation nur ein einziges Blättchen gefunden.

Stratigraphische Verbreitung: selten im Tournaisium; bis Viséum.

***Adiantites* GOEPPERT**

Die Gattung *Adiantites* hat bis zu vierfach gefiederte, nicht gegabelte Wedel. Die Blättchen sind keilförmig mit einem mehr oder weniger abgerundeten Vorderrand und laufen in einem Stiel aus. Die Fächeraderung verläuft parallel dem stets glatten Seitenrand.



Abb. 60: *Fryopsis polymorpha*. 17 mm breites und 16 mm hohes, an einer 2 mm breiten Achse angeheftetes Blattfragment. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-35. Foto: H. Kabon

***Adiantites tenuifolius* (GOEPPERT) SCHIMPER**

A. tenuifolius (Abb. 61–62) ist die häufigste Art der Gattung und zeigt die oben beschriebenen keilförmigen Blättchen mit Fächeraderung. Sie gehört der mesophilen Flora an (flözfernes -trockeneres Biotop).

Stratigraphische Verbreitung: Viséum mit Nachläufern in das frühe Namurium A (Serpukhovium).

***Adiantites cf. machanekii* STUR**

Diese *Adiantites* Art unterscheidet sich nur durch sehr schmal-keilförmiges Blättchen von *A. tenuifolius* und zeigt eine zarte, fast parallel verlaufende Fächeraderung (Abb. 63). Es handelt sich um einen Einzelfund.

Stratigraphische Verbreitung: Unterkarbon.

***Adiantites* sp.**

Aus dem Namurium A (Serpukhovium) Belgiens beschreiben STOCKMANS & WILLIÈRE (1952) *Adiantites eremopteroides* als neue Art mit gelappten Fiederchen und Stiel. Diese Art gleicht unserem Exemplar (Abb. 64), das möglicherweise ein stratigraphischer Vorläufer im Viséum ist.

Cf. *Triphyllopteris* SCHIMPER

Die Gattung *Triphyllopteris* hat spitzwinkelig zur Achse gestellte Fiederchen, die im Bereich der Wedelspitze schmal rhombisch sind und basal in typisch dreigelappte und breite Fiederchen übergehen.

Das Exemplar Kö-42 von der Köderhöhe (Abb. 65) lässt sich nicht sicher der Gattung *Triphyllopteris* zuordnen. Es zeigt eine Fieder mit zwei schmal-rhombischen und einem breiteren Blättchen mit erkennbarer beginnender Lobierung. Diese Dreilappung der



Abb. 61: *Adiantites tenuifolius*. Keilförmiges Blättchen mit Fächeraderung und Stiel (18 x 10 mm). Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-121. Foto: H. Kabon



Abb. 62: *Adiantites tenuifolius*. Keilförmiges Blättchen mit Fächeraderung (11 x 10 mm) Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-2. Foto: H. Kabon



Abb. 63: *Adiantites cf. machanekii*. Schmal-keilförmiges Blättchen (15 x 2 mm). Köderhöhe, Exemplar Kö6. Foto: H. Kabon



Abb. 64: *Adiantites* sp. 17 mm langes, lobiertes Blättchen. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖB-48. Foto: H. Kabon



Abb. 65: Cf. *Triphyllopteris* sp. Das schmal-rhombische Fiederchen rechts unten misst 20 x 6 mm. Köderhöhe, Exemplar KÖ-42. Foto: H. Kabon



Abb. 66: *Rhodea sparse-squarrosa*. 30 mm lange Hauptachse mit 3 Seitenachsen. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-103. Foto: H. Kabon



Abb. 67: *Rhodea sparse-squarrosa*. 25 mm lange Hauptachse mit einem dichotom geteilten Fiederchen an der Seitenachse. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-86. Foto: H. Kabon

basalen Blättchen ist typisch für *Triphyllopteris*, aber die dreilappigen Fiederchen, die nur im proximalen Teil der Fiedern ausgebildet sind, sind nicht erhalten. Die Form des terminalen Fiederteiles auf der Abb. 65 lässt trotzdem die Zugehörigkeit zu *Triphyllopteris* vermuten.

Stratigraphische Verbreitung: Unterkarbon.

***Rhodea* PRESL (al. *Rhodeopteridium* ZIMMERMANN)**

Unter der Formgattung *Rhodea* werden Pflanzen zusammengefasst, deren Wedel fiedrig aufgebaut sind und deren Blättchen letzter Ordnung in lineare einaderige Abschnitte aufgeteilt sind.

***Rhodea sparse-squarrosa* GOTHAN**

Das Taxon zeigt eine Hauptachse mit Längsfurche, von der annähernd rechtwinklig Seitenachsen abgehen (Abb. 66-67). An ihnen sitzen zerstreut spreitenlose, sparrige und gebogene Fiederchen.

Stratigraphische Verbreitung: *Rhodea sparse-squarrosa* ist eine stratigraphisch wichtige Art, die im Osten Deutschlands in Doberlug-Kirchhain (DABER 1959) und Delitzsch (KAHLERT 1975) gefunden wurde und stratigraphisch dem frühen bis mittleren Oberviséum angehört (Goniatites Stufe IIIa bis IIIβ unten). Fragliche Funde stammen aus der „Flora der Marinellihütte“ (VAN AMEROM et al. 1983-84).



Abb. 68: *Rhodea hochstetteri*. 12 mm langes Fiederfragment mit dichotomer Teilung der Endfieder. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-80. Foto: H. Kabon



Abb. 69: *Rhodea hochstetteri*. 15 mm langes Fiederfragment. Köderhöhe, Exemplar KÖ-37. Foto: H. Kabon



Abb. 70: *Rhodea hochstetteri*. 15 mm langes Fiederfragment. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-81. Foto: H. Kabon

***Rhodea hochstetteri* STUR**

Rhodea hochstetteri (Abb. 68–70) zeigt eine flexuose (leicht gebogene) Achse, von der im spitzen Winkel schmal lineare, sich teilende Abschnitte abgehen. Die letzte Teilung ergibt symmetrische Abschnitte; alle Abschnitte sind fast gleich breit und werden nur von einer Ader durchzogen. Es handelt sich um ein mesophiles Florenelement, kommt also an trockeneren Standorten vor.

Die kleinen Wedelfragmente von den Fundpunkten des Tröpolacher Almwegs und der Köderhöhe lassen sich mit den Stücken bei CORSIN et al. (1973) aus dem jüngeren Viséum der Vogesen vergleichen. Ein größeres Exemplar wurde von VAN AMEROM et al. (1983-84) aus dem italienischen Teil der Karnischen Alpen beschrieben.

Stratigraphische Verbreitung: frühes bis mittlere Oberviséum.



Abb. 71: *Rhodea aphlebiota*.
Gesamtlänge 12 mm, Tröpolacher
Almweg, Exemplar TRÖ-57.
Foto: H. Kabon



Abb. 72: *Rhodea aphlebiota*.
Gesamtlänge 11 mm, Köderhöhe,
Exemplar Kö-20. Foto: H. Kabon



Abb. 73: *Rhodea aphlebiota*. Gesamt-
länge 13 mm. Tröpolacher Almweg,
Exemplar TRÖA-38. Foto: H. Kabon

Rhodea aphlebiota VAN AMEROM, FLAJS & HUNGER

Die Blättchen dieser *Rhodea* Art (Abb. 71-73) spalten sich in drei bandförmige Gruppen, die sich dann weiter aufspalten. Es handelt sich somit um ein Taxon, dessen Blättchen manchen Aphlebiiden Arten sehr ähneln. Es wäre somit möglich, dass es sich bei *R. aphlebiota* um eine Art der Gattung *Aphlebia* PRESL handelt.

Erstmals wurde *R. aphlebiota* durch VAN AMEROM et al. (1983-84) aus dem italienischen Teil der Karnischen Alpen beschrieben. Sie kommt aber auch in der Erlachgraben Formation des Nötscher Karbons vor (VAN AMEROM & KABON 1999).

Stratigraphische Verbreitung: frühes Obervisè bis mittleres Namurium A.

***Rhodea goepperti* (ETTINGSHAUSEN) STUR**

Rhodea goepperti weist eine Hauptachse auf, von der senkrecht die Achsen höherer Ordnung abzweigen (Abb. 74). STUR (1875) bildet ein vergleichbares Stück ab, das allerdings dickeren Achsen aufweist. Bei Exemplar TRÖ-73 vom Tröpolacher Almweg sind beide Spalthälften erhalten (Abb. 74, 75). Abb. 74 zeigt die breitere Hauptachse mit senkrecht abgehenden Nebenachsen. Das nur teilweise erhaltene Gegenstück (Abb. 75) weist den charakteristischen letzten Abschnitt mit den sparrigen Fiederchen auf, wie sie auch bei dem Exemplar auf Abb. 76 zu erkennen sind.

Stratigraphische Verbreitung: Viséum.



Abb. 74: *Rhodea goepperti*. 10 mm lange und 1,5 mm breite Hauptachse mit senkrecht abgehenden Fiedern. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-73. Foto: H. Kabon



Abb. 75: *Rhodea goepperti*. Unvollständiges Gegenstück von Abb. 74. 12 mm lange Fieder mit 3 mm großem letzten Abschnitt. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-73. Foto: H. Kabon



Abb. 76: *Rhodea cf. goepperti*. 6 mm lange Hauptachse, von der beidseitig Fiedern abzweigen. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-157. Foto: H. Kabon



Abb. 77: *Rhodea* sp. A. 19 mm lange und 0,5 mm breite Hauptachse. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-66. Foto: H. Kabon



Abb. 78: *Rhodea* sp. A. Gesamtlänge 14 mm. Tomritsch, Exemplar TOH-15. Foto: H. Kabon



Abb. 79: *Rhodea* sp. B. Achsenlänge 3 mm, Breite der Achse 0,5 mm. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-131. Foto: H. Kabon

***Rhodea* sp. A**

Diese *Rhodea* Art (Abb. 77, 78) ist durch eine etwas flexuose Hauptachse und sich mehrfach symmetrisch teilende Fiedern letzter Ordnung gekennzeichnet, die einen geweihartiger Eindruck hinterlassen. Es sind teilweise lineare bis leicht keilförmige Fiederchen erhalten (Abb. 77).

***Rhodea* sp. B**

Rhodea sp. B. (Abb. 79) zeigt eine flexuose Hauptachse, von der in unterschiedlichen Winkeln in unregelmäßigen Abständen Nebenachsen abzweigen. An den Nebenachsen sitzen 1 mm lange, spreitenlose und sparrige Fiederchen. Es handelt sich um eine häufige *Rhodea* Art an den Fundpunkten des Tröpolacher Almweges.



Abb. 80: *Rhodea* sp. B mit anhaftenden Aphlebias (Pfeile). Gesamtlänge 10 mm. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-153. Foto: H. Kabon

***Rhodea* sp. B mit anhaftenden Aphlebias**

Manche farnlaubige Pflanzen trugen an der Basis der Seitenfiedern von den üblichen Fiederchen abweichend geformte, meist unregelmäßig zerschlitzte Fiederchen. Diese Fiederchen werden in der Organgattung *Aphlebia* zusammengefasst. Die Aphlebias dienen dem Schutz der jungen Normalfieder und wurden nach Erfüllung ihrer Schutzfunktion abgeworfen. Daher werden die Aphlebias meist isoliert gefunden, jedoch gibt es auch Ausnahmen. An Exemplar TRÖA-153 (Abb. 80) sitzen an einer Astgabelung zwei fein gestreifte Aphlebias, deren Rand durch einen Kohlesaum betont ist. Es könnte sich auch um aphlebiaartige Fruktifikationen handeln.



Abb. 81: *Rhodea* sp. C. 20 mm lange Achse mit bis zu 4 mm lange Blättchen. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-27. Foto: H. Kabon

***Rhodea* sp. C**

Rhodea sp. C. (Abb. 81) zeigt eine Achse, von der bogenartig gekrümmte, schmale Blättchen alternierend abgehen. Diese Blättchen sind vereinzelt basal gegabelt. Eine vergleichbare *Rhodea* Art beschreibt E. PURKYNOVÁ (1970) als *Rhodopteridium piniforme* aus dem Namurium A des Oberschlesischen Beckens. Möglicherweise ist unser Exemplar ein stratigraphischer Vorläufer.

