

CONODONTEN DER SEEFELD-FORMATION: EIN BEITRAG ZUR BIO- UND LITHOSTRATIGRAPHIE DER HAUPTDOLOMIT-PLATTFORM (OBERTRIAS, WESTLICHE NÖRDLICHE KALKALPEN, TIROL)

Donato A. Donofrio, Rainer Brandner und Werner Poleschinski

Mit 7 Abbildungen und 4 Fototafeln

Zusammenfassung

Aus Sedimenten des eingeschränkten Intraplattformbeckens der Seefeld-Formation (Mittelnor) konnte zum erstenmal eine große Zahl von Conodonten gewonnen werden. Die Fauna besteht fast monospezifisch aus *Epigondollela slowakensis* (Kozur). Sporadisch treten noch *Epigondollela postera* (Kozur & Mostler) und *Epigondollela carinata* Orchard auf, womit die Postera-Conodonten-Zone (Alaun 2) nachgewiesen ist. Im jüngeren Abschnitt der etwa 500 m mächtigen Abfolge wird mit dem Vorkommen der Hydrozoe *Heterastridium conglobatum* Reuss auch noch Alaun 3 erreicht. Das nahezu monospezifische Auftreten von *E. slowakensis* in sauerstoffarmen Beckentypen der Obertrias ist am passiven Kontinentalrand der westlichen Tethys weit verbreitet. Es wird vermutet, daß die Artentwicklung der *E. slowakensis* das Resultat einer Carina-Adaption ist und es sich dabei um eine Ökoform handelt. An Hand der biostratigraphischen Einstufung der Seefeld-Fm. wird eine sequenzstratigraphische Korrelation der Hauptdolomit Plattform mit dem Hallstätter Becken versucht. Es zeigt sich, daß die durch tektonische Subsidenz gesteuerten Supersequenzen 2. Ordnung N 1 und N 2 zeitlich verschoben im Hallstätter Becken früher auftreten als am Hauptdolomit Schelf. Diese Diskrepanz ist jedoch im Rahmen eines rückschreitenden Krustendehnungssystems im kontinentalen Riftstadium des Nor gut verständlich. Zyklen und Sequenzen unterschiedlicher Ordnung werden diskutiert. Die Erfassung der Abfolgen von aggradierenden zu progradierenden Parasequenzen Sets dienen der Definition von neuen Formationsbegriffen.

Abstract

A great number of conodonts has been found in sediments of the restricted intraplatform basin of the Seefeld Formation (Middle Norian). These faunas, nearly monospecific, are dominated by *Epigondollela slowakensis* (Kozur), only sporadically we found the biostratigraphic important species *Epigondollela postera* (Kozur & Mostler) and *Epigondollela carinata* Orchard which define the postera conodont zone (Alaunian 2). The hydrozoa *Heterastridium conglobatum* Reuss (= Alaunian 3) is documented in the upper part of the ca. 500 m thick sequence of the Seefeld Fm. Monospecific *E. slowakensis* faunas are widespread in restricted, O₂-depleted basinal facies along the western Tethys shelf. We speculate that *E. slowakensis* with its reduced, wall like carina is the product of adaptation in the specific restricted environment (= „ecoform“). The biostratigraphic results allow for the first time the sequencestratigraphic correlation of the Hauptdolomit carbonate platform and the Hallstatt basin. Tectonically controlled 2nd order supersequences N 1 and N 2 are recognized in the well known stratigraphic records of the western Tethys shelf. Discrepancies in the chronostratigraphic correlation of the start of supersequence N 2 are interpreted by the shifting of backstepping rifting along the Norian passiv continental margin. Additionally we discuss the hierarchy of the multiorder sequencestratigraphic cycles of the Norian Hauptdolomit Group. The definition of new lithostratigraphic units is based on the aggradational to progradational stacking patterns of parasquences.

1. Einleitung

Im Hauptdolomit der westlichen Nördlichen Kalkalpen treten an zahlreichen Stellen, mehr oder weniger horizontbeständig, z.T. sehr mächtige kerogenreiche und bituminöse Einschaltungen auf. Sie werden als „Seefelder Schichten“, bzw. hier nun als „Seefeld-Formation“ bezeichnet. Wegen ihres hohen organischen Gehaltes, aber auch wegen ihres Reichtums an gut erhaltenen Fisch- und Pflanzenfossilien sind die Schwarzschiefer schon seit langem Gegenstand zahlreicher Publikationen.

Das Hauptvorkommen liegt etwa 20 km westlich von Innsbruck, SE von Seefeld. In den Jahren 1984–1989 wurden hier von verschiedenen Arbeitsgruppen der Universitäten Innsbruck, Freiburg und Clausthal-Zellerfeld Untersuchungen zur Sedimentologie und Fazies, Stratigraphie, Strukturgeologie, aber auch zur organischen und anorganischen Geochemie durchge-

