

## DIE REINGRABENER WENDE IN DER HALLEINER SALZBERGFAZIES (DISTALE HALLSTATTFAZIES) - BIOSTRATIGRAPHISCHE DATEN

Thomas Hornung

Mit 8 Abbildungen

Institut für Geologie und Paläontologie, Innrain 52, A-6020 Innsbruck; e-mail: thomas.hornung@uibk.ac.at

### Zusammenfassung

Zwei Profile nahe Bad Dürrenberg (2 km SSW' Hallein, Österreich) ermöglichten erstmals eine durchgehende biostratigraphische Untersuchung der Reingrabener Wende im Bereich des Hallstätter Beckens (Hallstätter Salzbergfazies), welche zeitlich mit dem weitaus bekannteren Raibl-Event im nordalpinen randmarinen Flachwasserbereich vergleich- und vermutlich auch korrelierbar ist. Komplette Profile ohne signifikante stratigraphische Lücken sind jedoch im hochenergetisch-flachmarinen Bereich der nordalpinen Raibler Schichten mehr als fraglich – mangelnde oder fehlende Conodontenfunde lassen dort zudem keine exakte biostratigraphische Einordnung zu. Weitaus besser stehen die Chancen kompletter stratigraphischer Überlieferung im niedrigenergetischen Hallstätter Becken.

Eine detaillierte Bank für Bank-Beprobung beider Profile lieferte eine reichhaltige karnische Conodontenfauna, deren charakteristische Vergesellschaftungen eine genaue biostratigraphische Zuordnung der Profile und der in ihnen aufgeschlossenen lithologischen Wenden zuließen. Der Zeitumfang der Reingrabener Wende kann von Jul 1/IIc bis Jul 2/II angegeben werden. Die Bestätigung der Biostratigraphie durch Ammoniten war aufgrund fehlender Funde nicht möglich.

### Abstract

For the first time, two outcrops near Bad Dürrenberg (2 km SSW' Hallein / Salzkammergut, Austria) allowed a continuous biostratigraphical investigation of the Reingrabener Turnover in the Hallstatt facies belt (epicontinental basin).

Because of rare outcrops of continuous Carnian successions in the Salzkammergut area, this turnover, comparable to the northern Alpine Raibl Event in shallow-marine facies, was treated by a few authors only. The Carnian deposits of the Hallstatt basin should provide more complete sequences as coeval shelf sediments that may be stratigraphically incomplete. The biostratigraphical correlations were assessed by conodont faunas – ammonite findings were completely lacking: several conodont associations were found. They led to a biostratigraphical stratification of the sections and fixed the timespace of the Reingrabener Turnover between Julian 1/IIc and Julian 2/II.

### Summary

As detailed investigations of complete Carnian sections actually lacked and reworked famous Northern Alpine Raibl-successions obviously provided significant stratigraphical gaps, only basal sequences, deposited within low energy setting

most probably led to complete studies. Two sections in the Salzkammergut region with a nearly complete Carnian succession near Hallein were promising candidates for a Hallstatt "standard section" comparable to other facies belts and, thus, a "hanger" for widespread stratigraphical correlations.

The geology in the vicinity of the Freygutweg section and the Jakobberg gallery near Bad Dürrenberg (Salzburg, Austria) is characterised by a stack of nappes preserved in the western Hallstatt region: First, the Tirolic facies belt was overthrust by the Juvavic (= Hallstatt) nappe (Fig. 1a). Transpression during the latest Jurassic and Cretaceous led to an "out-of-sequence" thrusting of both units (Mandl 1999), resulting in a doubling of the nappe complex. The "lower" stack was, in turn, overthrust by the Berchtesgaden nappe (Fig. 1a, southern Tirolic facies). The overlying (southern) parts were eroded during the late Cretaceous, and subsequently became overlain by the Late Cretaceous and Tertiary Gosau Group (Fig. 1a). For further discussion of paleogeography and regional tectonics see e.g. Neubauer (1994), Schweigl and Neubauer (1997), Gawlick et al. (1999b), Gawlick (2000), Gawlick and Diersche (2000), Gawlick and Lein (1997, 2000), Frisch and Gawlick (2003).

Both sections were combined into a single stratigraphical sequence that starts in the lowermost Julian (questionably topmost Langobardian) and ends in the basal Lacinian. The succession contains the "Carnian Terrigenous Event" or the "Reingraben Turnover" (after Schlager and Schöllnberger 1974) which is represented by the Reingraben Shales.

Due to the absence of ammonoids, age-dating of the sections had to be based on conodonts. A detailed Lower Carnian conodont zonation has been proposed by Gallet et al. (1994). This zonation, however, is based on species absent in the investigated Salzkammergut sections (i.e. *Metapolygnathus auriformis*, *M. carnicus*). Therefore, this study accorded mainly to the local studies of Krystyn (1980).

The first occurrence of *Metapolygnathus polygnathiformis* Budurov & Stefanov (Fig. 7, pict. 7) places the Ladinian-Carnian boundary at the base of both Salzkammergut sections (well-bedded grey limestones). Uppermost Langobardian (*regoledanus* ammonite zone) is evidenced by Gawlick et al. (1999a) in the Jakobberg gallery. The presence of the *mostleri* conodont assemblage zone (A. Z.) (lower *aonoides* ammonite zone or Julian 1/I) and of the *tadpole* conodont interval zone (base of the upper *aonoides* Zone or Julian 1/IIa) is uncertain. *Metapolygnathus mostleri* is absent in the Freygutweg section, *Paragondolella tadpole* occurs only very rarely (two specimens, Fig. 7, pict. 2) present in the middle part of the thick-bedded grey limesto-

nes. The *tethydis* conodont assemblage zone (coexistence of *Gladigondolella tethydis* Huckriede with *M. polygnathiformis*), representative of the upper *aonoides* ammonite zone and the *austriacum* ammonite zone (Julian 1/II to 2/II), includes uppermost thick-bedded grey limestones, ochre-coloured limestones and Reingraben Shales. Because of the absence of *M. auriformis* and the abundance of *Gl. tethydis* (Fig. 7, pict. 3, 4; Fig. 8, pict. 10), the *tethydis* A.Z. is favoured (unlike to Krystyn 1983). As a result, the very depauperate fauna of *M. polygnathiformis* (Fig. 7, pict. 8) and *Gl. tethydis* allows an age assignment of middle to late Lower Carnian (*aonoides* to *austriacum* ammonite zone resp. *tethydis* conodont zone). The abrupt disappearance of *Gl. tethydis* in the nodular red flaser limestones atop the Reingraben Shales proves the exclusive Early Carnian (Julian) age of the Reingraben Turnover in the Hallstatt facies of Berchtesgaden and in other facies regions (Hornung et al. 2005). Two lithological turnovers, **a)** the change of thick-bedded grey limestones to ochre-coloured limestones and **b)**, from ochre-coloured limestones to Reingraben Shales are embedded in the time interval from Julian 1/IIc to Julian 2/II (see Fig. 4).

The boundary between Reingraben Shales and the nodular red flaser limestones is representative for the beginning of the *polygnathiformis* A. Z. (Fig. 7, pics. 12, 14, 17 – *dilleri* ammonite zone and lower *subbullatus* ammonite zone, Tuvalian 1 to 2/I) and a third lithological event ("oxic event"). Rare *Metapolygnathus carpathicus* designed the *carpathicus* A.Z. (Fig. 7, pict. 15; upper *subbullatus* ammonite zone or Tuvalian 2/II). The FAD (first appearance date) of *Metapolygnathus nodosus* (Fig. 7, pict. 16) defines the *nodosus* A. Z. (*spinosus* ammonite zone or Tuvalian 3) at the very base of the bedded light-coloured limestones. The uppermost Carnian conodont assemblage zone identified by the occurrence of *M. communisti* (uppermost *spinosus* ammonite zone) is evidenced by Gawlick et al. (1999a).