***Rhodea* sp.**

Unter *Rhodea* sp. sind alle (noch) unbestimmten *Rhodea* Bruchstücke zusammengefasst, die vor allem an den Fundpunkten des Tröpolacher Almweges und der Köderhöhe in großer Anzahl zu finden sind.

Isolierte Achsen

Lycopodiopsiden Achse

Aufgrund der in Schrägzeilen angeordneten abgerundeten Blattpolster (?) ist die Achse einer bärlappartigen Pflanze anzunehmen (Abb. 82).

Lycopodiopsiden Achse – cf. *Lepidodendropsis* Achse

Der teilweise entrindete Stammabdruck von Exemplar TRÖB-35 mit einer 40 mm langen Achse und kleinen in Schrägzeilen angeordneten Blattpolsterresten (Abb. 83) stammt wahrscheinlich von einer *Lepidodendropsis*-Art.

Megaphyton kuhianum GOEPPERT

Es handelt sich um das Achsenorgan einer farnlaubigen Pflanze, möglicherweise um einen Farnstamm. Der Sedimentkern dieses Stammes zeigt den inkohlten Xylemteil (Holzteil) der rohrförmigen Stammstele (vgl. REMY & REMY 1977). Die Wedel sind bei der Gattung *Megaphyton* in zwei Reihen beiderseits des Stammes alternierend angeordnet, wobei bei unserem Exemplar zwei Wedelabgänge erhalten sind. Die Abb. 84 zeigt drei Stammbruchstücke mit einer Gesamtlänge von 260 mm und einem Durchmesser von konstant 65 mm. Links oben ist eine zum Stamm noch parallel verlaufende Wedelachse zu sehen. Links im Bild befindet sich ein Stück des umgebenden Sediments mit dem Abdruck der Stammoberfläche. Die unregelmäßigen Längsrillen



Abb. 82: Lycopodiopsiden Achse. 40 mm lange und 7 mm breite Achse mit in Schrägzeilen angeordneten (?) Blattpolstern. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-33. Foto: H. Kabon



Abb. 83: Lycopodiopsiden Achse – cf. *Lepidodendropsis*: Eine 40 mm lange Achse mit 2 mm langen Blattpolsterresten. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖB-35. Foto: H. Kabon

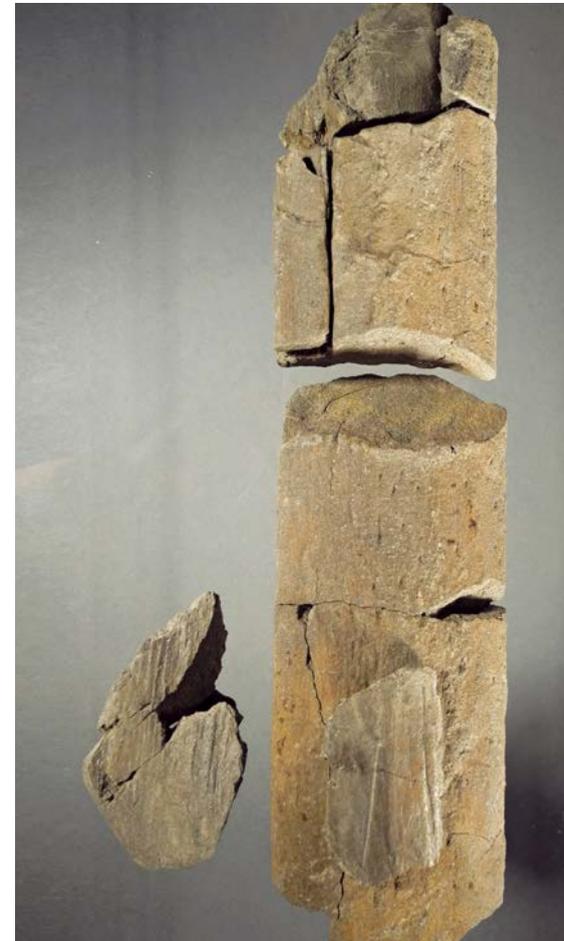


Abb. 84: *Megaphyton kuhianum*. Gesamtlänge der drei Stammbruchstücke 260 mm; links im Bild ein Teil des umgebenden Sediments mit Abdruck des (?) Luftwurzelmantels. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-34. Foto: H. Kabon



Abb. 85: *Megaphyton kuhianum*: Stammquerschnitt mit rohrförmiger Stele, die im Bereich des Abganges der Wedelachse eine Lücke aufweist; Stammdurchmesser 65 mm. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-34. Foto: H. Kabon

sind möglicherweise Abdruck des Luftwurzelmantels. Kleine Vertiefungen mit kohlig erhaltenen Leitbündelmalen an der Stammoberfläche könnten die Abbruchstellen der Luftwurzeln darstellen. Die Wedelachse beginnt sich auf Abb. 85 vom Stamm abzugrenzen. Die rohrförmige Stammstete hat in diesem Bereich eine Lücke. Vergleichbare Strukturen zeigt *Psaronius simplicicaulis* (DI MICHELE & PHILLIPS 1977).

Achse mit Dictyoxylonstruktur

Achsen der Farnsamergattung *Lyginopteris* zeigen ein charakteristisches Maschenmuster, das als Dictyoxylonstruktur bezeichnet wird. Es entsteht durch netzartig verbundene Bast-Elemente in der Rinde. Die Blättchen der Gattung *Lyginopteris* wurden aufgrund ihrer Zartheit in der Hochwipfel Formation noch nicht gefunden. Das Vorkommen von



Abb. 86: Achse mit Dictyoxylonstruktur. 18 mm langes Achsenfragment, Maschenlänge bis 4 mm. Wipfelalm, Exemplar WI-42. Foto: H. Kabon



Abb. 87: *Sphenopteridium*-Achse. 8 mm breite, unterbrochen quergeriefte Achse. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖA-138. Foto: H. Kabon

den robusteren Achsen mit Dictyoxylonstruktur lässt aber auf das Vorkommen dieser stratigraphisch wichtigen Gattung schließen. Maschenstrukturen unterschiedlicher Größe zeigt Abb. 86. Diese Achsen wurden im mittleren Abschnitt der Hochwipfel Formation (Fundpunkte 11. Wipfelalm und 14. Fuchsgraben) und im oberen Abschnitt der Hochwipfel Formation im Bereich der Auernig-Gräben (Abb. 23) gefunden.

Stratigraphische Verbreitung: spätes Oberviséum bis frühes Oberkarbon.

Sphenopteridium-Achse

Die Gattung *Sphenopteridium* wird durch die charakteristisch unterbrochenen quergeriefte Achsen nachgewiesen (vgl. Abb. 87).



Abb. 88: *Calathiops cf. zeilleri*. Körbchenförmige Fruktifikation, Gesamtlänge 10 mm, davon 2 mm Achsenrest. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-11. Foto: H. Kabon



Abb. 89: cf. *Zeilleria*: 7 mm lange Achse mit endständigen Pollenorganen. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-6A. Foto: H. Kabon

Isolierte Fruktifikationen

Calathiops cf. zeilleri (VAFFIER) GOTHAN

Unter *Calathiops cf. zeilleri* versteht man die Fruktifikationen von Farnsamern in Form von Körbchen. Die Körbchen saßen einzeln am Ende einer Achse und dürften einen Samen umhüllt haben (GOTHAN 1927). Die Abb. 88 zeigt ein Exemplar mit einem 2 mm langen Achsenrest.

cf. *Zeilleria* KIDSTON

Cf. *Zeilleria* ist wahrscheinlich das Pollenorgan einer *Rhodea*-Art, da *Rhodea* Fragmente an der Fundstelle TRÖ des Tröpolacher Almweges vorherrschen. Das Exemplar TRÖ-6A (Abb. 89) zeigt eine Hauptachse, von der senkrecht eine Seitenachse abgeht. An den Verzweigungen sitzen endständige Sporangien oder Synangien (Gruppe verwachsener Sporangien). Diese Pollenorgane sind geschlossen, längsoval und ca. 1 mm lang. Geöffnet erscheinen sie körbchenförmig.



Abb. 90: cf. Pteridospermen Cupula. 5 mm Durchmesser. Tröpolacher Almweg, Exemplar TRÖ-92. Foto: H. Kabon

cf. Pteridospermen Cupula

Körbchenförmige Samenbehälter (Cupula) möglicherweise von Pteridospermen und bis zu 5 mm im Durchmesser wurden am Tröpolacher Almweg gefunden (Abb. 90).



Abb. 91: *Trigonocarpus* sp. 13 mm langer Samen. Grüne Schneid, Exemplar GS-4. Foto: H. Kabon

Samen

Samen sind in der Hochwipfel Formation nur selten erhalten. Am häufigsten finden sich kleine Samen mit glatter Oberfläche, die als *Nudospermum* STOCKMANS & WILIÈRE bezeichnet werden (ohne Abb.). Ein 13 mm langer und an einem Ende zugespitzter Samen kann dem Typus *Trigonocarpus* BRONGNIART zugeordnet werden (Abb. 91), ein gerippter Samen vom Fundpunkt Großer Pal dem Typus *Holcospermum* (ohne Abb.).

9

Beschreibung der einzelnen Fundpunkte



Beschreibung der einzelnen Fundpunkte

Die Fossilien wurden in den vergangenen zwanzig Jahren von 20 Fundpunkten aufgesammelt. Meist finden sich nur Pflanzenhäcksel oder unbestimmbare glatte Sprossachsen. Selten finden sich in feinkörnigen Sedimenten erhaltene Blättchen oder größere Fragmente. Am häufigsten sind die offenbar recht robusten Marksteinkerne von Calamiten, die oft noch im groben Sandstein zu erkennen sind. Die Fundstellen werden von Ost verlaufend nach West beschrieben (Abb. 92). Alle vorkommenden Paläofloren werden mit ihren Fundpunkten in Abb. 93 dargestellt.

1. Fundpunkt: Feistritzer Alm

Feistritzer Alm 2

Geographische Koordinaten: N 46°33.689', E 13°30.549'

Beschreibung: Der Fundpunkt Feistritzer Alm 2 liegt kurz vor der Alm in der Böschung des Fahrweges in 1.706 m Seehöhe. Die Calamitenfragmente sind in einem feinkörnigen Sandstein regellos eingebettet und gehören alle der Untergattung *Mesocalamites* an.

Flora: *Mesocalamites* sp.; *Knorria* sp.; *Stigmaria* sp.; *Rhodea* sp.; *Nudospermum* sp.