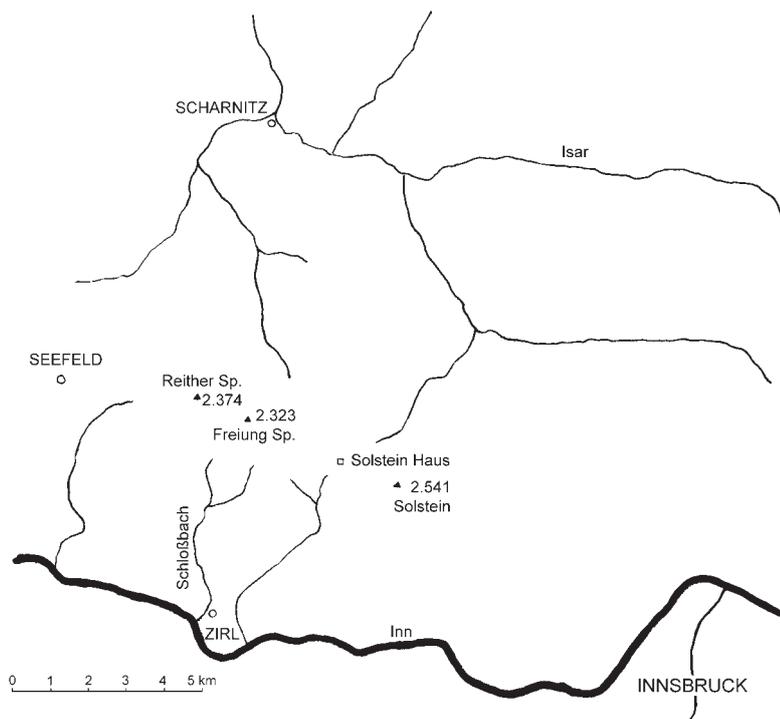


Abb. 1: Lage der Typlokalität der Seefeld-Formation. Die vollständige Profilabfolge der Hauptdolomit Gruppe erstreckt sich vom Solstein Haus über die Freilung Spitzen zur Reither Spitze.

führt (Brandner & Poleschinski, 1986, Fries, 1988, Köster et al. 1988, Poleschinski 1989, Satterley & Brandner, 1995).

Im Zuge der Arbeiten zur Dissertation von Herrn Poleschinski konnten zum erstmalig Conodonten aus den Seefelder Schichten gewonnen werden. Die weiterführende, detaillierte Überarbeitung der reichhaltigen Conodontenfauna von Seefeld und benachbarter Regionen ist der Anlaß für diese Publikation. An Hand der nun exakten biostratigraphischen Einstufung eines Teiles der mächtigen Hauptdolomit Plattform wurde auch versucht eine sequenzstratigraphische Korrelation am Schelf und Schelfrand der Obertrias der Nördlichen Kalkalpen vorzunehmen.

2. Geologie, Lithostratigraphie und Paläogeographie

Geologische Übersicht

Westlich von Innsbruck, im Gebiet der Faltenachsendepression von Seefeld (Eisbacher & Brandner, 1996), ist eine der mächtigsten, stratigraphisch zusammenhängenden Hauptdolomit-Abfolgen aufgeschlossen. In einem prächtigen Großaufschluß kann die über 2.700 m mächtige Abfolge entlang einem Steig vom Solsteinhaus über die Freilungsspitzen zur Reither Spitze durchwandert werden.

Die Abfolge ist Teil des permomesozoischen Sedimentstapels der oberostalpinen Inntaldecke (Tirolikum), die vom Tirolikum südlich des Unterinntales durch das jungtertiäre, sinistrale Inntalscherungssystem getrennt ist. Im Tirolikum südlich des Inntales liegt die permomesozoische Sedimentabfolge mit direktem stratigraphischen Kontakt dem variszisch geprägten Grundgebirge der Grauwackenzone auf.

Der Seefelder Raum ist strukturell durch einen E-W streichenden, nordvergenten Großfaltenbau geprägt, der durch NW-streichende, dextrale Seitenverschiebungen durchtrennt wird. Das noch wenig verstandene beidseitige Achsenabtauchen („Achsendepression von Seefeld“) ermöglichte die Erhaltung der mächtigen Hauptdolo-

mitfolge, deren jüngere stratigraphische Überlagerung (? Kössen-Fm.) allerdings fehlt.

Der zweite Bereich profilmäßig entnommener Conodontenproben liegt am Grubigstein, SW Lermoos (Östliche Lechtaler Alpen). Die Profilabfolge des „Oberen Hauptdolomit“ (siehe Scherreiks, 1971) liegt hier am überkippten Südschenkel der Lermooser Mulde der Lechtaldecke (Bajuvarikum).

Lithostratigraphie und Paläogeographie

Die etwas eintönig anmutende Lithologie des Hauptdolomits erwies sich bei der genaueren sedimentologisch-mikrofaziellen Analyse durch Müller-Jungbluth, 1971, Scherreiks, 1971 und Fruth & Scherreiks, 1982 doch als einigermaßen abwechslungsreiche Faziesentwicklung des Lagunen- und Gezeitenraumes am inneren Schelf. Gruppierungen von Faziesassoziationen, die in verschiedenen hierarchischen Zyklenmustern auftreten, ermöglichen eine Gliederung in „Unteren-, Mittleren- und Oberen Hauptdolomit“. Die Abgrenzungen sind allerdings meist unscharf, da die steuernden Parameter wie relative Meeresspiegelschwankungen, etc., keine wesentlichen Faziesänderungen hervorrufen haben. Dies gilt vor allem für die Grenze zwischen Unterem- und Mittlerem Hauptdolomit. Die genannten lithostratigraphischen Einheiten sind jedoch kartierbar (siehe z.B. Müller-Jungbluth, 1971, Polechinski auf der Geol. Karte der Rep. Österreich 117, Zirl, 1992) und halfen bei der Lösung strukturgeologischer Probleme.