The first occurrence of *Norigondolella navicula* Huckriede (Fig. 8, pict. 1) is representative of the Carnian-Norian boundary. Together with *Epigondolella abneptis* (Fig. 8, pict. 2, 4, 7), *E. spatulata* (Fig. 8, pict. 5) and *E. triangularis* (Fig. 8, pics. 3, 8) these conodonts indicate a condensed fauna of the basal Norian (Lacinian 1 to Lacinian 3). Therefore, the Carnian / Norian boundary is not equivalent to the lithological change from nodular red flaser limestones to bedded light-coloured limestones.

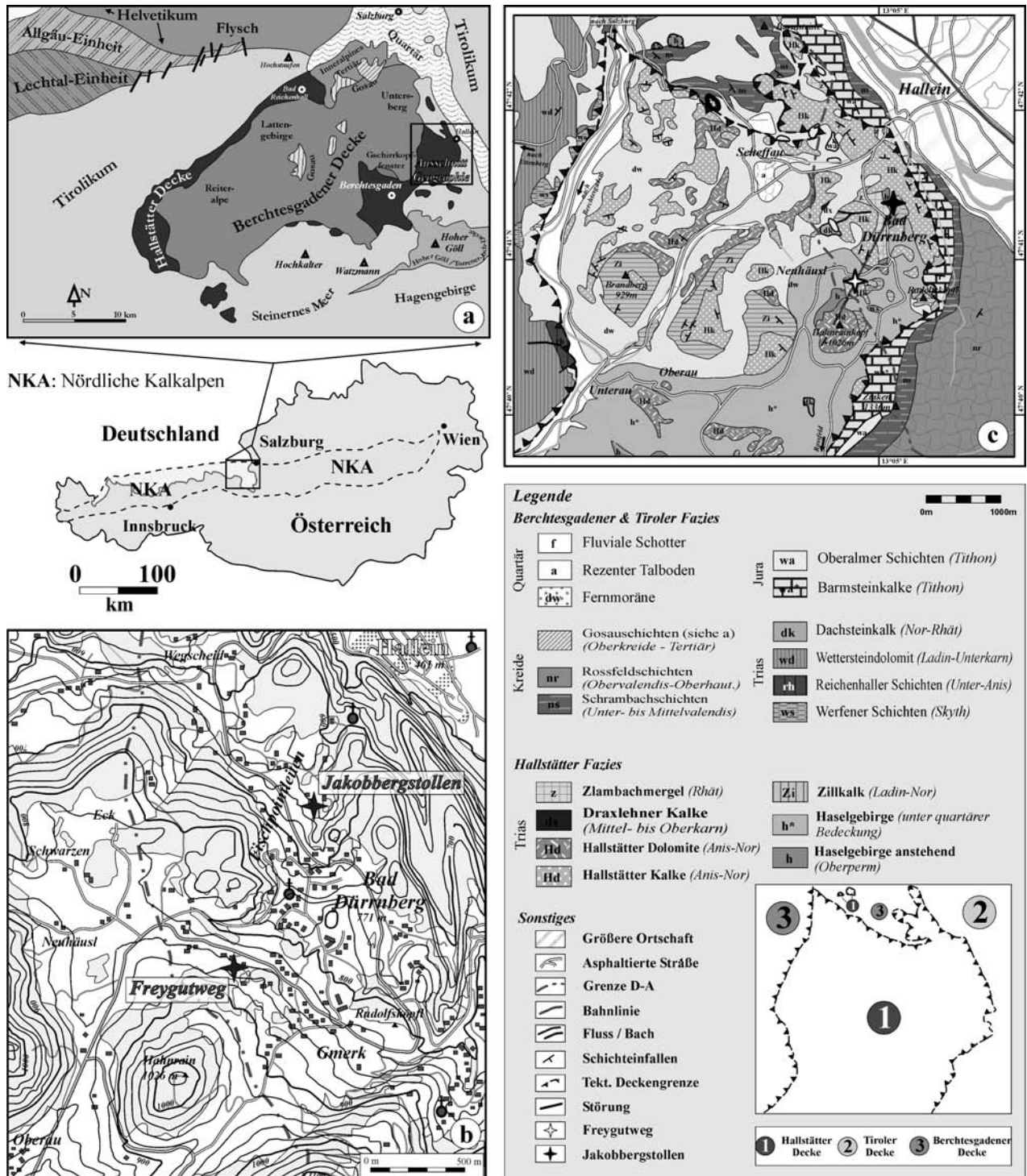


Abb. 1: Geologisch-tektonische Verhältnisse der Hallein Berchtesgadener Schollenregion (a - verändert nach Braun 1998) sowie geographische Lage der untersuchten Profile (b). Vereinfachte geologische Karte der Hallein-Berchtesgadener Schollenregion (c) mit der Lage beider Profile (verändert nach Plöching 1955, Prey 1969 und Gawlick 2000).

Fig. 1: Main geological and tectonic setting of the area (a - modified after Braun 1998) and (b) geographic position of the sections. Simplified geological map of the fault-block region of Hallein-Berchtesgaden (c - modified after Plöching 1955, Prey 1969 and Gawlick 2000).

At least three distinct lithological changes, **a)** bedded grey limestones to ochre-coloured limestones, **b)** ochre-coloured limestones to the Reingraben Shales, and from **c)** the Reingraben Shales to nodular red flaser limestones can be recognized in the studied succession. They record changes in oxygen, lime and mud supply and might be explained with variations in oceanic circulation. Stagnated and recovered productivity of adjacent carbonate shelves, triggered by different amounts of terrigenous input might have caused nutrient excess and local anoxic setting (Hornung & Brandner 2005).

## 1. Einleitung

Die Reingrabener Wende sensu Schlager & Schöllnberger (1974) ist in allen Faziesräumen der alpin-mediterranen Tethys sowohl in Lithofazies, Biofazies und Ökofazies nachzuvollziehen. Die Hauptgründe für das Absterben beinahe aller Riffe des westlichen Tethys-Randbereiches dürften der plattentektonische Zerfall Pangaeas und durch drastische Klimaschwankungen ausgelöster verstärkter terrigener Eintrag mit nachfolgendem Nährstoff-Überfluss gewesen sein (z.B. Hallock & Schlager 1986, Riedel 1991, Rüffer & Zamparelli 1997, Keim & Brandner 2001).

Nur wenige Autoren (u.a. Plöching 1955, Mandl 1984, Gawlick 2000) schenken der Reingrabener Wende Beachtung, obgleich die Untersuchung des Hallstätter Faziesbereiches mehr als 150 Jahre währt (Bibliographie siehe u.a. bei Gawlick 2000 sowie Gawlick & Lein 2000). Im Rahmen des FWF-Projektes P 16878-Geo („Das karnische Ereignis im westlichen Tethysraum“) bildet die Region des zentralen Salzkammergutes (vgl. Hornung & Brandner 2005) neben Profilen in Niederösterreich, der Türkei und dem indischen Himalaya nur einen Bereich für überregionale hochauflösende stratigraphische Untersuchungen.