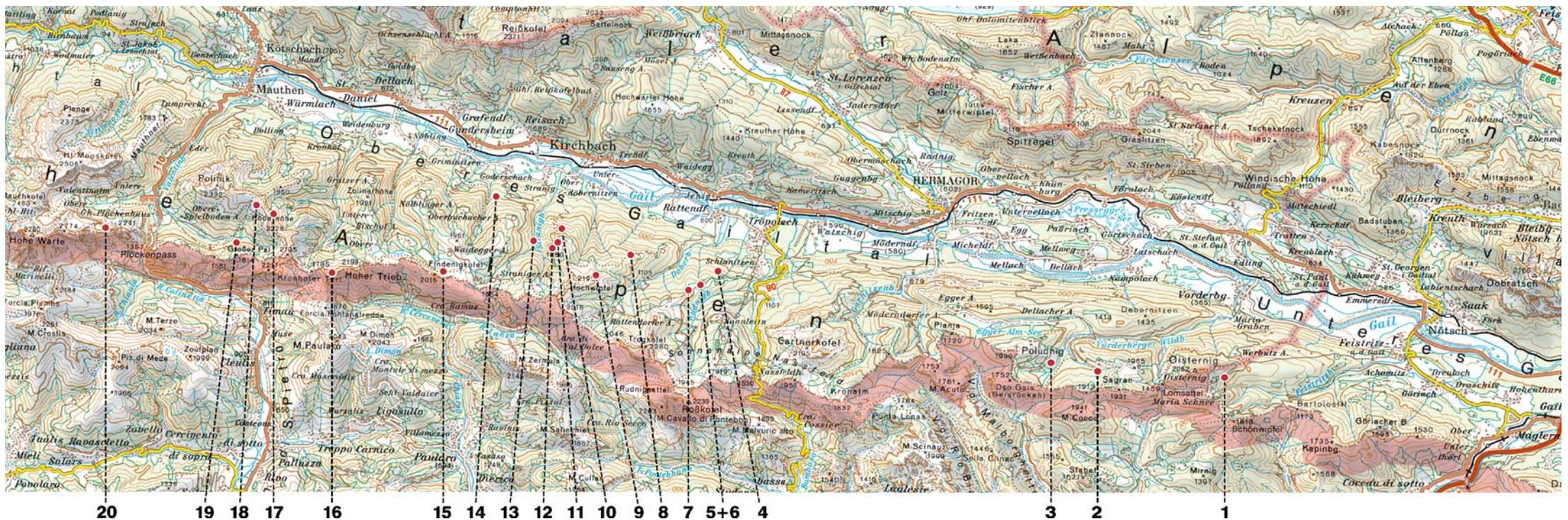


Abb. 92: Fundstellen der Pflanzenfossilien in den Karnischen Alpen (Ausschnitt aus der Österreichischen Karte 1:200 000. © BEV Wien)

| | Feistritzer Alm 1+2 | Kesselwald | Poludrig- Osthang | Tomritschalm | TRÖ | TRÖA | TRÖB | TRÖC | Oberer Raune | HW-Gipfelbereich | Wipfelalm 2 | Wipfelalm | Kirchbacher Wipfel | Straniggraben S2 | Fuchsgraben | Findenigkofel | Scarnizhöhe | Köderhöhe | Tschintemuntalm | Großer Pal | Grüne Schneid | |
|---|---------------------|------------|-------------------|--------------|-----|------|------|------|--------------|------------------|-------------|-----------|--------------------|------------------|-------------|---------------|-------------|-----------|-----------------|------------|---------------|---|
| Equisetopsida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Archaeocalamites radiatus</i> | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | | | x | | x | x | x | x | x | x | |
| <i>Archaeocalamites</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | |
| cf. <i>Archaeocalamites radiatus</i> -Blattfragment | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| <i>Pothocites</i> sp. | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Mesocalamites ramifer</i> | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | |
| <i>Mesocalamites</i> sp. | x | | | | | | | | x | | | x | x | | x | | | | | | | |
| <i>Sphenophyllum</i> cf. <i>tenerrimum</i> | | | | | x | x | x | | | | x | | | | | | | | | | | |
| <i>Sphenophyllostachys</i> cf. <i>tenerrima</i> | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sphenophyllostachys</i> sp. | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lycopodiopsida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lepidodendropsis</i> cf. <i>hirmeri</i> | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| cf. <i>Lepidodendropsis</i> Erhaltungszustand | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lepidodendron</i> cf. <i>acuminatum</i> | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lepidodendron losseni</i> | | | | | | x | x | | | | x | | | | | | | | | | | |
| <i>Lepidodendron volkmannianum</i> | x | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lepidodendron</i> sp. | | | | x | | | | | | | | x | | x | | | | | | x | | |
| <i>Bothrodendron</i> in <i>Knorria</i> Erhaltung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Knorria</i> sp. | x | | | | x | x | x | | | | | | | | | x | x | | | | | |
| Lycopodiopsiden Achse | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Stigmara</i> cf. <i>abnormis</i> | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Stigmara</i> sp. | x | | | | x | x | x | | | x | x | | x | x | | | x | x | | | | x |
| Pteridophyllopsida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sphenopteridium dissectum</i> | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Sphenopteridium</i> sp. (schmalblättrig) | | | | x | x | x | | | | x | | x | | | | | | | | x | x | |
| <i>Sphenopteridium</i> Achse | | | | | x | x | | x | | | x | | | | | | | | | x | x | |
| <i>Archaeopteridium tschermackii</i> | | | | x | x | | | | | | | | | | x | | | | | | | |
| <i>Cardiopteridium dijkstrae</i> | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Cardiopteridium</i> cf. <i>spetsbergense</i> | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fryopsis polymorpha</i> | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Adiantites tenuifolius</i> | | | | | x | x | | | | x | | x | | | | | | | | x | | |
| <i>Adiantites</i> cf. <i>machanekii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Adiantites</i> sp. | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| cf. <i>Triphylopteris</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Rhodea sparse-squarrosa</i> | | | | | x | x | x | x | | x | x | | | | | | | | | x | | |
| <i>Rhodea hochstetteri</i> | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Rhodea aphlebiota</i> | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | x | | x |
| <i>Rhodea goepperti</i> | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Rhodea</i> sp. A | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rhodea</i> sp. B | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | x | | |
| <i>Rhodea</i> sp. B mit anhaftenden Aphlebien | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rhodea</i> sp. C | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rhodea</i> sp. | x | x | | x | x | x | x | x | | x | | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Isolierte Achsen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Stipitopteris punctata</i> | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Megaphyton kuhianum</i> | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dictyoxyton</i> Struktur | | | | | | | | | | | | x | | | x | | | | | | | |
| Isolierte Sporangienstände und Samen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Calathiops</i> cf. <i>zeileri</i> | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| cf. <i>Zeilleria</i> | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| cf. Pteridospermen Cupula | | | | | x | | | | | | | x | | | | | | | | | | |
| <i>Nudospermum</i> sp. | x | | | x | | | | | | | | x | | | x | | | | x | x | | |
| <i>Trigonocarpus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| <i>Holcospermum</i> sp. | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | x |

Abb. 93: Vorkommen der Pflanzenfossilien nach Fundpunkten.

Feistritzer Alm 1:

Geographische Koordinaten: N 46° 33.653', E 13° 30.533'

Beschreibung: Die Fundstelle Feistritzer Alm 1 befindet sich 21 Höhenmeter unterhalb vom Fundpunkt Feistritzer Alm 2 in einem Graben. In einem feinkörnigen Sandstein kommen neben Pflanzenhäckseln schlecht erhaltene Calamitensteinkerne vor.

Flora: *Archaeocalamites radiatus* (Einzelfund); cf. *Mesocalamites* sp.; *Rhodea* sp. *Nudospermum* sp.

Alterseinstufung (Feistritzer Alm 1 und 2): Spätes Oberviseum; mittlerer Abschnitt der Hochwipfel Formation. Aufgrund des überwiegenden Vorkommens von *Mesocalamites* besteht möglicherweise Altersgleichheit mit dem Fundpunkt Wipfelalm (1.630m).

2. Fundpunkt: Kesselwald

Geographische Koordinaten: N 46° 33.924', E 13° 26.667'

Beschreibung: Diese Fundstelle liegt in einem Seitengraben des Vorderberger Wildbaches in 1.462 m Höhe. Die *Archaeocalamites* und *Lepidodendron* Fragmente befanden sich in einem Horizont, der ausschließlich Achsen enthielt. Ein zweiter Horizont enthielt neben Pflanzenhäckseln *Rhodea*-Bruchstücke und als Besonderheit für die Hochwipfel Formation den Abdruck eines gut erhaltenen Crinoidenstielgliedes.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*; *Lepidodendron volkmannianum*; *Rhodea* sp.

Fauna: Crinoidenstielglied; *Phycosiphon incertum* FISCHER-OOSTER, 1858 (Abb. 94): Nach WETZEL & BROMLEY (1994) handelt es sich um die Fraßspur eines Sedimentfressers.

Alterseinstufung: Unterkarbon (Mississippium); älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

3. Fundpunkt: Poludnig- Osthang

Geographische Koordinaten: N 46° 34.254', E 13° 25.556'

Beschreibung: An diese Fundstelle (1.520 m) fand sich in einem Feinsandstein neben Pflanzenhäcksel ein einzelnes Stammfragment von *Archaeocalamites radiatus*.

Alterseinstufung: Unterkarbon (Mississippium).



Abb. 94: *Phycosiphon incertum*: Spurenfossil, von dem eine vollständige Lobe (10 mm lang) erhalten ist. Kesselwald, Exemplar KW-6. Foto H. Kabon

4. Fundpunkt Tomritschalm

Geographische Koordinaten: N 46°35.858', E 13° 14.943'

Beschreibung: Diese Fundstelle war im Jahre 1998 an einem Nebenweg der Straße zur Tomritschalm in 1.370 m Höhe aufgeschlossen und ist heute mit Gras überwachsen. Die Pflanzenabdrücke befinden sich in einem harten, schlecht spaltenden Sandstein. Altersdiskussion siehe Fundpunkt 5.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, cf. *Archaeocalamites radiatus* (Blattfragment), *Lepidodendron* sp. (kleinpolstrig), *Sphenopteridium dissectum*, *Sphenopteridium* sp. (schmalblättrig), *Archaeopteridium tschermackii*, *Cardiopteridium dijkstrae*, *Cardiopteridium* cf. *spetsbergense*, *Rhodea aphlebiota*, *Rhodea* sp. A, *Rhodea* sp., *Nudospermum* sp.

Alterseinstufung: Frühes Oberviséum; älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

5. Fundpunkte am Tröpolacher Almweg (Bezeichnung: TRÖA und TRÖ)

TRÖA: 1.513 m Seehöhe - Geographische Koordinaten: N 46° 35.409', E 13° 14.479'

TRÖ: 1.513 m Seehöhe - Geographische Koordinaten: N 46° 35.407', E 13° 14.476'

Beschreibung: Durch die Erweiterung des Almweges zwischen der Tomritsch Alm und der Tröpolacher Alm zu einer Schiabfahrt (1999) wurde eine Tonschiefer-Sandstein Wechselfolge der Hochwipfel Formation mit mehreren pflanzenfossilführenden Horizonten großflächig aufgeschlossen. Aufgrund der fast identen Florenzusammensetzung, der gleichen Ablagerungsbedingungen und der räumlichen Nähe werden die Fundpunkte TRÖA und TRÖ gemeinsam behandelt. Diese zwei Horizonte enthielten in einem mürben Sandstein die meisten und besterhaltenen Pflanzenabdrücke der Hochwipfel Formation. Die Pflanzenreste sind aufgrund des weiten Transportes zerstückelt abgelagert, meist findet sich nur Häcksel. Und doch kommen überraschend Blättchen mit erhaltener Nervatur und größere Wedelfragmente vor. Die Pflanzen stammen aus unterschiedlichen Biotopen: *Archaeocalamiten*, *Sphenophyllen* und *Lepidodendren* besiedelten nasse bis feuchte Standorte (flözbildende Arten), während die überwiegende Zahl der *Pteridophylloidsen* trockener (flözfernere) Standorte bevorzugten. Die Floren vom Tröpolacher Almweg sind als eine rein allochthone Taphozönose (Grabgemeinschaft) zu betrachten, in der Pflanzen aus den beschriebenen unterschiedlichen Standorten zusammengeschwemmt und nebeneinander abgelagert wurden.

Beide Fundpunkte zeigen eine recht konstante Verteilung der drei Großgruppen, wobei die farnlaubigen Pflanzen (mit der vorherrschenden Gattung *Rhodea*) aus den eher trockeneren (flözferneren) Standorten überwiegen. Als einzelne Art hat *Sphenopteridium dissectum* einen großen Anteil und kann als charakteristische Art für diese Fundpunkte bezeichnet werden. Da Fruktifikationen, Samen und unbestimmte Pflanzenreste nicht mitgezählt werden, ergibt die Summe der Prozentanteile nicht 100%.

- a) Fundpunkt TRÖA weist bei 177 Fundstücken 28% Schachtelhalmgewächse, 10 % Bärlappgewächse und 58% Farnlaubige Pflanzen auf, von denen 44% der Gattung *Rhodea* und 6% der Art *Sphenopteridium dissectum* angehören. Des Weiteren kommen untergeordnet Achsen, Fruktifikationen, Samen und unbestimmte Blattfragmente vor.
- b) Fundpunkt TRÖ weist bei 160 Fundstücken 21% Schachtelhalmgewächse, 8% Bärlappgewächse und 58% Farnlaubige Pflanzen auf, von denen 36% der Gattung *Rhodea* und 11% der Art *Sphenopteridium dissectum* angehören.