Mit der detaillierten Untersuchung der Seefeld-Formation wurde erkannt, daß diese ein Produkt der Sedimentation in schlecht durchlüfteten Becken innerhalb der Hauptdolomit Plattform ist. Mehrphasige, tektonische Absenkung führte zur Bildung von Halbgräben. Diese Impulse beschleunigter, tektonischer Subsidenz mit Vorläufern an der Basis des Hauptdolomit, sind im gesamten Schelfraum der Nordalpen und insbesondere in den westlichen Südalpen (Gaetani et al., 1998) zu erkennen. Der zur Verfügung stehende

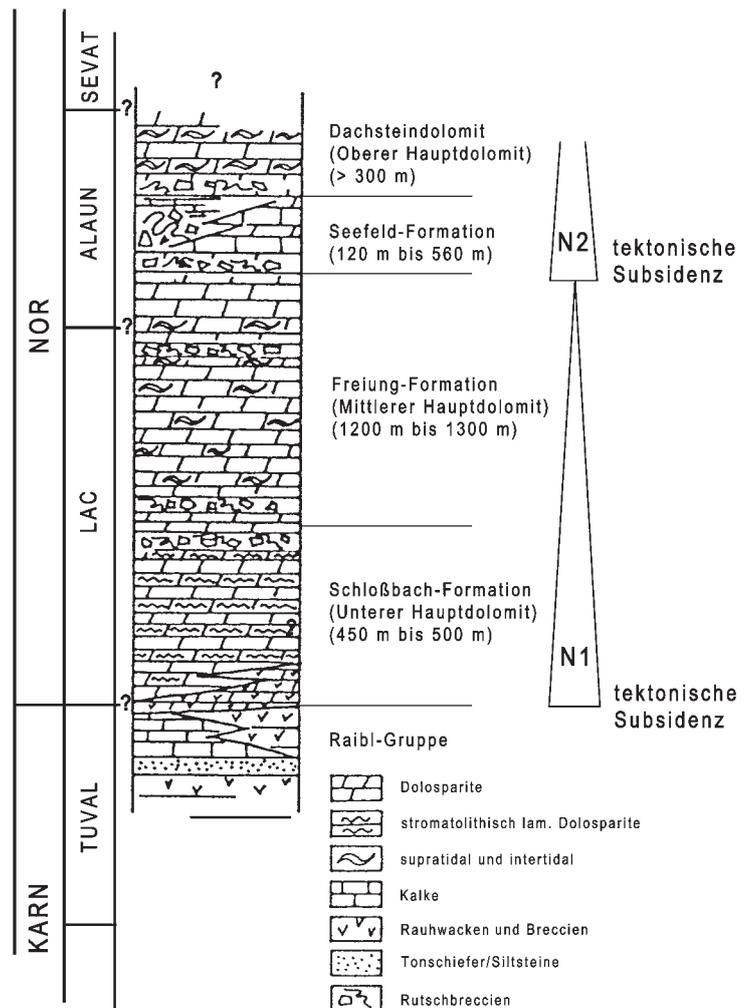


Abb. 2: Lithostratigraphische Übersicht der Hauptdolomit-Gruppe mit der Gliederung in die zwei Transgressions-Regressions-Fazieszyklen N1 und N2.

Sedimentationsraum („accomodation“) wird damit rasch vergrößert. Die dementsprechend deutliche Verschiebung der Fazieszonen erlaubt die gute lithostratigraphische Abgrenzung des Oberen Hauptdolomit.

Den Empfehlungen zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur (Steininger & Piller, 1999) folgend, wird hier vorgeschlagen, für die oben genannte lithostratigraphische Hauptdolomitgliederung die folgenden Formationsbegriffe zu verwenden (Abb. 2). Die Typlokalitäten befinden sich entlang dem Profil vom Solsteinhaus zur Reither Spitze (siehe ÖK 117, Zirl).

- „Unterer Hauptdolomit“ = Schloßbach-Formation
- „Mittlerer Hauptdolomit“ = Freiuung-Formation
- „Seefelder Schichten“ = Seefeld-Formation
- „Oberer Hauptdolomit“ = Dachsteindolomit