## 2. Geographie und Geologie

Die beiden Lokalitäten liegen unweit der Ortschaft Bad Dürrenberg (ca. 2 km SSW' Hallein, Abb. 1b). Das relativ flache Hochplateau liegt am Fuße eines Höhenzuges, der vom Hohen Göll über das Rossfeld Nord-Süd streicht und sich weiter nördlich kontinuierlich ins die Tiefebene bei Salz-

burg absenkt. Eine knapp 300 m hohe Steilstufe, die im ausgehenden Pleistozän durch den nach Norden abfließenden Berchtesgadener Gletscher ausgehobelt wurde, trennt die Hochfläche vom weiten Berchtesgadener Talkessel westwärts.

Die Geologie des Untersuchungsgebietes wird von einer ausgeprägte Deckenstapelung bestimmt. Bereits im Jura wurde das Tirolikum von der Hallstätter Decke („Juvavikum“) überschoben. Verstärkte Transpression im Oberjura und in der Unterkreide verursachten eine „Out of sequence“-Überschiebung und eine tektonische Verdoppelung beider Decken (Mandl 1999): so kam auf dem zuunterst liegenden Deckenstapel südliche tirolische Fazies („Berchtesgadener Decke“) mit auflagernden Reliktschollen von Hallstätter Fazies zum Liegen, die allerdings frühkretazisch weitgehend erodiert und mit spätkretazischer bis tertiärer Gosau plombiert wurden (Abb. 1a).

Exakte Paläopositionen und die zeitlich-tektonische Abfolge sind zurzeit noch Gegenstand der Diskussion (Neubauer 1994, Schweigl & Neubauer 1997, Gawlick et al. 1999b, Gawlick 2000, Gawlick & Diersche 2000, Gawlick & Lein 1997, 2000, Frisch & Gawlick 2003).

## 3. Stratigraphie

Schlager (1969) etablierte die erste lithostratigraphische Differenzierung der Hallstätter Kalke in einem „Normalprofil“, welches von Mandl (1984 & 1999) sowie Gawlick (2000) erweitert wurde (Abb. 2). Dabei fielen zahlreiche lokal unterschiedliche, jedoch isochrone miteinander verzahnende Schichtfolgen auf: ihre unterschiedliche Sedimentationsgeschichte liegt in einer engräumigen, mobilen submarinen Morphologie begründet (synsedimentäre, durch Salzdiapirismus des unterlagernden Haselgebirges angelegte und aufsteigende Tief-schwellen, s.a. Mandl 1999, Gawlick 2000).

Die räumliche Ausdehnung unterschiedlicher Lithologien wie Rotkalke und Schwarzschiefer ist nach neueren Ansichten nicht statisch gewesen, sondern hing von verschiedenen regionalen Faktoren wie mobiler Untergrund, Wasserzirkulation, Sauerstoffangebot und Eintrag terrigener Materials ab. Auch übergeordnete klimatische und tektonische Prozesse dürften eine entscheidende Rolle gespielt haben (Simms & Ruffell 1989, Mutti & Weisert 1995, Hornung & Brandner 2005). Zudem

wurde der Bereich der Hallstätter Stillwasserzone von benachbarten Karbonatplattformen stärker beeinflusst als bisher angenommen (siehe auch Reijmer & Everaars 1991). So spiegelt sich unterschiedlich hohes Angebot an Kalziumkarbonat in den Beckenbereichen mit tonärmeren oder tonreicheren Ablagerungen wider (s.a. Gawlick 2000).

#### 4. Profile

**A) Freygutweg:** Das stark kondensierte Profil (Abb. 3 & 6) wurde 1995 im Zuge von Straßenarbeiten neu erschlossen und erstmals von Gawlick et al. (1999a) bearbeitet.

Alle Schichten fallen überkippt mit 25° nach SSE ein. Die sedimentäre Basis bilden ca. 5 Meter mächtige dickbankige Graukalke. Über einer vermutlich tektonisch bedingten Schichtlücke folgen ca. 2,75 m mächtige dunkle Reingrabener Schiefer („Halobierschiefer“), die in wechselnden Abständen von im unteren Abschnitt fossilreichen, komplett entschichteten, im oberen Bereich von feinlaminierten Karbonatbänken durchzogen werden. Die Obergrenze zum Roten Knollenflaserkalk ist über einer sedimentären Schichtlücke (Basalbrekzie) scharf ausgebildet. Die darüber folgenden, im dm-Bereich gebankten Roten Knollenflaserkalke (Mächtigkeit ca. 2,3 m) werden von 3 m mächtigen gebankten Hellkalcken überlagert.

**B) Jakobbergstollen:** Die Schichtenfolge des aufgelassenen Jakobbergstollens (Medwenitsch 1949, 1958, 1962 & 1963, Gawlick et al. 1999a, Gawlick & Lein 1997 & 2000) reicht von dickbankigen Grau-

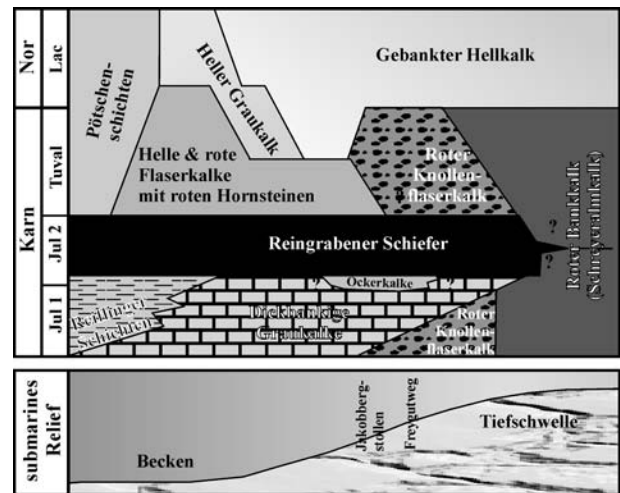


Abb. 2: Stratigraphische Abfolge des Hallstätter Faziesbereichs (verändert aus Mandl 1984 & 1999 sowie Gawlick 2000) in Abhängigkeit zum Paläorelief mit der ungefähren paläogeomorphologischen Lage beider Profile (senkrechte schwarze Pfeile).

Fig. 2: Stratigraphic succession depending on paleomorphological patterns (modified after Mandl 1984, 1999 and Gawlick 2000). The position of the sections might be placed on the upper edge between the top of the "sills" and the basins (black arrows).

kalken des ?Fassan und Langobard bis zu den tiefjurassischen Liasfleckenmergeln. Der für die Untersuchungen interessante Stollenabschnitt liegt zwischen 825 und 835 Metern hinter dem Portal und erschließt in einer geringmächtigen, vermutlich kondensierten Schichtfolge die im Freygutweg tektonisch reduzierte Obergrenze der dickbankigen Graukalke. Diese sind mikrofaziell denen des Freygutweges gleichzusetzen und grenzen scharf an eine dünne grüne Mergellage an, die eine Periode

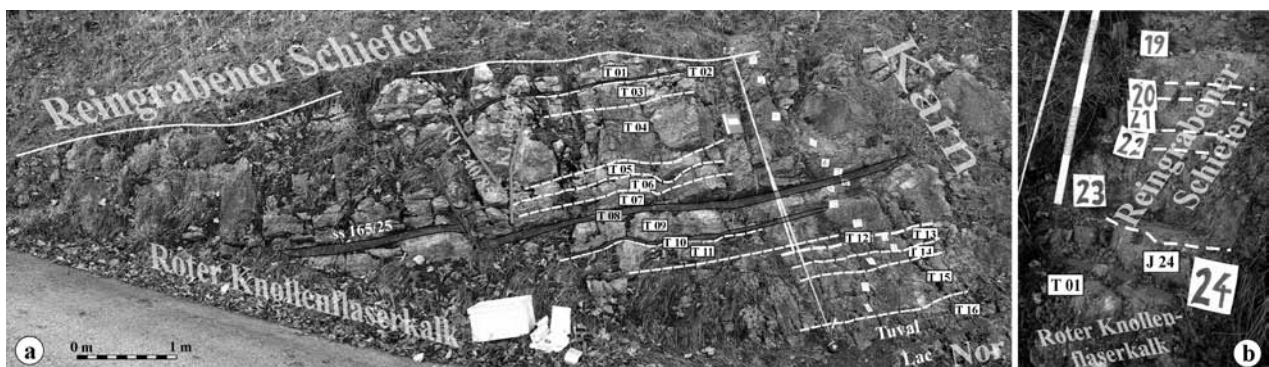


Abb. 3: (a) Aufschluss-Situation am Profil Freygutweg mit durchnummerierten Horizonten des Roten Knollenflaserkalkes. (b) Die tektonisch hangenden Reingrabener Schiefer sind stark verwachsen und wurden im Zuge der Probennahme freigegeben.