Der Gesamtaspekt der reichhaltigen Floren des Tröpolacher Almweges und der Köderhöhe lässt eine Einstufung in das frühe Oberviséum zu, so dass zumindest der obere Bereich des unteren Abschnittes der HWF diesem Alter zugeordnet werden kann.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Pothocites* sp., *Sphenophyllum* cf. *tenerimum*, *Sphenophyllostachys* cf. *tenerrima*, *Sphenophyllostachys* sp., *Lepidodendropsis* cf. *hirmeri*, *Lepidodendron* cf. *acuminatum*, *Lepidodendron losseni*, Lycopodiopsiden Achse, *Knorria* sp., *Stigmara* sp., *Stigmara* cf. *abnormis*, *Sphenopteridium dissectum*, *Sphenopteridium* sp. (schmalblättrig), *Sphenopteridium* Achse, *Archaeopteridium tschermackii*, *Cardiopteridium dijkstrae*, *Fryopsis polymorpha*, *Adiantites tenuifolius*, *Rhodea aphlebiota*, *Rhodea hochstetteri*, *Rhodea sparse-squarrosa*, *Rhodea goepperti*, *Rhodea* sp. A, *Rhodea* sp. B, *Rhodea* sp. C, *Rhodea* sp., *Megaphyton kuhianum*, *Calathiops* cf. *zeilleri*, cf. *Zeilleria* Fruktifikation, cf. Pteridospermen Cupula, *Holcospermum* sp.

Altersdiskussion: Die Floren der Fundpunkte TRÖA und TRÖ sind die reichhaltigsten der Hochwipfel Formation und lassen sich mit der Flora von Doberlug-Kirchhain (DABER 1959) vergleichen, die der Goniaticenzone IIIa (älteres Oberviséum) zugeordnet wird. Ebenso besteht eine Übereinstimmung mit der von PATTEISKY (1929) aus der Goniaticenzone IIIa (Horizont von Sümpfenwalde) des mährisch-schlesischen Dachschiefers dokumentierten Flora. Gegen die Einstufung in ein jüngeres Alter spricht das Fehlen der Gattung *Lyginopteris*, deren Anwesenheit durch Achsen mit *Dictyoxylon* Struktur (Abb. 23, 86) zu erkennen wäre. Ebenso fehlt die Untergattung *Mesocalamites*. Beide Taxa werden erst ab der Goniaticenzone IIIγ (spätes Oberviséum) häufig. Diese

beiden Florenelementen kommen erst in dem stratigraphisch jüngeren mittleren Abschnitt der Hochwipfel Formation vor (Fundpunkte 1, 8 und 11). Die Floren des Tröpolacher Almweges lassen sich auch gut mit der „Flora der Marinellihütte“ (VAN AMEROM et al. 1983-84) vergleichen, für die ein mittleres Viséum Alter angegeben wurde. Nach der neuen Karbon-Stratigraphie von Deutschland (KERP et al. 2006) wird die Goniaticenzone IIIa nicht mit dem mittleren Viséum sondern mit dem frühen Oberviséum korreliert, sodass auch das Alter der „Flora der Marinellihütte“ auf frühes Oberviséum angepasst werden müsste.

Alterseinstufung: Frühes Oberviséum; älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

6. Fundpunkt: Am Tröpolacher Almweg (TRÖB)

Geographische Koordinaten: N 46° 35.368', E 13° 14.303'

Beschreibung: Die Fundstelle liegt in der hangseitigen Böschung des Tröpolacher Almweges in 1.520 m Seehöhe. Der Erhaltungszustand der Pflanzenfossilien gleicht dem der Fundpunkte TRÖA und TRÖ, das Sediment ist jedoch etwas grobkörniger. Die Verteilung der Großgruppen ist ähnlich wie an den Fundstellen TRÖA und TRÖ: Bei 75 Fundstücken kommen 21% Schachtelhalmgewächse, 12% Bärlappgewächse und 63% Farnlaubige Pflanzen vor, von denen 52% der Gattung *Rhodea* und 6% der Art *Sphenopteridium dissectum* angehören. Auch hier werden Fruktifikationen, Samen und unbestimmte Pflanzenreste nicht mitgezählt, so dass die Summe der Prozentanteile nicht 100% ergibt.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Pothocites* sp., *Sphenophyllum* cf. *tenerrimum*, cf. *Lepidodendropsis* Erhaltungszustand, *Lepidodendron losseni*, *Knorria* sp., *Stigmara* sp., *Sphenopteridium dissectum*, *Sphenopteridium* sp. (schmalblättrig), *Cardiopteridium dijkstrae*, *Adiantites* sp., *Rhodea aphlebiota*, *Rhodea hochstetteri*, *Rhodea sparse-squarrosa*, *Rhodea* sp. A, *Rhodea* sp. B, *Rhodea* sp., *Stipitopteris punktata*, *Holcospermum* sp.

Alterseinstufung: Frühes Oberviséum; älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

7. Fundpunkt: Am Tröpolacher Almweg (TRÖC)

Geographische Koordinaten: N 46° 35.327', E 13° 14.165'

Beschreibung: Die Fundstelle liegt in der hangseitigen Böschung nach der Abzweigung der Rudnigalmstraße in 1.556 m Seehöhe und besteht aus einer Wechselfolge von Mittel- und Feinsandstein. Neben vorwiegend Häcksel liegen auf den Spaltflächen des Mittelsandsteines vereinzelt größere Stammabdrücke von *Archaeocalamiten*. Im grauen Feinsandstein finden sich die zarten *Rhodea* Bruchstücke.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Pothocites* sp., *Lepidodendron* sp., *Sphenopteridium* Achse, *Rhodea* cf. *hochstetteri*, *Rhodea sparse-squarrosa*, *Rhodea* sp.

Alterseinstufung: Frühes Oberviséum; älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

8. Fundpunkt: Obere Raune

Fundpunkt 1) Geographische Koordinaten: N 46° 36.555', E 13° 11.912'

Fundpunkt 2) Geographische Koordinaten: N 46° 36.495', E 13° 11.866'

Beschreibung: In der hangseitigen Böschung des Almweges befindet sich in 1.478 m Höhe der Fundpunkt Obere Raune 1, der neben reichlich Häcksel nur ein fragliches Exemplar von *Mesocalamites* sp. geliefert hat. Die zweite Fundstelle liegt in 1.540 m Höhe ebenso in der hangseitigen Böschung.

Flora Fundpunkt 2: *Mesocalamites* sp., *Lepidodendron volkmannianum*, *Stigmaria* sp.

Alterseinstufung: Spätes Oberviséum (wie Fundpunkt 11. Wipfelalm); basaler Bereich des mittleren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

9. Fundpunkt: Hochwipfel-Gipfelbereich

Fundpunkt 1) Geographische Koordinaten: N 46° 35.710', E 13° 10.652'

Fundpunkt 2) Geographische Koordinaten: N 46° 35.703', E 13° 10.666'

Beschreibung: Die zwei Fundstellen liegen auf dem Grat, der sich vom Gipfel in östliche Richtung erstreckt. Fundpunkt 1 liegt auf 2.136 m Seehöhe, wo man Mittel- bis Grobsandsteine mit einem großen Anteil an Kieselschiefern findet. Fundpunkt 2 liegt auf 2.140 m Seehöhe, wo eine Silt-Feinsandsteinwechselfolge ebenfalls mit großem Kieselschieferanteil ansteht.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Sphenophyllum* sp. (schmalblättrig), *Lepidodendron* cf. *losseni*, *Stigmaria* sp., *Sphenopteridium* sp. (schmalblättrig), *Sphenopteridium* Achse, *Cardiopteridium* sp., *Adiantites tenuifolius*, *Rhodea* cf. *sparse-squarrosa*, *Rhodea* sp.

Alterseinstufung: Frühes Oberviséum; basaler Bereich? des älteren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

10. Fundpunkt: Wipfelalm 2

Geographische Koordinaten: N 46° 36.776', E 13° 10.114'

Beschreibung: Die Fundstelle befindet sich in der Böschung der Straße zur Wipfelalm in 1.430 m Seehöhe. In einem bräunlichen, harten und plattig spaltenden Feinsandstein befinden sich auf den Spaltflächen Häcksel und eingeregelt Stammfragmente darunter Steinkernabdrücke von *Archaeocalamiten*.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Rhodea* cf. *sparse-squarrosa*.

Alterseinstufung: frühes Oberviséum (aufgrund des Vorkommens von *Rhodea* cf. *sparse-squarrosa*); älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

11. Fundpunkt: Wipfelalm

Geographische Koordinaten: N 46° 36.667', E 13° 10.008'

Beschreibung: Die Fundstelle befindet sich in der Böschung des Fahrweges Richtung Kirchbacher Wipfel in 1.630 m Seehöhe. Eine Lage von grauen, glimmerhaltigen und mürbem Feinsandstein ist durchsetzt mit Häcksel und einzelnen größeren Achsenresten. Geologisch liegt die Fundstelle im Liegenden der Kirchbach Formation (siehe Kapitel „Zur Altersfrage: Die Kirchbach Formation auf der Wipfel Alm“).

Die bestimmbareren Calamitensteinkerne dieser Fundstelle gehören alle der Untergattung *Mesocalamites* an. Stratigraphisch gehören diese in das Serpukhovium bis älteres Bashkirium (Namurium) und werden als stratigraphische Vorläufer im späten Oberviséum gefunden. Sehr häufig sind an diesem Fundpunkt Achsen mit *Dictyoxylon* Struktur, die auf das Vorkommen der Pflanzengattung *Lyginopteris* schließen lassen und die ab dem späten Oberviséum häufig wird. Es wurden allerdings keine Pflanzenreste gefunden, die ihre alleinige Verbreitung im Serpukhovium (Namurium A) haben, sodass dieser Fundpunkt eher in das späte Oberviséum als in das frühe Serpukhovium einzustufen ist.

Flora: *Mesocalamites ramifer*, *Mesocalamites* sp., *Lepidodendron* sp., *Stigmaria* sp., *Sphenopteridium* sp., *Adiantites tenuifolius*, *Rhodea* sp., Achsen mit *Dictyoxylon*-Struktur, ? Peridospermen – Samencupula, geflügelter Samen, *Nudospermum* sp.

Alterseinstufung: Spätes Oberviséum; basaler Bereich des mittleren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

12. Fundpunkt: Kirchbacher Wipfel

Geographische Koordinaten: N 46°36.528', E 13° 10.183'

Beschreibung: Der Fundpunkt befindet sich am Nordhang des Kirchbacher Wipfels in 1.750 m Seehöhe im Hangenden der Kirchbach Formation. Die Calamitensteinkerne sind schlecht erhalten.

Flora: cf. *Mesocalamites* sp., *Stigmaria* sp., geflügelter Samen.

Alterseinstufung: Serpukhovium (Namurium A) ?; mittlerer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

13. Fundpunkt: Straniggraben S2

Geographische Koordinaten: N 46° 34' 49'', E 13° 09' 10''

Beschreibung: Die Fundstelle befindet sich am Ende des Forstweges im hinteren Straniggraben (1.020 m).

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Lepidodendron* sp. (kleinpolstrig).

Alterseinstufung: Unterkarbon (Mississippium); älterer (?) Abschnitt der Hochwipfel Formation.

14. Fundpunkt: Fuchsgraben

Geographische Koordinaten: N 46° 37.431', E 13° 07.824'

Beschreibung: Die Fundstelle befindet sich in der Böschung eines in den Fuchsgraben führenden Seitenweges der Stranigeralm Straße in 1.070 m Seehöhe. In einem grauen bis braunen, harten Feinsandstein finden sich sehr fragmentarische Pflanzenreste. An wenigen Calamitenfragmenten sind Knoten erhalten. Etwa 150 m südlich befindet sich ein Konglomeratvorkommen mit vereinzelt über kopfgroßen fossilführenden Kalkgeröllen, das dem Vorkommen im Döbernitzengraben gleicht.

Flora: *Mesocalamites* sp., *Stigmaria* sp., *Archaeopteridium* sp., *Rhodea* sp., Achsen mit *Dictyoxylon* Struktur, *Nudospermum* sp.

Alterseinstufung: Spätes Oberviséum; möglicherweise altersgleich mit dem Fundpunkt 11. (Wipfelalm 1.630 m); basaler Bereich des mittleren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

15. Fundpunkt: Findenigkofel

Geographische Koordinaten: N 46° 35.723', E 13° 06.247'

Beschreibung: Den Gipfelbereich des Findenigkofels bilden basale Anteile der Hochwipfel Formation, die oberdevonischen Knollenkalken aufgelagert sind (PÖLSER 1969). Östlich des Gipfels ist in einer ehemaligen Kriegsstellung (1.988 m Seehöhe) eine 30 cm mächtige fossilführende Sandsteinlage aufgeschlossen. Häufigste Komponente des mäßig sortierten mittelkörnigen Sandsteines sind eckige bis schwach gerundete schwarze Kieselschiefer.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Archaeocalamites* sp. mit Astmalen, *Knorria* sp., *Rhodea* sp.