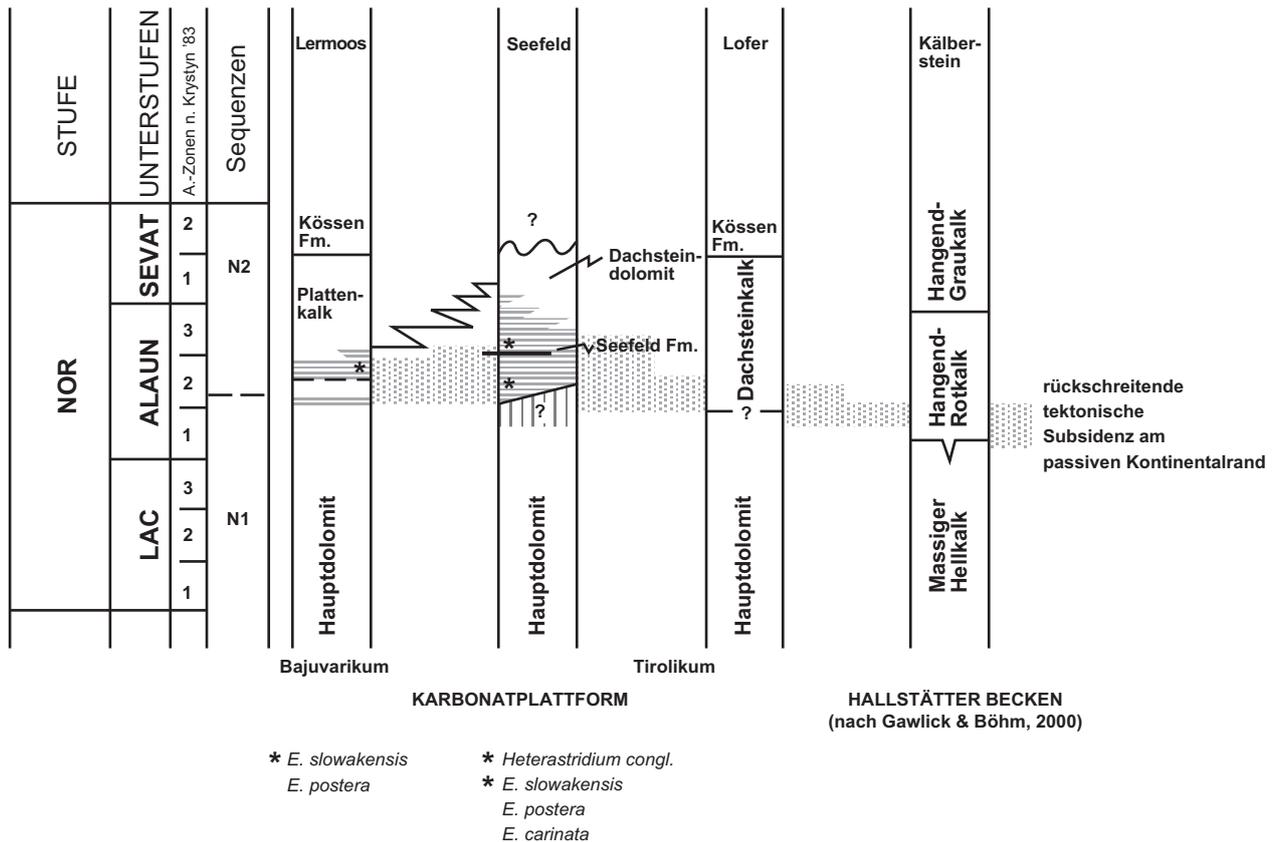


Abb. 3: Korrelation der Beckenentwicklungen des Nor im Schelfraum der westlichen und mittleren Nördlichen Kalkalpen. Die Anordnung von Bajuvarikum, Tirolikum und „Hallstätter Becken“ entspricht dem primären Nebeneinander der Fazieszonen am passiven Kontinentalrand von proximal nach distal (näher dem Ozean).

Der Begriff „Dachsteindolomit“ wird aufgrund der großen Ähnlichkeit des zyklischen Aufbaues mit den Loferer Zyklen vorgeschlagen. Auch hier sind deutliche Auftauchphasen in den Zylothemen mit Bodenbildung und z.T. bunten Residualtonen (= Member A, Fischer, 1964) entwickelt. Der Hauptdolomit insgesamt sollte als „Hauptdolomit Gruppe“ definiert werden. Alle Formationseinheiten sind kartierbar (siehe Blatt Zirl). Die Abgrenzungskriterien der Formationen wurden bereits bei Müller-Jungbluth, 1970, Scherreihs, 1971 und Poleschinski, 1989 ausführlich dargelegt.

Die genaue conodontenstratigraphische Einstufung der Seefeld-Fm. erlaubt nun eine Korrelation über den Schelfraum hinweg zur Beckenentwicklung der Hallstätter Zone. Gawlick & Böhm, 2000 vermuten an Hand des conodontenstratigraphisch bearbeiteten Profils Kälberstein ebenso tektonische Aktivitäten, z.T. auch mit Verkipfung des Untergrundes. Die diskordante Überlagerung der Hallstätter Hellkalke (Spal-

tenbildungen) durch den kondensierten Hangendrotkalk (= „condensed section“) erfolgt allerdings bereits im Alaun 1, also deutlich früher als der Beginn der Sedimentation im Seefelder Becken im Alaun 2. Diese Diskrepanz ist jedoch im Rahmen des kontinentalen Riftstadiums der Obertrias mit rückschreitenden („backstepping“) Abschiebungssystemen am passiven Kontinentalrand gut verständlich (Abb. 3).

Zyklostratigraphie und Sequenzstratigraphie

Die sedimentäre Abfolge der Hauptdolomit Gruppe besteht wie bei anderen Sedimentabfolgen aus einem hierarchisch aufgebautem System von Zyklen unterschiedlicher Ordnung.