Fig. 3: 1) The Freygutweg section (upper part) and 2) the excavated Reingrabener Shales and the boundary to the nodular red flaser limestones.



Abb. 4: Aufschluss-Situation des Anschnittes im Jakobbergstollen mit der scharfen Grenze zwischen Ockerkalken und dunklen Reingrabener Schiefen, die von nordgerichteten Abschiebungen gegeneinander versetzt werden.

Fig. 4: The sampled section in the Jakobberg gallery with the distinct boundary between ochre-coloured limestones and Reingrabener Shales, dislocated by slight north dipping normal faults.

stagnierender bis ausbleibender Sedimentation bei verminderter Sauerstoffzufuhr anzeigt (Hornung und Brandner 2005). Dieser geringmächtige Horizont wird mit der Untergrenze der Reingrabener Wende gleichgesetzt. Über dieser Fuge folgt eine ca. 1,3 m mächtige Wechselfolge aus ockerfarbenen, limonitreichen Kalken und Mergeln, die ihrerseits in scharfer lithologischer Grenze von schwarzen Reingrabener Schiefen überlagert werden. Noch vor der beginnenden Tunnel-Verschalung konnte eine basale, fossilführende Kalkeinschaltung beprobt werden, die in Habitus ähnlich der biogenreichen Reingrabener Kalkbänke des Freygutweges ist.

Alle Horizonte in diesem Bereich des Stollens fallen steil mit etwa 60° nach SSE ein und werden zudem von mehreren mittelsteilen (45°) nordgerichteten Abschiebungen um wenige Zentimeter gegeneinander versetzt (Abb. 4).

## 5. Biochronostratigraphie

Trotz der stark kondensierten Abfolge des Freygutweges sowie den conodontenarmen Ockerkalken im Jakobbergstollen sind die aus beiden Profilen kombinierten Conodontendaten zu einer biostratigraphischen Aussage genügend und ermöglichen

neben der zeitlichen Aussage eine Korrelation beider Profile (Abb. 6).

Die beschriebenen Definitionen der Conodontenzonen halten sich an die von Krystyn (1980 und 1983) entwickelten lokalen Gliederungen, wengleich letztere Arbeit mit Conodontenspezies arbeitet (z.B. *Metapolygnathus auriformis* und *Metapolygnathus carnicus*), die in den hier vorgestellten Profilen nicht vorkommen. Neuere detaillierte und globale Gliederungen sind bei Gallet et al. (1994) zu finden.

Das erstmalige Auftreten von *Metapolygnathus polygnathiformis* Stefanov & Budurov (Abb. 7, Fig. 7) bezeichnet die Ladin/Karn-Grenze. Am Freygutweg liegt diese in den unteren Bereichen der dickbankigen Graukalke ("Grauviolette Bankkalke" bei Gawlick et al. 1999a). Hier war aufgrund des Fehlens typisch spätladinischer (langobardischer) Formen der Nachweis der obersten *regoledanus*-Ammonitenzone (Langobard 3) nicht möglich. Gawlick et al. (1999a) wiesen in lithologischen Äquivalenten des Jakobbergstollens Langobard 3 nach.

Unsicher ist die Existenz der von Krystyn (1983) vorgeschlagenen *mostleri* Conodonten-Intervallzone (I. Z.) (kein Typus-Exemplar), der *tadpole* I. Z. (zwei Exemplare, Abb. 7, Fig. 2) und der *auriformis* I. Z. (kein Typus-Exemplar). Als gesichert kann die in

	Stufe	Ammoniten-Zonen	Conodonten-Zonen (Tethys)	Ammoniten-Zonen	Conodonten-Ass.-Zonen	
		(KOZUR 2003)	(KOZUR 2003)	Salzkammergut (KRYSZYN 1980)	Salzkammergut (KRYSZYN 1980)	
Nor	Lac	214 3	<i>Juvavites magnus</i>	<i>Epigondolella triangularis</i> <i>Norigondolella hallstattensis</i>	<i>Juvavites magnus</i>	<i>E. spatulata</i> -Assemblage-Zone
		2 2	<i>Malayites paulckeii</i>	<i>Epigondolella quadrata</i>	<i>Malayites paulckeii</i>	<i>E. abneptis</i> -Assemblage-Zone
		216 1	<i>Stikinoceras kerri</i>	<i>E. ?primitia</i> - <i>M. communisti</i>	<i>Guembelites jandianus</i>	<i>E. primitia</i> -Assemblage-Zone
Karn	Tuval	3	<i>Klamathites macrolobatus</i>	<i>Epigondolella pseudodiebeli</i>	Anatropites-Bereich	Obere
		2	<i>Tropites welleri</i>	<i>Epigondolella nodosa</i>	<i>Tropites subbullatus</i>	Untere
		222		<i>Paragondolella carpathica</i>		<i>P. polygnathiformis</i> -Assemblage-Zone
		224 1	<i>Tropites dilleri</i>	<i>P. postinclinata</i> - <i>P. polygnathiformis</i>	<i>Tropites dilleri</i>	
		226 2	<i>Austrorhynchoceras austriacum</i>	<i>Gladigondolella tethydis</i> <i>Paragondolella polygnathiformis</i>	<i>Trachyceras austriacum</i> II	<i>G. tethydis</i> -Assemblage-Zone
		226 1	<i>Trachyceras aonoides</i>	<i>Budurovignathus diebeli</i> - <i>Paragondolella polygnathiformis</i>	<i>Trachyceras aonoides</i> II	<i>C. diebeli</i> -Assemblage-Zone
Ladin	Langobard	228 3	<i>Frankites regoledamus</i>	<i>Budurovignathus supralongobardica</i>	"Sutherlandi"	
		230 2	<i>Protrachyceras archelaus</i>	<i>Budurovignathus mungoensis</i>		
		232 1	<i>Protrachyceras grecleri</i>	<i>Budurovignathus hungaricus</i>		
	Fassan	232 3	<i>Eoprotrachyceras curionii</i>	<i>Budurovignathus truempyi</i>		
		234 2	<i>Nevadites secedensis</i>	<i>Paragondolella ?trammeri</i> <i>Neogondolella aequidentata</i>		

Abb. 5: Vergleich zwischen zwei biostratigraphischen Zonengliederungen: die linken Spalten nach Kozur (2003) beziehen sich auf den Tethys-Faziesbereich, die rechten beiden (nach Krystyn 1980, 1983) speziell auf die Hallstätter Folgen im Salzkammergut. Das Zeitintervall der Reingrabener Wende ist grau eingefärbt.