Alterseinstufung: Unterkarbon (Mississippium); basaler Bereich des älteren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

16. Fundpunkt: Scarnizhöhe

Geographische Koordinaten: N 46° 35' 45'', E 13° 02' 58''

Beschreibung: Die Fundstelle liegt am Grat nordwestlich der Scarnizhöhe in 2120 m Höhe. In einem Feinsandstein mit hohem Anteil an schwarzen Kieselschiefern sind schlecht erhaltene Pflanzenreste eingeschlossen.

Flora: cf. *Archaeocalamites radiatus*, *Knorria* sp., *Stigmaria* sp., *Rhodea* sp.

Alterseinstufung: Unterkarbon (Mississippium); basaler Bereich des älteren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

17. Fundpunkt: Köderhöhe

Geographische Koordinaten: N 46° 37.020', E 13° 00.788'

Beschreibung: Die Fundstelle liegt am Grat, der sich vom Gipfel nördlich Richtung Lauchek in 2.159 m Seehöhe erstreckt. Die Pflanzenabdrücke befinden sich in einem grauen etwas glimmer- und kieselschieferführendem Sandstein. Die Paläoflora zeigt eine noch deutlichere Dominanz der farnlaubigen Pflanzen als an den Fundstellen Tröpolacher Almweg. Von 72 Fundstücken entfallen 78% auf Farnlaubige Pflanzen (davon gehören 54% der Gattung *Rhodea* an), 8% auf Schachtelhalmgewächse und 16% auf Bärlappgewächse. Die Fundstücke sind im Gegensatz zu denen des Tröpolacher Almweges grösser und enthalten auf einem Stück öfters mehrere unterschiedliche Taxa, so dass die Summe der Prozentanteile über 100% liegt. Der Gesamtaspekt der reichhaltigen Floren des Tröpolacher Almweges und der Köderhöhe lässt eine Einstufung in das frühe Oberviséum zu, so dass zumindest der obere Bereich des unteren Abschnittes der Hochwipfel Formation diesem Alter zugeordnet werden kann.

Florenliste: *Archaeocalamites radiatus*, cf. *Archaeocalamites radiatus*-Blattfragment, *Sphenophyllum*-Achse, *Lepidodendron* sp., *Bothrodendron* in *Knorria* Erhaltung, *Stigmaria* sp., *Sphenopteridium dissectum*, *Sphenopteridium* sp. (schmalblättrig), *Sphenopteridium* Achse, *Cardiopteridium dijkstrae*, *Adiantites* cf. *machanekii*, *Adiantites tenuifolius*, cf. *Triphyllopteris* sp., *Rhodea aphlebiota*, *Rhodea* cf. *sparse-squarrosa*, *Rhodea hochstetteri*, *Rhodea goepperti*, *Rhodea* sp. B, *Rhodea* sp., *Nudospermum* sp.

Alterseinstufung: Frühes Oberviséum; älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

18. Fundpunkt: Tschintemuntalm

Geographische Koordinaten: N 46° 37.296', E 12° 59.795'

Beschreibung: Der Aufschluss befindet sich nördlich der verfallenen Oberen Tschintemuntalm in 1.940 m Höhe. Die Pflanzenabdrücke befinden sich in einem mürben Sandstein ähnlich dem der Fundpunkte TRÖA und TRÖ.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Sphenopteridium* Achse, *Sphenopteridium* sp. (schmalblättrig), *Cardiopteridium* sp., *Rhodea* sp., *Nudospermum* sp.

Alterseinstufung: Frühes Oberviséum; älterer Abschnitt der Hochwipfel Formation.

19. Fundpunkt: Großer Pal

Geographische Koordinaten: N 46° 36.248', E 12° 59.133'

Beschreibung: Die Fundstelle befindet sich in der Böschung der Forststraße, die im Angerbachtal Richtung Großer Pal in 1.550 m Seehöhe verläuft. In einem horizontal bis trogförmig geschichteten, plattig spaltenden Feinsandstein liegen auf den Spaltflächen massenhaft Achsen, die teilweise eingeregelt sind. Unter den bis 60 mm breiten glatten Achsen finden sich vereinzelt extrem flachgedrückt, oft nur 1 mm dicke Sedimentkerne von *Archaeocalamites radiatus*. Der Feinsandstein erscheint durch das Überwiegen der Lyditkomponente dunkelgrau.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Holcospermum* sp.

Alterseinstufung: Unterkarbon (Mississippium); basaler Bereich des älteren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

20. Fundpunkt: Grüne Schneid

Geographische Koordinaten: N 46° 36.528', E 12° 55.172'

Beschreibung: Der Fundpunkt liegt direkt am Grenzkamm in 2.103 m Höhe. Die überwiegende Komponente des mittel bis feinkörnigen, fossilführenden Sandsteins ist eckiger bis schwach gerundeter Kieselschiefer.

Flora: *Archaeocalamites radiatus*, *Stigmaria* sp., *Rhodea aphlebiota*, *Rhodea* sp., *Trigonocarpus* sp.

Alterseinstufung: Unterkarbon (Mississippium); basaler Bereich des älteren Abschnittes der Hochwipfel Formation.

10

Das Geheimnis
des Hochwipfels ...



Das Geheimnis des Hochwipfels ...

Schlussfolgerungen

Es liegt im Wesen der geowissenschaftlichen Forschung, dass die Neudatierung eines einzigen Fossils Geologen zwingen kann, die Entwicklungsgeschichte eines Gebietes umzuschreiben. In diesem Fall betrifft es die Entdeckung neuer fossiler Pflanzen in der Hochwipfel Formation der Karnischen Alpen und die präzisierten Einstufungen bisheriger Fossilfundpunkte. Die bisherigen Funde ließen vermuten, dass der Großteil dieser klastischen Folge ein Alter in der Viséum und Namurium Stufe des Unterkarbons und älteren Oberkarbons hat. Diese Annahme gründete sich auf spärlichen Vorkommen der Gattung *Archaeocalamites*. Mit der Neuuntersuchung der Mikrofauna (Conodonten, Foraminiferen und Algen) in der der Hochwipfel Formation zwischen-geschalteten Kirchbach Formation wurde das Alter des mittleren Abschnittes der Hochwipfel Formation auf die Serpukhovium-Stufe des jüngsten Unterkarbons (Mississippium) festgelegt. Diese Meinung wird durch unsere Neuaufsammlung von Vertretern der Calamiten-Untergattung *Mesocalamites* im unmittelbaren Liegenden des Vorkommens der Kirchbach Formation abgesichert.

Basierend auf rund 20 mehrmals besuchten und im Detail bearbeiteten Pflanzenfundpunkten in den östlichen und zentralen Karnischen Alpen und unter Einschluss der neu datierten allochthonen Kalkklasten in der Kirchbach Formation sowie über Jahrzehnte dauernder Geländeerhebungen lässt sich heute das Bild einer Dreigliederung der siliziklastischen Hochwipfel Formation zeichnen, die sich nach unserer Meinung wie folgt darstellt:

1. Der untere, also ältere Abschnitt der Hochwipfel Formation umfasst die über dem Kontakt mit den devonisch-unterkarbonischen Kalken liegenden klastischen Flyschsequenzen, wie sie beispielsweise in der Umgebung des Hohen Trieb, Findenigkofel und nördlich der Marinelli Hütte aufgeschlossen sind, aber auch im Kesselwald in den östlichen Karnischen Alpen. Der obere Bereich des älteren Abschnittes kann, wie bei der Altersdiskussion unter 5. Fundpunkt (Tröpolacher Almweg) im Zusammenhang mit der Flora der Marinelli Hütte ausgeführt, in das ältere bis mittlere Oberviséum gestellt werden. Die Flora bei der Plungerkehre oberhalb der Wipfelalm wäre im allerjüngsten Visé anzusiedeln. Die im basalen Bereich gefundenen, hauptsächlich *Archaeocalamites* enthaltenden Floren lassen keine genauere Datierung zu.
2. Der mittlere Abschnitt wird durch mächtige Pakete von Lyditbrezzen und Konglomeraten (Olisthostrome im Sinne von FLORES 1955) gekennzeichnet, die knapp über dem Erstauftreten der Untergattung *Mesocalamites* liegen. Auch die Kirchbach Formation am Hochwipfel gehört in diesen mittleren

Abschnitt der Gesamtheit. Die diverse und relativ reiche Fossilführung zeigt ein Alter im älteren (?) Teil der Serpukhovium-Stufe am Ende des Unterkarbons (Mississippian) an. Die bei SPALLETTA & VENTURINI (1988) von der Dellacher und Unterbuchacher Alm sowie von der Casera Valbertad Bassa veröffentlichten Profile mit Konglomeraten und Brekzien stellen nur Ausschnitte aus der Gesamtfolge dar und sind daher nicht mit Sicherheit mit den hier behandelten Grobklastika zu parallelisieren. Nach unserer Meinung ist die Badstub Formation im Karbon von Nötsch ein zeitliches Äquivalent dieses mittleren Abschnittes der Hochwipfel Formation (siehe Ausführungen dazu im Subkapitel über den Döbernitzengraben und zur Kirchbach Formation/Wipfelalm). Die in jüngster Zeit daraus bekannt gewordenen Faunenelemente (lit.cit.) bestätigen diese Annahme.

3. Der obere Abschnitt der Hochwipfel Formation liegt über dem Hauptvorkommen der Lyditbrekzien und konglomeratischen Bildungen. Wiederum dominieren typische Turbiditsequenzen mit lokalen Einschaltungen grober klastischer Partien. Diesem Bereich ordnen wir den oberen Teil des Profils in den Gräben südöstlich der Auernigalm am Nassfeld zu. Die Abfolge südlich der Marinelli Hütte wird von italienischen Experten bereits zur nächst jüngeren Dimon Formation gerechnet und besteht aus grauen und grünen Sandsteinen und Schiefen sowie vulkanoklastischen Gesteinen (VENTURINI & SPALLETTA 2015). Das bei SPALLETTA & VENTURINI (1988) von der Casera Plotta östlich der Marinelli Hütte dargestellte rund 65 m mächtige Profil B könnte dem oberen jüngeren Anteil der Hochwipfel Formation entsprechen.

Die Obergrenze der Hochwipfel Formation ist nicht exakt datiert. Hier liefern die ältesten Transgressionsbildungen des post-variszischen Deckgebirges Altershinweise. Nach SCHÖNLAUB & FORKE (2007) gehören die ältesten Fossilien-führenden Partien (Fusuliniden, Conodonten) der transgressiven Auernig Formation biostratigraphisch der älteren Kasimovium-Stufe (Krevyakinium Substufe) an. Ein Alter in der vorangehenden Moscovium Stufe ist aber nicht völlig auszuschließen. Damit kommt für die älteste Überflutung des variszischen Grundgebirges ein numerisches Alter von rund 307-308 Millionen Jahren in Frage. Unter Annahme eines älteren Bashkirium-Alters für die jüngsten Anteile der Hochwipfel Formation vergrößert sich der bereits von KAHLER (1971) postulierte Zeitraum von rund 10 Millionen Jahren für die Dauer der variszischen Gebirgsbildung in den Karnischen Alpen auf ungefähr 12 Millionen Jahre.

Hinsichtlich der geodynamischen Entwicklung der Hochwipfel Formation im Karbon der Karnischen Alpen folgen wir einem leicht veränderten Rift-Modell von LÄUFER et al. (1993), allerdings unter Berücksichtigung eines ausgedehnten Flachwasserschelfes, der den Nordteil des Flyschbeckens eingenommen hat (vgl. Abb. 13). Im Zuge der Bildung eines Akkretionskeiles wurde dieser vollständig aufgearbeitet und Teile davon in das südliche Flyschbecken transportiert (Abb. 95). Reste davon sind allerdings in der „Veitscher Decke“ der östlichen Grauwackenzone bis heute erhalten geblieben.