Die oben beschriebene Grobgliederung der Hauptdolomit Gruppe entspricht zwei Transgressions-Regressionen Fazieszyklen, N 1 und N 2 (Abb. 2 und 3) in der Zeitdauer von > 3 Ma, das sind nach Vail et al.,

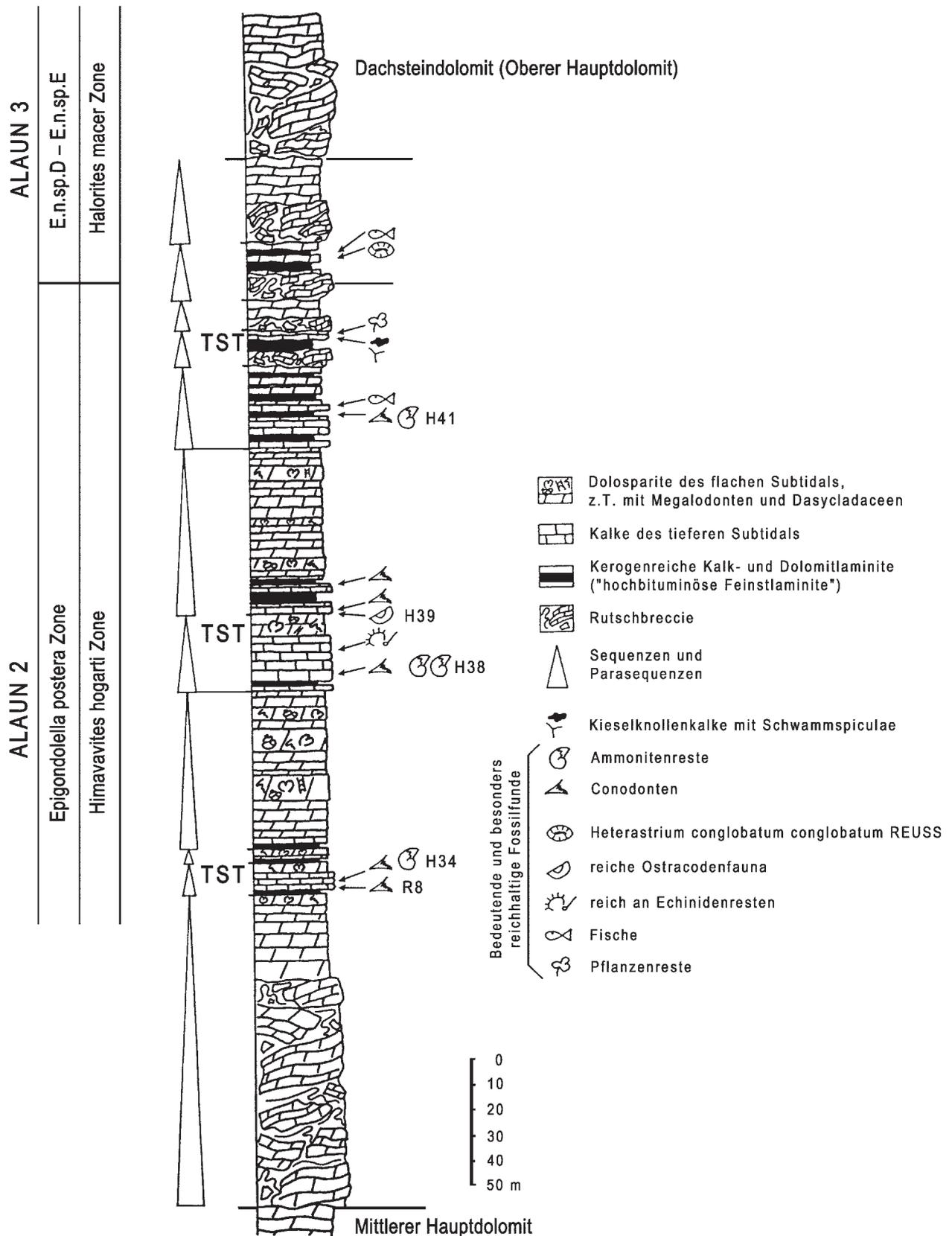
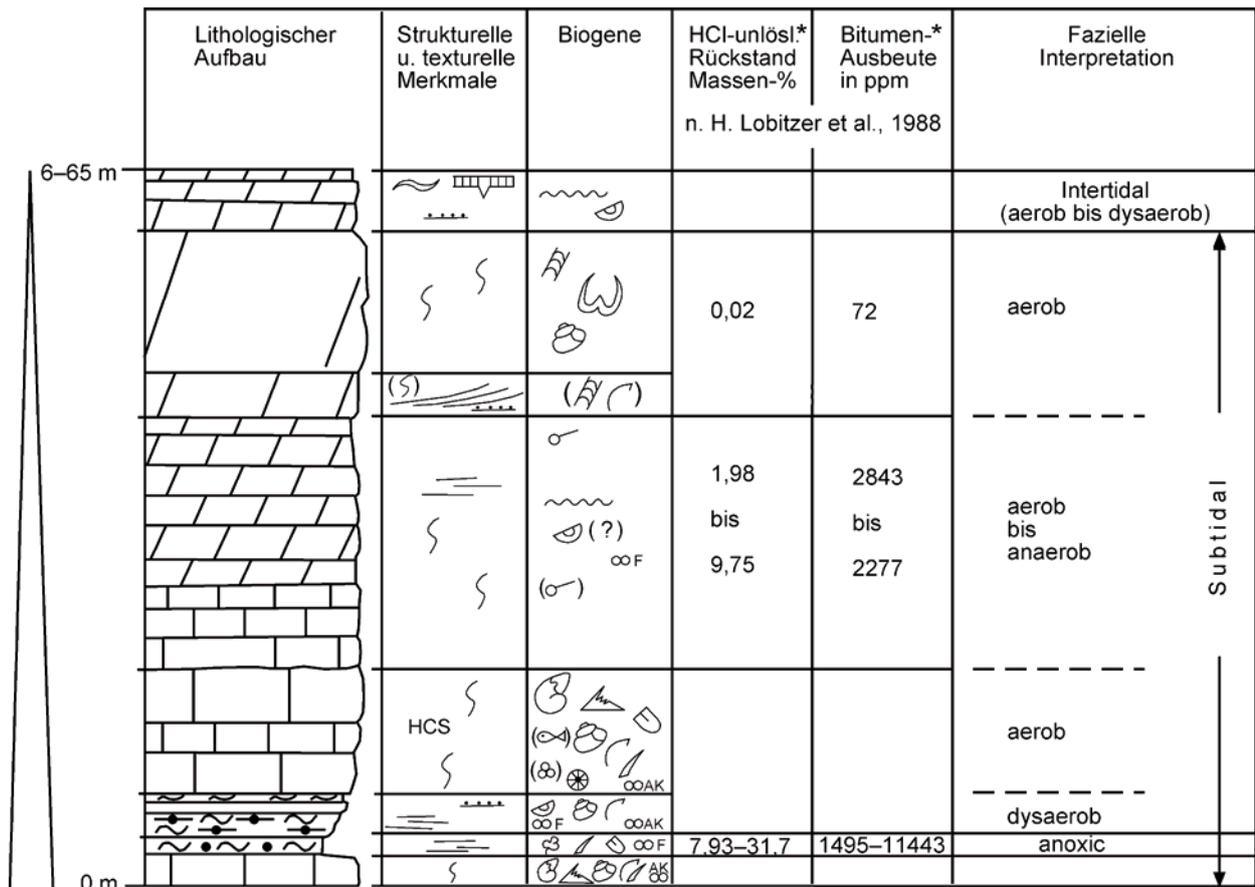