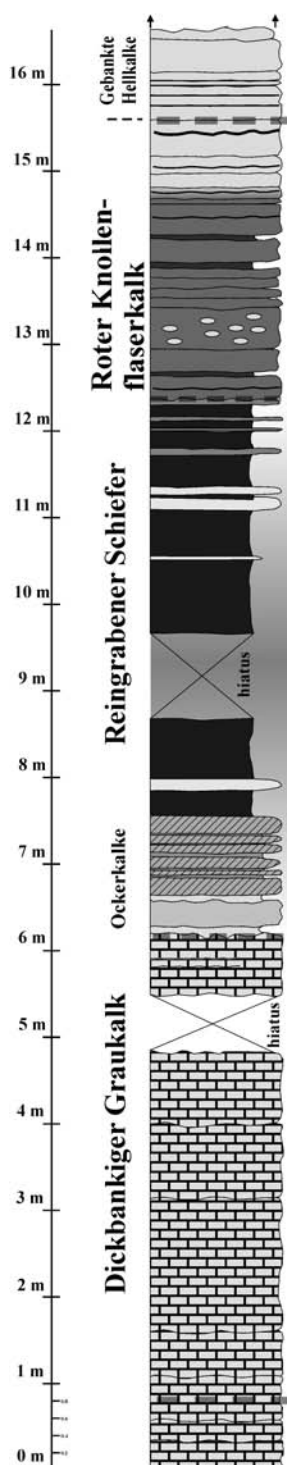
Fig. 5: Comparison of two biostratigraphic zonation. Left columns according to Kozur (2003), the two right columns after Krystyn (1980, 1983) referring to the Salzkammergut area. The time frame of the Reingrabener Turnover is grey-shaded.

den oberen Bereichen der dickbankigen Graukalke, der Ockerkalke und der Reingrabener Schiefer nachgewiesene Koexistenz von *M. polygnathiformis* und *Gladigondolella tethydis* (Abb. 7, Figs. 3, 4; Abb. 8, Fig. 10) gelten, welche nach Krystyn (1980 & 1983) die *tethydis* Conodonten Assemblage-Zone (A. Z.) definiert und die *auriformis* I. Z. vermutlich im Salzkammergut einbezieht. Diese Zone korreliert mit dem Zeitbereich der oberen *aonoides*- bis *austriacum*- Ammonitenzone oder dem Jul 1/II bis Jul 2/II. Wichtig ist der Nachweis von *Gl. tethydis* in den obersten Kalkeinschaltungen der Reingrabener Schiefer am Freygutweg: damit liegt die Zeitspanne

des karnischen Terrigen-Intervalls im Berchtesgadener Bereich, im Salzkammergut und vermutlich in den gesamten Nördlichen Kalkalpen ausschließlich im unteren Karn (vgl. Hornung et al. 2005).

Das Aussetzen von *Gl. tethydis* in den Roten Knollenflaserkalken des Freygutweges und das weitergeführte monospezifische Erscheinen von *M. polygnathiformis* (Abb. 7, Figs. 12, 14, 17) definiert die *polygnathiformis* A. Z. (Krystyn 1980) und umfasst die *dilleri*-Ammonitenzone (Tuval 1) sowie den unteren Bereich der *subbullatus*-Ammonitenzone (Tuval 2/II). Seltene Exemplare von *Metapolygnathus carpathicus* (Abb. 7, Figs. 15) in den oberen Bereichen des

# Dürrnberg-Profile



**Conodonten & Ammoniten Zonen**  
(KRYSTYN 1980, 1983)

**kondensierte Conodont A. Z.**

**Frühes Lac**

*nodosus* A. Z. (spinus Zone)  
Tuval 3/I - 3/II

*carpathicus* A. Z. (obere subbullatus Zone)  
Tuval 2/II

*polygnathiformis* A. Z. (dilleri Zone - untere subbullatus Zone)  
Tuval 1/I - 2/I

3

*tethydis* A. Z. (obere *aonoides* Zone - *austriacum* Zone)  
Jul 2/II

## Reingrabener Wende

*tethydis* A. Z. (obere *aonoides* Zone - *austriacum* Zone)  
Jul 1/IIc - 2/I

2

*tethydis* A. Z. (obere *aonoides* Zone - *austriacum* Zone)  
? Jul 1/IIb

1

? *tadpole* 1. Z. (unterste *aonoides*-Subzone; obere *aonoides* Zone)  
Jul 1/IIa

*mostleri* A. Z. (untere *aonoides* Zone)  
Jul 1/I

? *Langobard* (oberste *regolekamus* Zone)

Conodonten										DEL.: HORNING, DONOFRIO, KRYSTYN		
Plattform-Conodonten												
<i>Gladigond. malayensis</i>	<i>Gondolella tadpole</i>	<i>Gladigond. tethydis</i>	<i>Gladigond. tethydis</i> ME	<i>Gondolella inclinata</i>	<i>Metapolygn. polygnathif.</i>	<i>Metapolygn. carpathicus</i>	<i>Metapolygn. oertlii</i>	<i>Metapolygn. nodosus</i>	<i>Norigond. navicula</i>	<i>Epigond. abneptis</i>	<i>Epigond. triangularis</i>	<i>Epigond. spatulata</i>



Roten Knollenflaserkalkes lassen auf eine stark kondensierte, nur zwei Bänke mächtige *carpathicus* A. Z. schließen (oberer Bereich der *subbullatus*-Ammonitenzone oder Tuval 2/II).

*Metapolygnathus nodosus* (Abb. 7, Fig. 16), nachgewiesen von Kalkbank 14 bis 16 über dem markanten Wechsel von Schwarzschiefern zu Rotkalken, markiert nach Krystyn (1980) die *nodosus* A. Z., stellvertretend für den Zeitbereich der *spinosus*-Ammonitenzone (Tuval 3/IIa). Das Top der *spinosus*-Ammonitenzone wird durch den Fund von *M. communisti* bei Gawlick et al. (1999a) bestätigt.

Mit dem Ersteinsetzen von *Norigondolella navicula* (Abb. 8, Fig. 1), lithologisch bereits in den gebankten Hellkalken, ist die Karn-Nor-Grenze (Krystyn 1980) bestätigt. Das gleichzeitige Auftreten mit *Epigondolella spatulata* (Abb. 8, Fig. 5), *E. abneptis* (Abb. 8, Fig. 2, 4, 7) sowie *E. triangularis* (Abb. 8, Figs. 3, 8) scheint eine stark kondensierte Mischfauna des unteren bis mittleren Lac nachzuzeichnen.

## Diskussion

Die hier vorgestellten Conodontendaten lassen die Zeitspanne der Reingrabener Wende im Salzkammergut gut eingrenzen. Die innerhalb der Profilsäule feststellbaren drei lithologischen Grenzen, a) der Übergang von dickbankigen Graukalken zu Ockerkalken, b) von Ockerkalken zu Reingrabener Schieferen und c) von Reingrabener Schieferen zu Rotkalken liegen vermutlich in Änderungen der Wasserzirkulation, des Sauerstoffgehalts, der Produktivität benachbarter Karbonatplattformen, bzw. eines mobilen, salinartektonisch geprägten Untergrundes (Haselgebirge) begründet (Fig. 6, siehe auch Hornung & Brandner 2005).

Die Frage einer möglichen Korrelation in andere Gebiete der Nördlichen Kalkalpen werden weitere Untersuchungen klären. Es scheint sich jedoch aufgrund biostratigraphischer Daten (Hornung et al.