Das in der Hochwipfel Formation gefundene Pflanzenmaterial wurde von Hochwasser führenden Flüssen weit in das Meer transportiert und am Schelfrand im Sediment abgelagert. Die oft sehr zarten Pflanzenreste gelangten eher durch Abrutschen

ganzer Sedimentpakete in die Tiefe als durch energiereiche Trübestrome, in den die zarten Pflanzen größtenteils zu Häcksel zerkleinert worden wären. Auch fanden sich an den Fundpunkten keine lithologischen Hinweise für Turbiditablagerungen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die oben erwähnten grobklastischen Einschaltungen innerhalb der Hochwipfel Formation (und ihrer Äquivalente im Karbon von Nötsch) Olisthostrome im Sinne der Originaldefinition bei FLORES (1955) bzw. der erweiterten Begriffsfassung bei FESTA et al. (2016, lit. cit.) sind. Sie wurden im Verlaufe einer Kontinent-Kontinent-Kollision bei gleichzeitiger Schließung des Flyschtroges in der Frühphase der variszischen Gebirgsbildung in den Alpen gebildet.

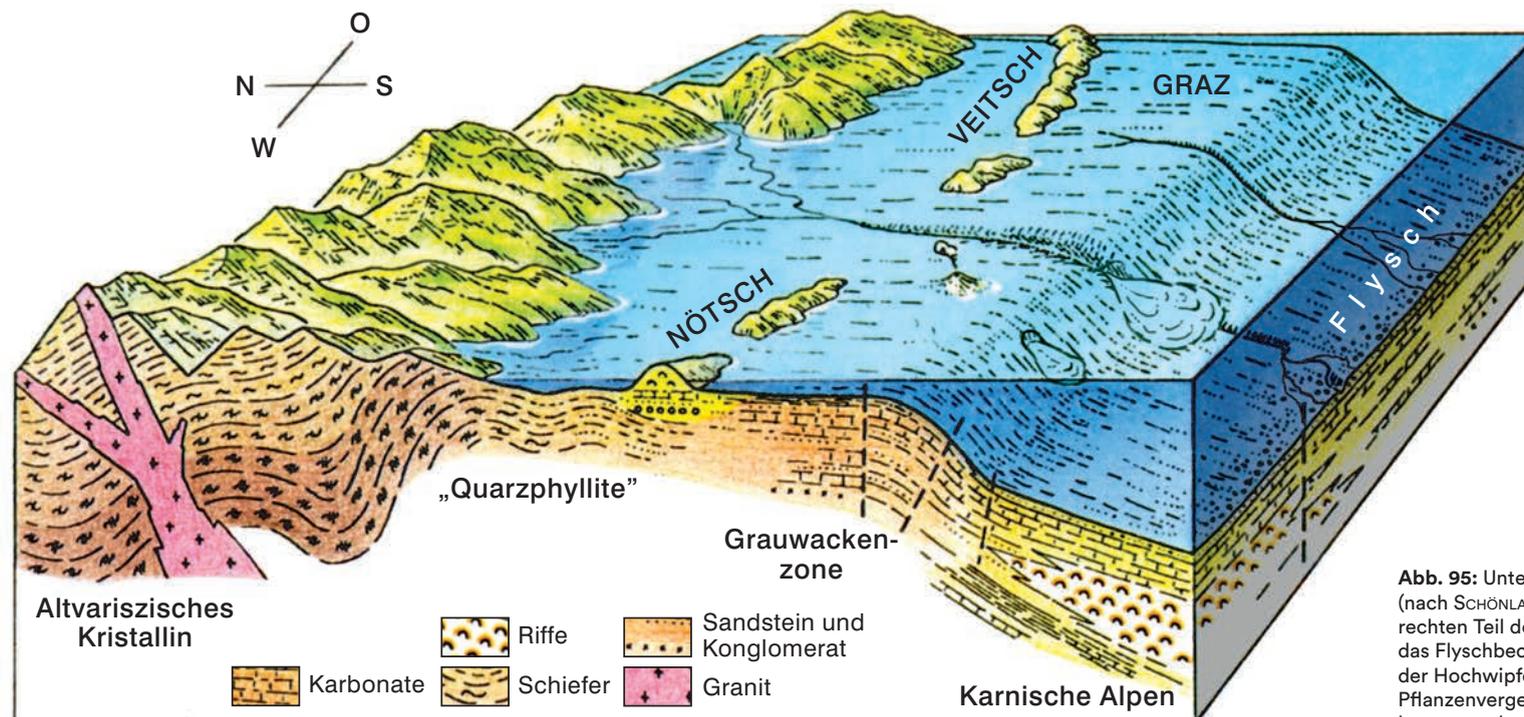


Abb. 95: Unterkarbon-Paläogeographie (nach SCHÖNLAUB 1982b, verändert). Im rechten Teil der Abbildung befindet sich das Flyschbecken, in dem die Gesteine der Hochwipfel Formation mit ihren Pflanzenvergesellschaftungen abgelagert wurden.

11 Literatur

Literatur

- AMEROM H. W. J. VAN, FLAJS G. & HUNGER G. (1983-84): Die „Flora der Marinellihütte“ (mittleres Visé) aus dem Hochwipfelflysch der Karnischen Alpen (Italien). – Mededelingen Rijks Geologische Dienst, vol. 37-3: 21–61.
- AMEROM H. W. J. VAN & KABON H. (1999): Neue fossile Floren aus dem Nötscher Karbon (1. Teil). – Carinthia II, 189./109.: 637–672.
- AMEROM H. W. J. VAN & KABON H. (2000): Neue fossile Floren aus dem Nötscher Karbon (2. Teil). – Carinthia II, 190./110.: 483–516.
- AMEROM H. W. J. VAN & KABON H. (2003): Neue fossile Floren aus dem Nötscher Karbon (3. Teil). – Carinthia II, 193./113.: 527–560.
- AMLER M. R. W., CONIL R. & KRATZ K. R. (1991): Foraminifers from the Kirchbach Limestone (Carnic Alps, Austria). – Geologica et Palaeontologica, 25: 111–121.
- AMEROM H. W. J. VAN & SCHÖNLAUB H. P. (1992): Pflanzenfossilien aus dem Karbon von Nötsch und der Hochwipfel Formation der Karnischen Alpen (Österreich). – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 135: 195–216.
- CORRADINI C. & SUTTNER T. (2015): The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy). – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 69: 158 S.
- CORSIN P., COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.-C. & POINT R. (1973): Étude de la flore de la série de Giromagny (Viséen supérieur des Vosges Méridionales). – Science Géologique, Bulletin 26, 1: 43–68.
- DABER, R. (1959): Die Mittel-Visé-Flora der Tiefbohrungen von Doberlug-Kirchhain. – Beiheft zur Zeitschrift Geologie, Jahrgang 8, Beiheft Nr. 26: 1–83.
- DIENER R. (2002): Die siliziklastischen Sedimente der synorogenen Hochwipfel Formation im Karbon der Westkarawanken (Österreich/Slowenien/Italien); Sedimentologie, Geochemie und Provenienz. – Dissertation Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Stuttgart: 366 S.
- DI MICHELE W. A. & PHILLIPS T. L. (1977): Monocyclic *Psaronius* from the lower Pennsylvanian of the Illinois Basin. – Canadian Journal of Botany, 55: 2514–2524.
- FESTA A., OGATA K., PINI G. A., DILEK Y. & ALONSO J. L. (2016): Origin and significance of olistostromes in the evolution of orogenic belts: A global synthesis. – Gondwana Research, 39: 180–203.
- FLORES G. (1955): Les résultats des études pour les recherches pétrolifères en Sicile: Discussion. – Proceedings of the 4th World Petroleum Congress. Casa Editrice Carlo Colombo, Rome, 121–122, Section 1/A/2).
- FLÜGEL H., GRÄF W. & ZIEGLER W. (1959): Bemerkungen zum Alter der „Hochwipfelschichten“ (Karnische Alpen). – Neues Jahrbuch Geologie, Paläontologie, Monatshefte, 4: 153–167.
- FLÜGEL E. & SCHÖNLAUB H. P. (1990): Exotic limestone clasts in the Carboniferous of the Carnic Alps and Nötsch: 15–19. In: VENTURINI C. & KRAINER K. (Ed.) (1990): Field Workshop on Carboniferous to Permian Sequence of the Pramollo-Nassfeld Basin (Carnic Alps). – Proceedings, Bologna.
- FRANCAVILLA F. (1966): Spore nel flysch Hochwipfel. – Giornale Geologia, 33: 493–523.
- FRECH F. (1887): Über das Devon der Ostalpen nebst Bemerkungen über das Silur und einem paläontologischen Anhang. – Zeitschrift Deutsche Geologische Gesellschaft, 43: 659–737.
- FRECH F. (1894): Die Karnischen Alpen. Ein Beitrag zur vergleichenden Gebirgstektonik. – Halle, 514 S.
- FRITZ A., BOERSMA M. & KRAINER K. (1990): Steinkohlenzeitliche Pflanzenfossilien aus Kärnten. – Carinthia II, 49. Sonderheft, 191 S.
- FURTAK H. & HELLERMANN E. (1961): Die tektonische Verformung von pflanzlichen Fossilien des Karbons. Geologische Mitteilungen. – Zeitschrift der Forschungsstelle für regionale und angewandte Geologie des Geologischen Instituts der Technischen Hochschule Aachen, Bd. 2: 49–69.
- GAERTNER H. R. VON (1931): Geologie der zentralkarnischen Alpen. – Denkschriften Akademie der Wissenschaften Wien, math.-naturwiss. Klasse, 102: 113–199.
- GEYER, G. (1896): Über die geologischen Verhältnisse im Pontafeler Abschnitt der Karnischen Alpen. – Jahrbuch k.k. Geologische Reichsanstalt, 46: 127–233.
- GORTANI M. (1905): Relazione sommaria delle escursioni geologiche fatte in Carnia dalla Società geologica italiana nei giorni 21-26 agosto 1905. – Bolletino Società geologica Italiana, 24: LXVI–LXXXV.
- GORTANI M. (1906): Sopra alcuni fossili neocarbonifero delle Alpi Carniche. – Bolletino Società geologica Italiana, 25: 257–276.
- GORTANI M. (1910): Osservazione geologiche sui terreni paleozoici dell'alta valle di Gorto in Carnia. – Rendiconti della Reale Accademia di Scienze, n. s., XIV: 58–64.
- GORTANI M. (1921): Progressi nella conoscenza geologica delle Alpi Carniche Principali. – Atti Società Toscana, Sc. Naturale, Memorie 34, 58 S.
- GOTHAN W. (1927): Über einige Kulmpflanzen vom Koßberg bei Plauen i.V. – Abhandlungen des Sächsischen Geologischen Landesamts, Heft 5: 1–8.
- GOTHAN W. (1949): Die Unterkarbon-Flora der Dobrilugker Tiefbohrungen. – Abhandlungen der Geologischen Landesanstalt Berlin, Heft 217: 1–32.
- HABERFELNER E. (1932): Geologische Aufnahmen zwischen Plöckenpaß und Hochwipfel. – Anzeiger Akademie der Wissenschaften Wien, math.-naturw. Klasse, 69, Nr. 22: 260.
- HAVLENA V. C. (1961): Die flöznahe und flözferme Flora des oberschlesischen Namurs A und B. – Palaeontographica Abt. B, Vol. 180: 22–38.
- HERITSCH F. (1928): Tektonische Fragen im Karbon der Karnischen Alpen. – Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften Wien, math.-naturw. Klasse, Abteilung I, 137: 303–338.
- HERITSCH F. (1929): Die tektonische Stellung von Hochwipfelsfazies und Naßfeldfazies des Karbons der Karnischen Alpen. – Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften Wien, math.-naturw. Klasse, Abteilung I, 138: 413–423.
- HERITSCH F. (1936): Die Karnischen Alpen. Monographie einer Gebirgsgruppe der Ostalpen mit variszischem und alpidischem Bau. – Geologisches Institut der Universität Graz, 205 S.