Abb. 4: Beckenrandentwicklung der Seefeld-Formation in der Typregion SW Reither Spitze. Sequenzen und Parasequenzen sind mit Pfeilen markiert. TST: transgressiver Systemtrakt mit dem Vorkommen der Conodonten-Faunen.



* Variationsbreite der bisher untersuchten Proben

Legende

- | | | | | | |
|-----|--------------------------------------|-----|--|--|---|
| | LF-Gefüge | | Echiniden | | Kalk |
| | Wurzelbodenbildung mit Trockenrissen | | Ammoniten | | Dolomit |
| | Gradierung | | Conodonten | | Kerogen- und bitumenreicher Feinlaminit |
| | Bioturbation | | Fische | | Kerogen- und bitumenreicher Wackestone |
| | Schrägschichtung | | Fischschuppen | | |
| | Lamination | | Fischzähne | | |
| HCS | Hummocky cross stratification | | Holothuriensclerite | | |
| | Stromatolithenmatten | | Foraminiferen | | |
| | Ostracoden | | Anomurencoprolithen | | |
| | Dasycladaceen | | Fischkoprolithen | | |
| | Megalodonten | | Pflanzenfossilien | | |
| | Gastropoden | () | sehr selten oder nur gelegentlich auftretend | | |
| | Bivalven | | | | |

Abb. 5: Schematischer Aufbau der Sequenzen und Parasequenzen im Typprofil.

1991 Supersequenzen 2. Ordnung. Beide Supersequenzen sind klar mit verstärkter tektonischer Subsidenz (Breccienbildung, slumping) an der Basis der Schloßbach-Fm. und Seefeld-Fm. definiert. An Hand der Stapelungsmuster der Sequenz- bzw. Parasequenzzyklen (3. und 4. Ordnung) sind aggradierende und progradierende Abschnitte der Supersequenzen zu erkennen. Dies drückt sich vor allem in dem nach oben jeweils zunehmenden Anteil von Sedimenten in-tertidaler und supratidaler Subfazies (u.a. Loferite und Bodenbildungen) innerhalb der Zyklotheme aus. Zusätzlich sind diese Subfazies auch besser durchlüftet, sodaß sich parallel dazu auch die Gesteinsfarbe von dunkelgrau zu hellgrau und weiß ändert. Mit der Zunahme dieser hell anwitternden Gesteine der Gezeitenfazies werden die lithostratigraphischen Einheiten Freijung-Fm. und Dachsteindolomit von der jeweils liegenden Einheit abgetrennt. Die Zunahme des Anteiles der Gezeitenfazies erfolgt über mehrere Zyklotheme, die Abgrenzung der lithostratigraphischen Einheiten kann daher nicht scharf gezogen werden.