2005) abzuzeichnen, dass die dickbankigen Graukalke mit den Oberen Reiflinger Schichten und die Ockerkalke mit Göstlinger Schichten in Niederösterreich korreliert werden können. Die Reingrabener Schiefer finden sich sowohl im Reiflinger Becken Niederösterreichs als auch im Hallstätter Becken des Salzkammerguts.

## Schlußfolgerungen

Aus den oben beschriebenen Daten geht hervor, dass die Reingrabener Wende im des Salzkammergut (und vermutlich auch in anderen Regionen) ausschließlich frühkarnisches Alter besitzt. Dies ist mit den vorliegenden Daten aus Niederösterreich (vgl. Krystyn 1991 und eigene Daten) sowie Südtirol (vgl. Keim & Brandner 2001) konform.

## Dank

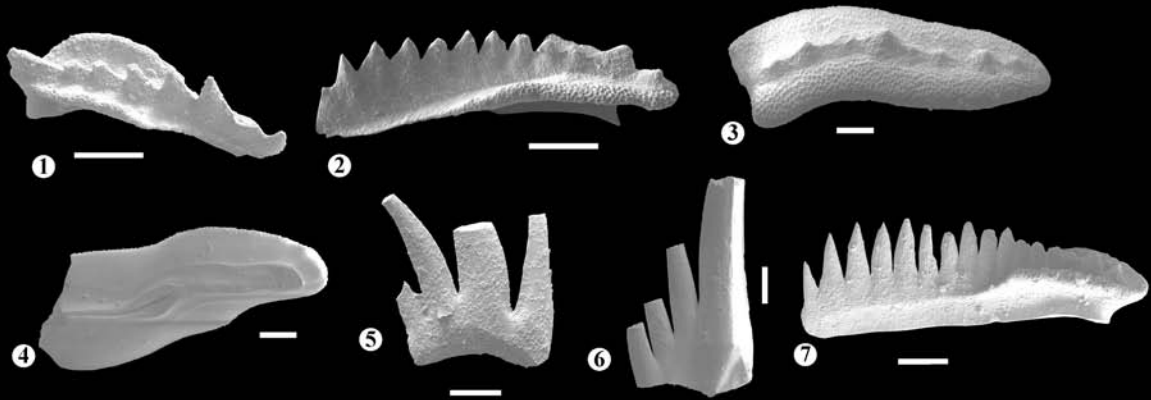
Mein Dank geht in erster Linie an meinen Betreuer Rainer Brandner (Innsbruck), der mir nicht nur fachlich, sondern auch in tatkräftig behilflich war (Probennahme im Jakobbergstollen). Ferner danke ich Helmut Lindtner (Bad Dürrenberg) für die Erlaubnis, das Profil Freygutweg auf Privatgrund beproben zu dürfen, Hans-Jürgen Gawlick (Leoben) für Unterstützung während des ersten Geländeaufenthaltes. Werner Prochenberger danke ich für die Begehungserlaubnis des stillgelegten Jakobbergstollen, Steiger Thomas Grublacher (beide Saline Bad Dürrenberg) für Unterstützung während der Probenahme.

Leopold Krystyn (Wien) und Antonio Donofrio (Innsbruck) gaben wertvolle Hinweise hinsichtlich der Conodonten-Klassifikation, einem anonymen Reviewer bin ich für Verbesserungsvorschläge Dank schuldig. Dem Fonds zur wissenschaftlichen Förderung (FWF-Projekt P 16878) sei für finanzielle Unterstützung ganz herzlich gedankt.

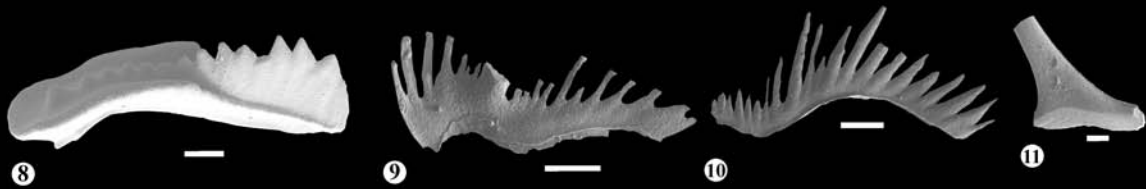
Abb. 6: Kombinierte Profilsäulen des Freygutweges und des Jakobbergstollens (Profilsäule zwischen den Schichtlücken): links die lithostratigraphischen Einheiten mit Maßstab, rechts neben der Profilsäule horizontal gefundene Conodonten und dazwischen die daraus abgeleitete Zonierung der Conodontenstufen – daraus leitet sich die entsprechende Ammonitenzonierung ab. Lithologische Events: (1) = initiales Reingrabener Event; (2) = Reingrabener „Anoxic Event“; (3) = Reingrabener „Oxic Event“

Fig. 6: Lithology, conodont biostratigraphy and reconstructed conodont zones in-between (after Krystyn 1980) of the Freygutweg section and the Jakobberg Gallery (in-between the stratigraphical gaps). Due to the lack of ammonite findings, the ammonite zones are construed after the conodont zones (the exact boundaries, thus, are questionable). Lithologic events: (1) = initial Reingrabener

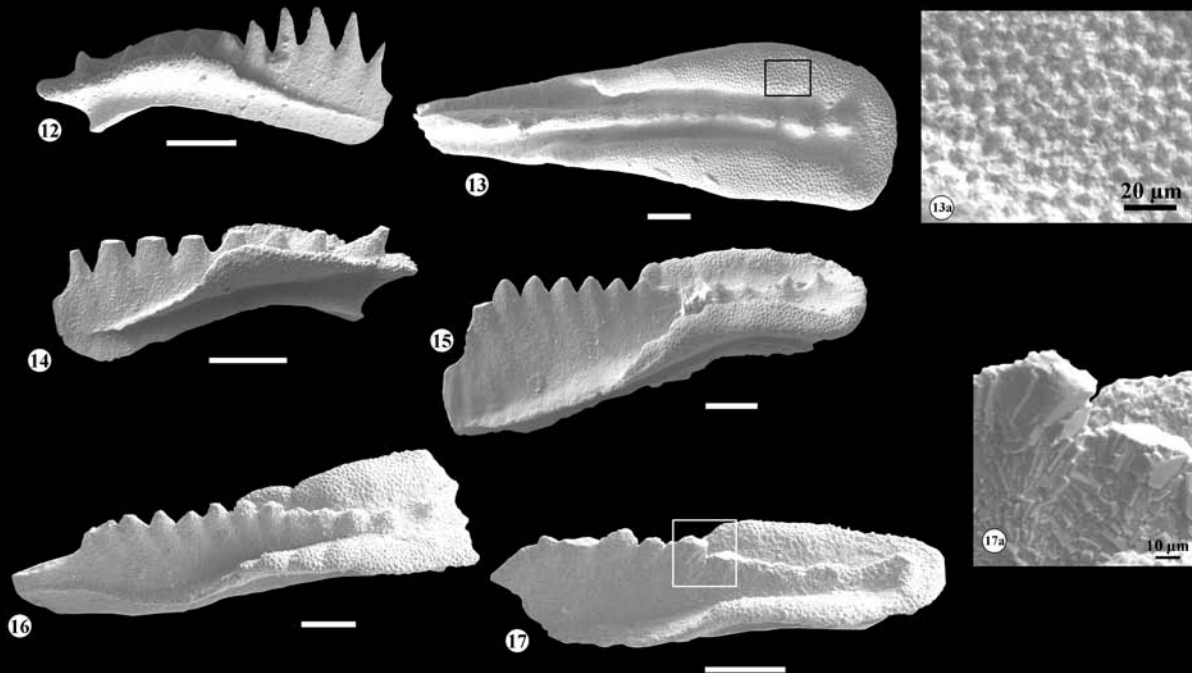
**Dickbankiger Graukalk**  
(Jul 1/I - Jul 1/II)