- HERITSCH F. (1943): Das Paläozoikum. In HERITSCH F. & KÜHN O. (Hrsg.): Die Stratigraphie der geologischen Formationen der Ostalpen. – Gebr. Borntraeger Berlin, 681 S.
- HERZOG U. (1988): Das Paläozoikum, zwischen Poludnig und Oisternig in den Östlichen Karnischen Alpen. – Carinthia II, Sonderheft 47: 1–121.
- HÜBERS M. & KERP H. (2011): The genus *Fryopsis* Wolfe (al. *Cardiopteris* Schimper): A taxonomic revision. – Review of Palaeobotany and Palynology 167: 230–241.
- KABON H. (1997): Eine fossile Flora aus dem Nötscher Karbon. – Carinthia II, 187: 479–487.
- KAHLER F. (1971): Die Überlagerung des variszischen Gebirgskörpers der Ost- und Südalpen durch jungpaläozoische Sedimente. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 122, Jg. 1970: 137–143.
- KAHLERT E. (1975): Die Unterkarbon Flora von Delitzsch. – Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, Jahrgang 3, Heft 7: 907–925.
- KERP H., KAMPE A., SCHULTKA S. & AMEROM H. W. J. VAN (2006): Makrofloren. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VI – Unterkarbon (Mississippium). – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften e.V., H. 41: 271–293.
- KRAUSE P. G. (1906): Über das Vorkommen von Kulm in der Karnischen Hauptkette. – Verhandlungen k.k. Geologische Reichsanstalt: 64–68.
- KRAUSE P. G. (1928): Über *Asterocalamites scrobiculatus* (SCHLOTH.) ZEILLER im Kulm der Karnischen Hauptkette. – Jahrbuch preußisches geologisches Landesamt Berlin, 49: 634–640.
- KRAINER K. (1992): Fazies, Sedimentationsprozesse und Paläogeographie im Karbon der Ost- und Südalpen. – Jahrbuch Geologische Bundesanstalt, 135: 99–193.
- KRAINER K. & VACHARD D. (2002): Late Serpukhovian (Namurian A) Microfacies and Carbonate Microfossils from the Carboniferous of Nötsch (Austria). – Facies, 46: 1–26.
- KRAINER K. & VACHARD D. (2015): Late Viséan (MFZ14) foraminifers and algae from the Kirchbach Limestone (Carnic Alps, Austria) and geological implications. – Facies, 61: 418.
- KULLMANN J. & LOESCHKE J. (1994): Olistholithe in Flysch-Sedimenten der Karawanken: Die Entwicklung eines aktiven Kontinentalrandes im Karbon der Südalpen (Paläozoikum von Seeberg und Eisenkappel/Österreich). – Neues Jahrbuch Geologie, Paläontologie, Abhandlungen, 194: 115–142.
- KUTTEROLF S. (2001): Die klastischen Sedimente der karbonen Hochwipfel- und Auernig-Formation der Ostkarawanken (Österreich/Slowenien), Sedimentologie, Geochemie und Provenanz. – Dissertation Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Stuttgart, 1–182.
- LÄUFER A. L., LOESCHKE J. & VIANDEN B. (1993): Die Dimon-Serie der Karnischen Alpen (Italien): Stratigraphie, Petrographie und geodynamische Interpretation. – Jahrbuch Geologische Bundesanstalt, 136: 137–162.
- LÄUFER A. L., HUBICH D. & LOESCHKE J. (2001): Variscan geodynamic evolution of the Carnic Alps (Austria/Italy). – International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), 90: 855–870.
- LUTZ J. (1933): Zur Kulmflora von Geigen bei Hof. – Palaeontographica Band LXXVIII. Abt. B: 114–157.
- MCBRIDE E. F. (1963): A classification of common sandstones. – Journal of Sedimentary Geology, 33: 664–669.
- PATTEISKY K. (1929): Die Geologie und Fossilführung der Mährisch-Schlesischen Dachschiefer- und Grauwackenformation. – Naturwissenschaftlicher Verein in Troppau: 354 S.
- PERRI M. C. & SPALLETTA C. (1998): Conodont distribution at the Tournaisian/Viséan boundary in the Carnic Alps (Southern Alps, Italy). In: SZANIAWSKI, H. (ed.): Proceedings of the Sixth European Conodont Symposium (ECOS VI). – Palaeontologia Polonica, 58: 225–245.
- PÖLSLER P. (1967): Geologie des Plöckentunnels der Ölleitung Triest-Ingolstadt (Karnische Alpen, Österreich/Italien). – Carinthia II, 77: 37–58.
- PÖLSER P. (1969): Stratigraphie und Tektonik im Nordabfall des Findenigkofels (Silur bis Karbon; Karnische Alpen, Österreich). – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Bd. 112: 355–398.
- POHLER S. (1982): Die Entwicklung der Flachwasserkarbonate im Mittel- und Oberdevon der zentralen Karnischen Alpen (Seewartesockel zum S-Abfall der Hohen Warte). – Diplomarbeit Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn: 134 S.
- POTY E., ARETZ M. & HANCE L. (2014): Belgian substages as a basis for an international chronostratigraphic division of the Tournaisian and Viséan. – Geological Magazine, 151 (2): 229–243.
- PURKYNŮVÁ E. (1970): Die Unternamurflora von Horní Slezsko (CSSR). – Paläontologische Abhandlungen B, Band III, Heft 2: 129–268.
- REMY W. & REMY R. (1977): Die Floren des Erdaltertums. – Verlag Glückauf GmbH, Essen, 468 S.
- SCHERBA I. G. (1989): Stage and phases of formation of Cenozoic olistostromes in the Alpine Fold Belt: 49–82. In: LEONOV Y. G. & KHAIN V. E. (Ed.). – Global Correlation of Tectonic Movements, John Wiley and Sons, New York; 268 S.
- SCHNABEL W. (1976): Schwermineraluntersuchungen im Variszikum der Karnischen Alpen (Österreich und Italien). – Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 1876: 191–206.
- SCHÖNLAUB H. P. (1981): Bericht 1978 über Aufnahmen im Paläozoikum auf Blatt 198, Weißbriach. – Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 1979: A154–A155.
- SCHÖNLAUB H. P. (1982a): Paläozoikum der Karnischen Alpen und Westkarawanken: 26–32. In: Geologische Bundesanstalt. – Erläuterungen zu Blatt 200 Arnoldstein, 59 S.
- SCHÖNLAUB H. P. (1982b): Die ältesten „Berge“ Österreichs: 8–16. In: KOLLMANN H. A. (Ed.): Schätze im Boden – Österreichs Boden im Wandel der Zeit, W. Braumüller, Wien, 80 S.
- SCHÖNLAUB H. P. (1983): Bericht 1979 über geologische Aufnahmen im Paläozoikum auf Blatt 198, Weißbriach. – Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 1980: A131–A134.
- SCHÖNLAUB H. P. (1985a): Das Paläozoikum der Karnischen Alpen: 34–52. In: Geologische Bundesanstalt. – Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1985, Kötschach-Mauthen, 87 S.
- SCHÖNLAUB H. P. (Bearb.) (1985b): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 197 Kötschach. – Geologische Bundesanstalt.

- SCHÖNLAUB H. P. (Bearb.) (1987): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 198 Weissbriach. – Geologische Bundesanstalt.
- SCHÖNLAUB H. P. & FORKE H. C. (2007): Die post-variszische Schichtfolge der Karnischen Alpen – Erläuterungen zur Geologischen Karte des Jungpaläozoikums der Karnischen Alpen 1:12500. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 61: 3–157.
- SCHÖNLAUB H. P., KLEIN P., MAGARITZ M., RANTITSCH G. & SCHARBERT S. (1991): Lower Carboniferous Paleokarst in the Carnic Alps (Austria, Italy). – *Facies*, 25: 22–29.
- SCHÖNLAUB H. P. & KREUTZER L. H. (1993): Lower Carboniferous Conodonts from the Cima di Plotta Section (Carnic Alps, Italy). – *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt*, 136: 247–269.
- SCHÖNLAUB H. P., SPALLETTA C. & VENTURINI C. (2015): Kirchbach Formation: 148–150. In: CORRADINI C. & SUTTNER T. (Ed.): *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 69: 5–158.
- SELLI R. (1963a): Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali. – *Giornale Geologia*, 30(2): 1–121.
- SELLI R. (1963b): Carta geologica del Permo-Carbonifero Pontebbano, Scala 1:20.000. – Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- SPALLETTA C., VAI G. B. & VENTURINI C. (1980): Il Flysch ercinico nella geologia di Monte Paularo e Dimon (Alpi Carniche). – *Memorie della Società Geologica Italiana*, 20: 243–265.
- SPALLETTA C. & VENTURINI C. (1988): Conglomeratic Sequences in the Hochwipfel Formation: A new Palaeogeographic Hypothesis on the Hercynian Flysch Stage of the Carnic Alps. – *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt*, 131/4: 637–647.
- SPALLETTA C. & VENTURINI C. (2009): Formazione del Hochwipfel. In: VENTURINI C. (Ed.): *Note illustrative del Foglio 031 Ampezzo*. – Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ex-Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, Servizio Geologico d'Italia): 48–51, Stampa A.T.I. – S.EL.CA.srl – L.A.C.srl – System Cart srl, Firenze.
- SPALLETTA C., VENTURINI C., SCHÖNLAUB H. P. & PONDRELLI M. (2015): Hochwipfel Formation: 151–154. In: CORRADINI C. & SUTTNER T. (Ed.): *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 69: 5–158.
- STACHE G. (1872a): Entdeckung von Graptolithenschiefern in den Südalpen. – *Verhandlungen k. k. Geologische Reichsanstalt*, 234–235.
- STACHE G. (1872b): Über die Graptolithen der schwarzen Kieselschiefer am Osternig zwischen Gailthal und Fellathal in Kärnten. – *Verhandlungen k. k. Geologische Reichsanstalt*, 323.
- STACHE G. (1873): Der Graptolithenschiefer am Osternig-Berg in Kärnten. – *Jahrbuch k.k. Geologische Reichsanstalt*, 23: 175–248.
- STACHE G. (1874): Die Paläozoischen Gebiete der Ostalpen. – *Jahrbuch k.k. Geologische Reichsanstalt*, 24: 135–272.
- STACHE G. (1884): Über die Silurbildungen der Ostalpen nebst Bemerkungen über die Devon-, Carbon- und Permschichten dieses Gebietes. – *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, 36: 277–378.
- STOCKMANS F. & WILLIÈRE Y. (1952): *Végétaux Namuriens de la Belgique: Association pour l' Étude de la Paléontologie et de la Stratigraphie*. – Houillères Publication 13: 382 S.
- STUR D. (1868): Fossile Pflanzenreste aus dem Schiefergebirge von Tergove in Croatien. – *Jahrbuch k.k. Geologische Reichsanstalt*, 18: 131–138.
- STUR D. (1875): Die Culm- Flora des mährisch-schlesischen Dachschiefers. – *Abhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt*, Band VIII, Heft Nr.1, 106 S.
- Suess E. (1868): Über die Äquivalente des Rothliegenden in den Südalpen. – *Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, 57: 230–277.
- TESSENHORN F. (1968): Unterkarbon-Flysch und Auernig-Oberkarbon in Trögern, Karawanken, Österreich. – *Neues Jahrbuch für Geologie, Paläontologie, Monatshefte* (2): 100–121.
- TESSENHORN F. (1971): Der Flysch-Trog und seine Randbereiche im Karbon der Karawanken. – *Neues Jahrbuch Geologie, Paläontologie, Abhandlungen* 138: 169–220.
- UNGER F. (1869): Anthrazitlager in Kärnten. – *Sitzungsberichte Österreichische Akademie der Wissenschaften Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse* 60: 777–794.
- VACHARD D., KRAINER K. & SCHÖNLAUB H. P. (2018): Lower Serpukhovian (Steshevian) foraminifers and algae from exotic limestone clasts of Nötsch (Eastern Alps, Austria). – *Geobios*, 51 (1): 75–100.
- VENTURINI C. (1990): Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali. – *Museo Friuli St. Naturale, Publ. N.* 36: 217 S.
- VENTURINI, C. (edit., 2001): Carta Geologica delle Alpi Carniche/Geological Map of the Carnic Alps, Foglio Occidentale/Western Sheet (Sappada-M. Dimon) 1:25.000. – Servizio Geologico d'Italia, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Roma.
- VENTURINI, C. (edit., 2002): Carta Geologica delle Alpi Carniche/Geological Map of the Carnic Alps, Foglio Orientale/Eastern Sheet (M. Tersadia-Ogovizza), 1:25.000. – Università di Bologna, Museo Friulano di Storia Naturali Comune di Udine, Servizio Geologico d'Italia, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Roma.
- VENTURINI C. & SPALLETTA C. (2015): Dimon Formation: 155–158. In: CORRADINI C. & SUTTNER T. (Ed.): *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 69: 5–158.
- VILLALBA-BREVA S. & MARTIN-CLOSAS C. (2009): Plant Taphonomy from the Mississippian Flysch Facies of the El Priorat Massif (Catalonia, Spain). – *Journal of Taphonomy*, 7: 249–262.
- VINASSA DE REGNY P. (1906a): Zur Kulmfrage in den Karnischen Alpen. – *Verhandlungen k.k. Geologische Reichsanstalt*: 238–240.
- VINASSA DE REGNY P. (1906b): Sull'estensione del Carbonifero superiore nelle Alpi Carniche. – *Bolletino Società Geologica Italiana*, 25: 221–232.
- VINASSA DE REGNY P. & GORTANI M. (1905): Nuove ricerche geologiche sui terreni compresi nella tavoletta „Paluzza“. – *Bolletino Società Geologica Italiana*, 24, fasc. II: 720–723.
- VOGELLEHNER D. (1968): Ein neuer Fund von *Archaeocalamites radiatus* (Brongniat) Stur aus dem Unterkarbon des Südschwarzwaldes. – *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.* – N.F. 9: 681–686.
- WETZEL A. & BROMLEY R. G. (1994): *Phycosiphon incertum* revisited: *Anconichnus horizontalis* is its junior subjective synonym. – *Journal of Paleontology*, 68: 1396–1402.