Seefeld-Formation

Die Beckenfazies der Seefeld-Formation entwickelt sich im Typgebiet (Abb. 4, 5) mit rasch zunehmender tektonischer Subsidenz und dem damit verbundenen Aufbau retrogradierender Zyklen 3. und 4. Ordnung. Große Mächtigkeiten bilden dabei gravitative Massentransporte in Form von Rutschbreccien, Rutschfaltenmassen und eingegleitener Sedimentstapel im Ausmaß von 10–30 m. Sedimente der eigentlichen Beckenfazies sind Wechselfolgen plattiger Mudstones und Wackestones mit zwischengeschalteten kerogen- und bitumenreichen, schwarzen Feinstlaminiten von wenigen cm bis m. Die Gehalte an C_{org} variieren zwischen 7% und 25% in den Feinstlaminiten („Ölschiefer“). Entsprechend den bisherigen Analysen ist der Kerogengehalt dem Kerogentyp I zuzuweisen und stellt Alginite mit geringer Maturität (0,55% RO) dar (Köster et al., 1987, Poleschinski, 1989, Hopf et al., 2001). Die Gesamtmächtigkeit liegt inklusive der Rutschbreccien im Bereich von 500 m.

Infolge des anoxischen Milieus fehlt Bioturbation völlig. Dies erlaubte die exzellente Erhaltung einer μm -Rhythmik die verschiedentlich als Aufzeichnung einer jahreszeitlichen Periodizität diskutiert wurde. Rhythmische Anlagerungsgefüge von distalen Sturm-lagen und feinsten Kalkschlammlagen (? Staublagen)

im μm – mm -Bereich unterbrechen das Wachstumsgefüge der mikrobiellen Matten. Diese sind die Grundbausteine einer weiteren rhythmischen Wechselfolge im dm-Bereich von kalkigen Biolaminiten (Stromatolithen) und den karbonatfreien μm -Laminiten als Ausdruck der wechselnden O_2 -Verhältnisse am Beckenboden. Die periodisch schwankende Durchlüftung des Seefelder Beckens könnte klimatisch bedingt sein (Hopf et al., 2001).

Conodonten wurden bisher ausschließlich in Tempestiten mit hummocky cross stratification der plattigen Kalke der Beckenrandfazies gefunden. Im Typprofil südlich der Reither Spitze (Abb. 4) sind drei Sequenzzyklen 3. Ordnung entwickelt, wobei der transgressive Abschnitt (TST) die conodontenführenden, fossilreichen Packstones und Wackestones aufweist. Kerogenreiche Kalk- und Dolomitolaminite sind diesen transgressiven Systemtrakten in periodischen Parasequenzen zwischengeschaltet.

3. Biostratigraphie

Die biostratigraphische Einstufung der Seefeld-Formation basiert im Wesentlichen auf den reichlichen Conodontenfunden, die horizontiert aus dem Profil südlich der Reither Spitze gewonnen wurden (Abb. 4). Conodontenfunde an der Basis der Plattenkalk-Formation entstammen dem Profil „Grubigstein“ bei Lermoos.

Neben dem massenhaften Vorkommen von *Epigondolella slowakensis* fanden sich in der Seefeld-Formation vereinzelt die biostratigraphisch ausagekräftigen Conodontenarten *Epigondolella postera* und *Epigondolella carinata*. Im Profil Grubigstein kommt neben *E. slowakensis* lediglich *E. postera* vor.

Aus faziell ähnlich eingeschränkten Intraplattform-Becken Ungarns (Budai & Kovács, 1986 und Kovács & Nagy, 1989) und Nordostitaliens (Roghi et al., 1995) wurde dagegen *E. slowakensis* lediglich monospezifisch gefunden, was eine genauere biostratigraphische Einstufung problematisch erscheinen läßt.

Orchard, 1991 c: 305 definiert Conodontenzonen des Mittelnor auf der Basis horizontierter Ammoniten- und Conodontenfunde unkondensierter Profile Westkanadas. Demnach ist die Postera Zone durch das Zusammenvorkommen der Indexart *E. postera* (zahl-

STUFE und UNTERSTUFE			AMMONITENZONE				CONODONTENZONE				STUFE	
			Krystyn (in Zapfe, 1983)		Tozer in Zapfe 1983	Krystyn 1980, in Gallet et al. 1982	Orchard		1983	1991 a		
RHÄT			ZONE	SUBZONE								
			NOR	Obernor	SEVAT	Choristoceras marshi	Choristoceras marshi	Choristoceras crickmayi	Misikella posthernsteini	?	Misikella posthernsteini	Obernor
Vandaites stuerzenbaumi												
Rhabdoceras suessi	Sagenites reticulatus	Cochloceras amoenum				Misikella hernsteini	Epigondolella bidentata	U L	Epigondolella bidentata			
	Sagenites quinquepunctatus	Gnomohalorites cordilleranus				Epigondolella bidentata						
Halorites macer	IV "catenate Haloriten"	4				Himavavites columbianus	E. n. sp. E	?	E. n. sp. D	E. serrulata		
	III Amarassites semplificatus	3					E. n. sp. D					
Himavavites hogarti	II H. hogarti	2		E. postera	E. postera	E. n. sp. C	E. postera	E. elongata E. spiculata				
	I H. watsonii	1										
Cyrtopleurites bicrenatus	noch keine Subzonen	Drepanites rutherfordi		E. multidentata	E. multidentata	U L	E. multidentata					
Unternor	LAC	3		Juvavites magnus	noch keine Subzonen	Juvavites magnus	II I	E. spatulata	E. abneptis subsp. B	U M L	E. triangularis	
				Malayites paulckeii	unbenannte Subzone	Malayites dawsoni	II I	E. triangularis	E. abneptis subsp. A	E. quadrata		
			Malayites paulckeii Malayites tingriensis									
Guembelites jandianus	Dimorphites selectus Dimorphites n. sp. 1	Stikinoceras kerri	II I	E. primitia	E. primitia	U L	E. primitius	Unternor				

Abb. 6: Conodonten und Ammoniten Zonierung des Nor. Zusammenstellung leicht verändert nach Roghi et al., 1995.

reich), *Neogondolella steinbergensis* (häufig) und *Epigondolella carinata* (selten) charakterisiert. Diese Zone ist der Subzone II der Columbianus Zone (Ammoniten Standardzonierung Kanadas nach Tozer) gleichzusetzen. Krystyn (in Zapfe, 1983) korreliert diese mit der *Himavavites hogarti* Subzone II der Tethys Ammonitenzonierung und stuft sie in das obere Alaun 2 ein (siehe Abb. 6).