**Reingrabener Schiefer**  
(Jul 1/II - 2/II)



**Roter Knollenflaserkalk**  
(Tuval 1- 3)



**Gebankter Hellkalk**  
(? Lac 1/I - Lac 2/II)

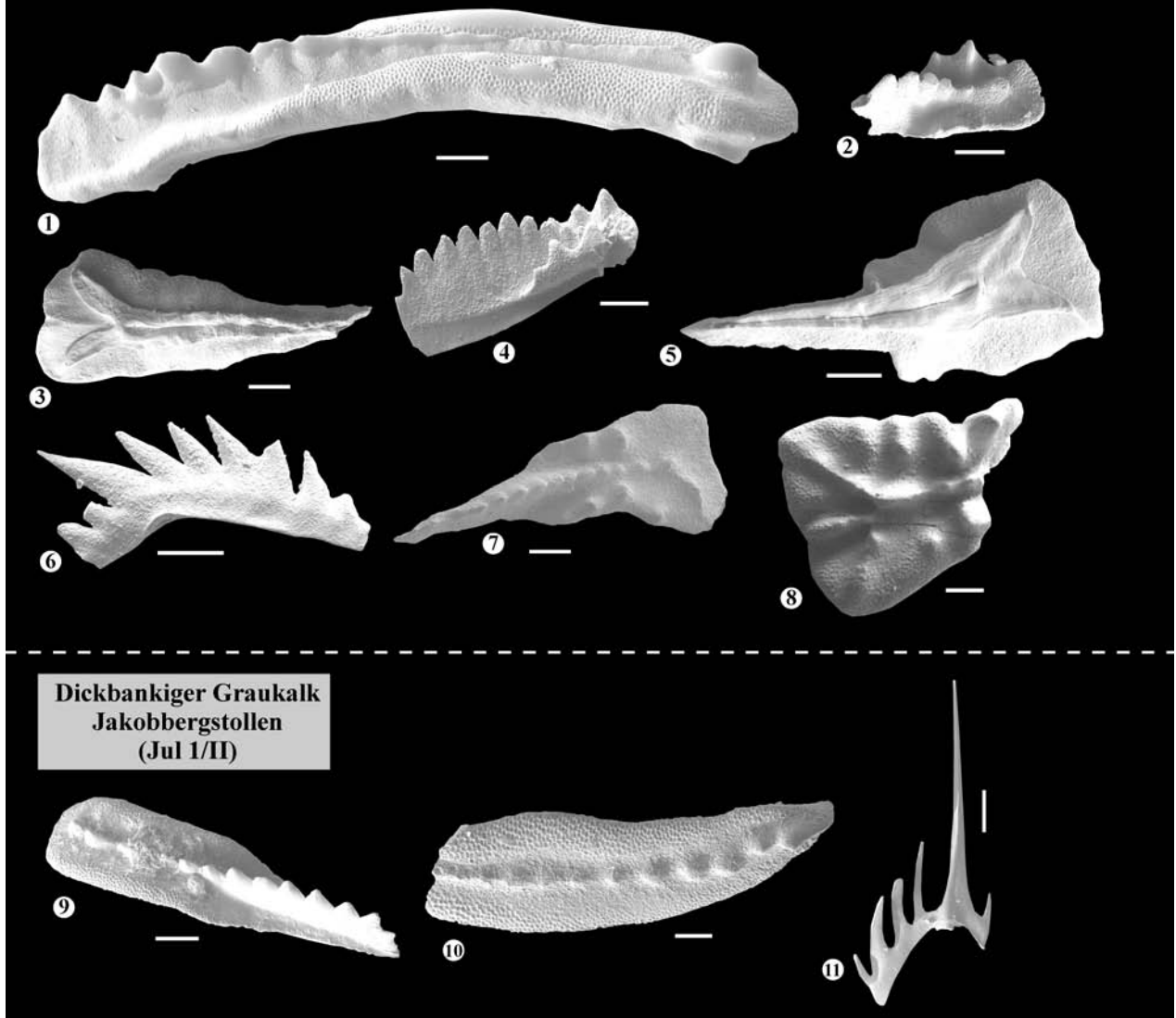


Abb. 7 (links): Conodonten des Freygutweges (Jul 1/I bis Tuval 3/II); Maßstabsbalken = 100 µm / Fig. 7: Conodonts of the Freygutweg section (Julian 1/I to Tuvallian 3/II); scale bar = 100 µm:

1) *Gladigondolella malayensis* Nogami 1968; La 4; CAI = 1,0; 2) *Gondolella tadpole* Hayashi 1968; La 5; CAI = 1,0; 3) *Gladigondolella tethydis* Huckriede; La 4; CAI 1,0; 4) *Gladigondolella tethydis*; La 5; CAI 1,0-1,5; 5) *Enantiognathus petraeviridis*, Huckriede; La 4; CAI 1,0; 6) *Hibbardella lautissima* Huckriede; La 5; CAI 1,0; 7) *Metapolygnathus polygnathiformis*, La 5; CAI = 1,0; 8) *Metapolygnathus polygnathiformis*; J 16a; CAI 1,0; 9) *Hindeodella pectiniformis* Huckriede; J 16a; CAI 1,0; 10) *Hindeodella pectiniformis*; J 16a; CAI 1,0; 11) *Gladigondolella tethydis* ME, Huckriede; J 16b; CAI = 1,0; 12) *Metapolygnathus polygnathiformis*; T 01; CAI = 1,0; 13) *Metapolygnathus oertlii* (Kozur 1980); T 13; CAI = 1,0; 13a) *M. oertlii* - detail; 14) *Metapolygnathus polygnathiformis*; T 04; CAI = 1,0; 15) *Metapolygnathus carpathicus* (Mock 1979); T 12; CAI = 1,0; 16) *Metapolygnathus nodosus* (Hayashi 1968); T 13, CAI = 1,0; 17) *Metapolygnathus polygnathiformis*; T 13; CAI = 1,0; 17a) *M. polygnathiformis* - detail

Abb. 8 (oben): Conodonten des Freygutweges und des Jakobbergstollens (Jul bis Tuval); Maßstabsbalken = 100 µm / Fig. 8: Conodonts of the Freygutweg section and Jakobberg gallery; scale bar = 100 µm:

Conodonten Freygutweg (frühes Nor); Conodonts of the Freygutweg section (Early Norian): 1) *Norigondolella navicula* Huckriede; L 06; CAI = 1,0; 2) *Epigondolella abneptis* s.l. Huckriede; L 06; CAI = 1,0; 3) *Epigondolella* cf. *triangularis* (Budurov); L 07; CAI = 1,0; 4) *Epigondolella abneptis*; L 07; CAI = 1,0; 5) *Epigondolella spatulata*, Huckriede; L 08; CAI = 1,0; 6) *Ozarkodina* sp.; L 08; CAI = 1,0; 7) *Epigondolella abneptis* s.l.; L 07; CAI = 1,0; 8) *Epigondolella triangularis* (Budurov); L 08; CAI = 1,0

Conodonten Jakobbergstollen / Conodonts Jakobberg gallery:

9) *Gondolella inclinata* (Kovács 1983); HB 7; CAI = 1,0; 10) *Gladigondolella tethydis*; HB 7; CAI = 1,0; 11) *Didymodella alternata* Mosher; HB 7; CAI = 1,0