Tafeln

Tafel 1: Kronhofgraben

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 8 & 18: Typische Lyditbrekzien bis -konglomerate des Kronhofgrabens, mehr oder weniger gut sortiert.



Abb. 20: Feinbrekzien mit eckigen Lithoklasten und Kalkgeröllen.



Abb. 21: Brekzie mit eckigen Gesteinstrümmern.



Abb. 22 & 23: Schuttgeröll aus gebanktem Lydit mit dünnen silifizierten nicht-konsolidierten Karbonatlagen.



Tafel 2: Dreulach und Karbon von Nötsch

Fotos H. P. Schönlaub

Dreulach



Abb. 1 & 2: Gut gerundete Großgerölle aus Sandsteinen in der Hochwipfel Formation bei Dreulach.

Karbon von Nötsch



Abb. 3: Straße von Matschiedl zur Windische Höhe an linker Straßenböschung: Gut gerundete und sortierte Sandstein- und Quarzgerölle der Erlachgraben Formation.



Abb. 4: Badstuben Formation: Vorkommen an Forststraße zwischen Badstuben und Windischer Höhe zwischen 1160 und 1180 m Höhe.



Abb. 5 & 6: Badstuben Formation mit Kalk- und Marmorgeröllen an der Forststraße zwischen Badstuben und Windischer Höhe zwischen 1160 und 1180 m Höhe. Die Kalkgerölle führen Conodonten, Foraminiferen und Algen aus der älteren Serpukhovium-Stufe.

Tafel 3: Kirchbacher Wipfelalm

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 1: Straßenaufschluß von Hochwipfel Formation an der neuen Straße unterhalb der Kirchbacher Wipfelalm.



Abb. 2: Siliziklastische Hochwipfel Formation im unteren Teil des Grates zwischen Kirchbacher-Wipfel und Hochwipfel.



Abb. 3: Calamitenrest in Hochwipfel Formation am unteren Grat über Kirchbacher Wipfel.



Abb. 4: Sandsteingeröll in Hochwipfel Fm. südlich Kirchbacher Wipfel.



Abb. 5: Kirchbach Formation am Steig von Wipfelalm zu Hochwipfel in Höhe 1950 m.



Abb. 6: Kirchbach Formation am Steig von Wipfelalm zum Hochwipfel in Höhe 1960 m.

Tafel 4: Kirchbacher Wipfelalm

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 1: Kirchbach Formation an Almstraße südlich der Kirchbacher Wipfelalm mit Klasten als Zeichen für Umlagerung.



Abb. 2: Lonsdaleia-Kolonie in Kalkolith der Kirchbach Formation.



Abb. 3: Kirchbach Formation mit einem Goniatit an der Typuslokalität oberhalb der Wipfelalm.



Abb. 4: Runder Querschnitt unbekannter Zuordnung.



Abb. 5: Kirchbach Formation mit Trilobitenrest an der Typuslokalität.



Abb. 6: Kirchbach Formation mit Kalkklast mit Rest eines Crinoidenstiels.

Tafel 5: Forststraße Unterdöbernitzen – Raune – Oberster Döbernitzengraben

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 1: Forststraße unterhalb Raune mit grob gebankten Sandsteinen der Hochwipfel Formation.



Abb. 2: Forststraße oberhalb Jagdhaus „Drumbl“ mit Pflanzen führenden sandigen Partien.



Abb. 3: Kante des obersten Döbernitzengrabens über dem Ende der Forststraße. Lyditbreccie mit vereinzelt Kalkgeröllen.



Abb. 4: Debris Flow (Geröllstrom) an Grabenkante des obersten Döbernitzengrabens westlich des Endes der Forststraße.



Abb. 5: Kante des obersten Döbernitzengrabens über dem Ende der Forststraße mit schräg geschichtete Geröll führenden Sandsteinen der Hochwipfel Formation.

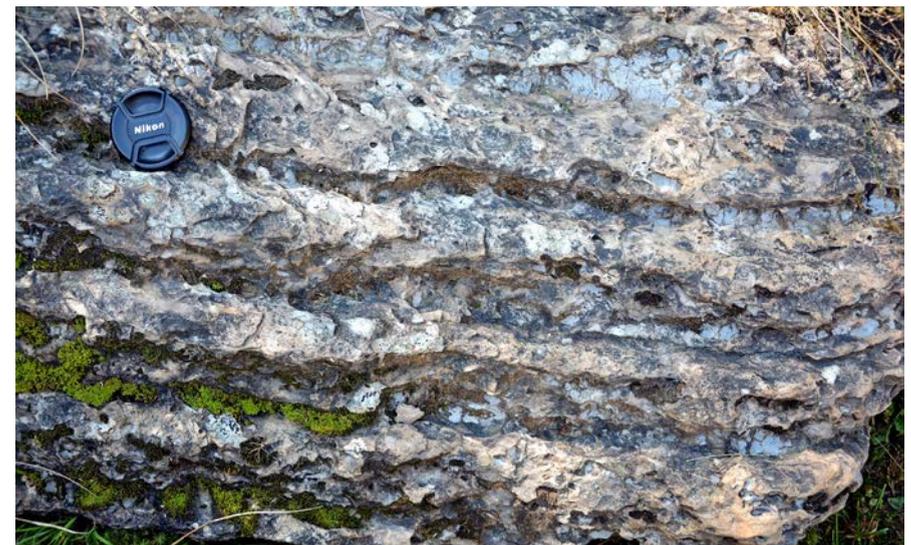


Abb. 6: Kirchbach Formation an der Zufahrt vom Rattendorfer Riegel in östliches Hochwipfelkar wenige Meter westlich P. 1767 m.

Tafel 6: Oberster östlicher Döbernitzengraben in 1550 – 1560 m Höhe

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 1: Korallenführende Kalkgerölle im Schuttstrom (Kalkkonglomerat).



Abb. 2: Schuttstrom mit Großgeröllen im obersten östlichen Döbernitzengraben.

Graben östlich Auernigalm bis Rio Bombaso

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 3: Pflanzenhäcksel-Lage im obersten Grabenbereich.



Abb. 4: Eckige exotische Kalkgerölle im mittleren Grabenbereich.

Tafel 7: 2. Graben östlich Auernigalm bis Rio Bombaso

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 1: Konglomeratische Partie innerhalb der Hochwipfel Formation.



Abb. 2: Schlecht sortierte Lyditbreccie im mittleren Grabenbereich.



Abb. 3 & 4: Eckige Gerölle von Kalkoolithen im Brekzienverband.



Abb 5: Einzelkorallen führendes Kalkgeröll innerhalb der Resedimente.

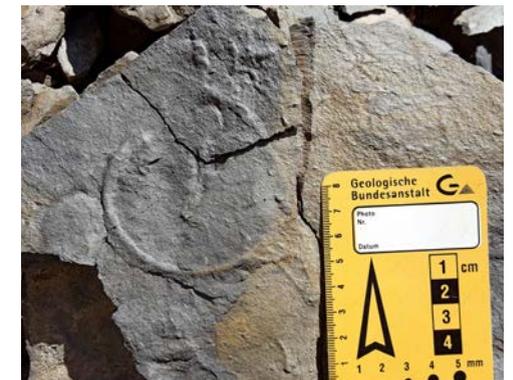


Abb. 6: Spurenfossilien in Hochwipfel Formation im obersten Grabenbereich.

Tafel 8: Strada Provinciale 110 von Naßfeld nach Pontebba

Fotos H. P. Schönlaub



Abb. 1: Straßenaufschluss vor der Kaserne.



Abb. 4: Bellerophontider Gastropode auf den fossilführenden Kalkgeröllen.



Abb. 2: Brekzienhorizont an Straßenflanke zwischen dem Ausfluß des Naßfeld-Stausees und der Kaserne.



Abb. 3: Kalkgerölle führendes Konglomerat mit Calamitenrest.



Abb. 5: Einzelkoralle in den fossilführenden Kalkgeröllen.



Abb. 6: Productider Brachiopode in den fossilführenden Kalkgeröllen.

Dank

Die Autoren bedanken sich beim Naturwissenschaftlichen Verein für die vielfältige Unterstützung bei der Herausgabe dieses Werkes. Von Beginn an hat der Präsident des Vereins, Dr. Helmut Zwander sein Verständnis für diese grundlegende wissenschaftliche Arbeit gezeigt, die von Dr. Claudia Dojen, Leiterin der Abteilung Geowissenschaften im Landesmuseum Kärnten mit viel Engagement und Sachkenntnis umgesetzt wurde. Beiden sei aufrichtig gedankt. Des Weiteren möchten wir uns bei Frau Troyer-Mildner für die Korrekturlesung und bei der Geologischen Bundesanstalt und ihrer Mitarbeiterin Frau Monika Brüggemann-Ledolter für die im Text verwendeten Grafiken bedanken, ohne deren Hilfe eine so aufwändige Drucklegung und Herausgabe nicht möglich gewesen wäre. Viel Verständnis haben auch die Familien der Autoren für die jahrelangen Feldarbeiten aufgebracht. In diesem Zusammenhang möchten wir uns bei Herrn Jan Salcher aus St. Lorenzen im Lesachtal herzlich bedanken für die Begleitung und Sicherung im steilen obersten Döbernitzengraben. Damit haben wir gemeinsam „Das geologische Geheimnis des Hochwipfel“ ein wenig gelüftet.



Der Hochwipfel ist mit seinen 2.195 m Höhe eine mächtige Erscheinung in den Karnischen Alpen – doch welches Geheimnis verbirgt sich in seinen Steinen und geologischen Abfolgen? Nach diesem imposanten Berg ist die Hochwipfel Formation benannt, die mehr als 1.000 m mächtige Gesteine umfasst.

In den Sandsteinen dieser Formation finden sich unauffällig und wenig bekannt die Überreste versteinerner Pflanzen, die vor ca. 340 bis 307 Millionen Jahren vor heute lebten. Sie überstanden die Jahrtausende, in denen sie zunächst über die Flüsse in das damalige Meer transportiert, dort zusammengeschwemmt und gemeinsam abgelagert wurden. Der Kenner stellt fest: es handelt sich um eine Grabgemeinschaft! Die hier beschriebenen und nun gemeinsam gefundenen Pflanzenfossilien wuchsen nicht an ein und demselben Ort, sondern einige bevorzugten trockene, andere nasse Standorte.

Beschreibungen und detaillierte Abbildungen von 49 verschiedenen Pflanzenfossilien der Schachtelhalme, Bärlappe und Farnlaubigen Pflanzen sowie einige isolierte Achsen, Fruktifikationen und Samen laden Sie ein, in die Pflanzenwelt und dem Geheimnis des Hochwipfels vor über 300 Millionen Jahren einzutauchen.