## Literatur

- Braun, R. (1998): Die Geologie des Hohen Gölls. – Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden: 192 S., Berchtesgaden.
- Frisch, W., Gawlick, H.J. (2003): The nappe structure of the central Northern Calcareous Alps and its disintegration during Miocene tectonic extrusion – a contribution to understanding the orogenic evolution of the Eastern Alps. – *Int. J. Earth Sci (Geol. Rundschau)*, 92: 712–727 (Springer), Berlin.
- Gallet, Y., Besse, J., Krystyn, L., Théveniaut, H., Marcoux, J. (1994): Magnetostratigraphy of the Mayerling section (Austria) and Erenkolu Mezarlik (Turkey) section: Improvement of the Carnian (late Triassic) magnetic polarity time scale. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 125: 173–191.
- Gawlick, H. (2000): Paläogeographie der Obertrias-Karbonatplattformen in den Nördlichen Kalkalpen. – *Exkursionsführer Sediment 2000, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 44: 46–95, Wien.
- Gawlick, H.-J., Lein, R., Piros, O., Pytel C. (1999a): Zur Stratigraphie und Tektonik des Hallein – Bad Dürrenberger Salzberges – Neuergebnisse auf der Basis von stratigraphischen und faziellen Daten (Nördliche Kalkalpen, Salzburg). – *Abh. Geol., B.-A.*, 56/2: 69–90, Wien.
- Gawlick, H.-J., Frisch, W., Vescei, T., Steiger, F., Böhm, F. (1999b): The Change from rifting to thrusting in the Northern Calcareous Alps as recorded in Jurassic sediments. – *Geol. Rundschau* 87: 644–657.
- Gawlick, H.-J., Lein, R. (1997): Neue stratigraphische und fazielle Daten aus dem Jakobberg- und Wolfdietrichstollen des Hallein- Bad Dürrenberger Salzberges und ihre Bedeutung für die Interpretation der geologischen Verhältnisse im Bereich der Hallein – Berchtesgadener Schollenregion. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck* 22: 199–225.
- Gawlick, H.-J., Lein, R. (2000): Die Salzlagerstätte Hallein – Bad Dürrenberg. – *Exkursionsführer Sediment 2000, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 44: 263–280, Wien.
- Hallock, P., Schlager W. (1986): Nutrient Excess and the Demise of Coral Reefs and Carbonate Platforms. – *Palaios* 1986: 389–398.
- Hornung, T., Brandner, R. (2005): Biochronostratigraphy of the Reingraben Event (Hallstatt Facies Belt): Local black shale events controlled by regional tectonism, climatic change and plate tectonics. – *Facies* 51: 474–495 (DOI: 10.007/s10347-005-0061-x), Erlangen.
- Hornung, T., Brandner, R., Krystyn, L. (2005): Carnian black shale events triggered by Cimmerian-Eurasian collision? – *Abstract Book / CD, EGU-Meeting April 2005, Vienna*.
- Keim, L., Brandner, R. (2001): Facies interfingering and synsedimentary tectonics on late Ladinian-early Carnian carbonate platforms (Dolomites, Italy). – *Int. J. Earth Sciences (Geol. Rundsch.)*, 90: 813–830.
- Kozur, H. (2003): Integrated ammonoid, conodont and radiolarian zonation of the Triassic and some remarks to Stage/Substage subdivision and the numeric age of the Triassic stages. – *Albertiana* 28: 57–74, Wien.
- Krystyn, L. (1980): Triassic conodont localities of the Salzkammergut Region (Northern Calcareous Alps). – in: *Second European Conodont Symposium-ECOS II, Guidebook and Abstracts*. – *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Band 35: 61–98.
- Krystyn, L. (1983): The Epidaurus Section (Greece) – a contribution to the conodont standard zonation of the Ladinian and Lower Carnian of the Tethys Realm. – *Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen* 5: 231–258.
- Krystyn, L. (1991): Die Fossilagerstätten der alpinen Trias. – *Exkursionsführer*, 31 Abb., Wien.
- Mandl, G.W. (1984): Zur Trias des Hallstätter Raumes – ein Modell am Beispiel Salzkammergut (NKA, Österreich). – *Mitt. Ges. geol. Bergbaustud. Österr.*, 30/31: 133–176.
- Mandl, G.W. (1999): The Alpine sector of the Tethyan Shelf – Examples of Triassic to Jurassic sedimentation and deformation from the Northern Calcareous Alps. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.* 92: 61–79.
- Medwenitsch, W. (1949): Fossilfund im Halleiner Salzberg. – *Berg- und Hüttenmänn. Mh.*, 94 (3): 65–66, Leoben.
- Medwenitsch, W. (1958): Zur Geologie des Halleiner Salzberges. Die Profile des Jakobberg- und Wolfdietrichstollens. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 51: 197–218, Wien.
- Medwenitsch, W. (1962): Die Bedeutung der Grubenaufschlüsse des Halleiner Salzberges für die Geologie des Ostrandes der Berchtesgadener Schubmasse. – *Z. dt. Geol. Ges.*, 113: 463–494, Hannover.
- Medwenitsch, W. (1963): Zur Geologie des Halleiner und Berchtesgadener Salzberges. – *Mitt. Naturwiss. Arbeitsgem. Haus der Natur*, 1963: 1–18, Salzburg.
- Mutti, M., Weissert, H. (1995): Triassic Monsoonal climate and its signature in Ladinian-Carnian Carbonate Platforms (Southern Alps, Italy). – *Journal of Sedimentary Research*, 65b (3): 357–367.
- Neubauer, F. (1994): Kontinentkollision in den Ostalpen. – *Geowissenschaften* 12: 136–140
- Plöchingner, B. (1955): Zur Geologie des Kalkalpenabschnittes vom Torrener Joch zum Ostfuß des Un-

- tersberges; die Göllmasse und die Halleiner Hallstätter Zone. – Jb. Geol. Bundesanst., 95/1: 93–144, Wien.
- Prey, S. (1969): Geologische Karte der der Umgebung der Stadt Salzburg 1:50 000. Geol. Bundesanst., Vienna.
- Reijmer, J.J.G., Everaas, S.L. (1991): Carbonate Platform Facies reflected in Carbonate Basin Facies (Triassic, Northern Calcareous Alps, Austria). – *Facies*, 25: 253–278, Erlangen.
- Riedel, P. (1991): Korallen in der Trias der Tethys: Stratigraphische Reichweiten, Diversitätsmuster, Entwicklungstrends und Bedeutung als Rifforganismen: Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten Österreichs, Mitteilungen, 37: 97–118.
- Rüffer, T., Zamparelli, V. (1997): Facies and Biota of Anisian to Carnian Carbonate Platforms in the Northern Calcareous Alps (Tyrol and Bavaria). – *Facies* 37: 115–136, Erlangen.
- Schlager, W. (1969): Das Zusammenwirken von Sedimentation und Bruchtektonik in den triadischen Hallstätterkalken der Ostalpen. – *Geol. Rundschau* 59: 289–308, 8 Abb., Stuttgart.
- Schlager, W., Schöllnberger, W. (1974): Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtenfolge der Nördlichen Kalkalpen. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 66/67: 165–193; Wien.
- Schweigl, J., Neubauer, F. (1997): Structural evolution of the central Northern Calcareous Alps: Significance for the Jurassic to Tertiary geodynamics in the Alps. – *Eclogae geol. Helv.* 90: 303–323, Zürich.
- Simms M.J., Ruffel A.H. (1989): Synchronicity of climate change and extinctions in the Late Triassic – *Geology* 17: 265–268