Die unteren zweihundert Meter der Seefeld-Formation des Profils südlich der Reither Spitze sind demnach in die Postera Zone des oberen Alaun 2 einzustufen. Ebenso entspricht der einzige Conodontenhorizont des Profils Grubigstein dieser Zone (Abb. 3). Damit konnte hier zum erstenmal die Basis der Plattenkalk-Formation biostratigraphisch eingestuft werden.

Eine zweite biostratigraphische Zeitmarke ist mit dem Vorkommen von *Heterastridium conglobatum* REUSS (Tafel 4, 4) im oberen Bereich der Seefeld-Formation des Profils Reither Spitze (Abb. 4) gegeben.

Die pelagische Hydrozoe wurde ca. 80 m oberhalb des letzten Conodontenhorizontes gefunden (Brandner & Poleschinski, 1986). Krystyn & Wiedmann (1986) stufen das Auftreten der Heterastridien in Profilen der Insel Timor mit Ammonitenfaunen in die *Halorites macer* Zone des Alaun 3 ein. Auf der Basis dieser Daten sind im Seefelder Typprofil daher sowohl Alaun 2 als auch Alaun 3 vertreten.

4. Systematische Parataxonomie

Gattung *Epigondolella* Mosher

Epigondolella carinata Orchard
Taf. 1, Fig. 1; Taf. IV, Fig. 1

* 1991 c *Epigondolella carinata* n. sp. Orchard,
S. 308, Taf. 5, Fig. 4, 5, 10

* 1983 *Epigondolella postera* (Kozur u. Mostler)-
Population, Orchard, S. 186–188,
Fig. 11A, C.

Vorkommen und Alter:

Der Holotypus stammt aus der Pardonet-Formation; Pardonet Hill, Britisch Kolumbien; Subzone II der Columbianus-Ammoniten-Zone, Obertrias, Mittelnor (Alaun).

Hier abgebildete Exemplare:

Seefeld-Formation, Seefeld, südlich Reither Spitze (Probe R8); Hallstätter Kalke, Berchtesgaden, Steinbruch Kälberstein (Probe K5).

Material:

4 Exemplare; das seltene Vorkommen dieser Art wird bei der Erstbeschreibung besonders betont.

Archiv:

Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, Arbeitsmaterial Donofrio (1989–2000).

Bemerkungen:

Diese Art ist charakterisiert durch ein kurzes Blatt bei einer relativ langen und in ihrer Entwicklung persistenten Carina. Die Exemplare der Seefelder Schichten zeigen eine ausgeprägte Ähnlichkeit mit der Art *E. slovakensis*. Besonders augenfällig ist u.a. die Biegung der Platte im Basalgrubenbereich. Die Exemplare aus dem Kälbersteinbruch hingegen, erinnern mehr an die *E. postera* in ihrer elongaten Variante.

Orchard 1991c: 308 berücksichtigte diese Ähnlichkeiten; einerseits bei der Differentialdiagnose der *E. carinata* indem er wörtlich bemerkt: "the holotype of *E. slovakensis* (Kozur, 1972) differs only in its precipitous posterior blade."

Andererseits nimmt er in die Synonymenliste der *E. carinata* zwei Formen auf, die er 1983 noch zu der *E. postera*-Population gestellt hatte.

Die eigene, aus der Seefeld-Formation vorliegende, sehr reiche *E.-slovakensis*-Sammlung bestätigt diese wichtigen taxonomischen Gegebenheiten.

Epigondolella postera (Kozur & Mostler)
Taf. 1, Fig. 2, 3; Taf. 2, Fig. 1; Taf. 3, Fig. 1

*1971 *Tardogondolella abneptis postera* n. subsp.
(Kozur & Mostler), S. 14, 15, Taf. 2, Fig. 4-6

Vorkommen und Alter:

Erstbeschreibung aus Hallstätter Kalken des Sommeraukogels (Österreich), Mittelnor

Hier abgebildete Exemplare:

Seefeld-Formation, Seefeld, südlich Reither Spitze (Proben R8, H34, H41).

Basis Plattenkalk, Grubigstein, Lermoos (Probe G7).

Material:

relativ häufig, 18 Exemplare

Archiv:

Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, Arbeitsmaterial Donofrio (1989–000).

Bemerkungen:

Für die Artabgrenzung, besonders gegenüber der *E. slovakensis*, ist der Verlauf der Hintercarina entscheidend. Diese trägt bei *E. postera* an ihrem Ende ein oder zwei Zähne, die kürzer sind als die vorhergehenden. Bei *E. slovakensis* enden sie abrupt und mau-

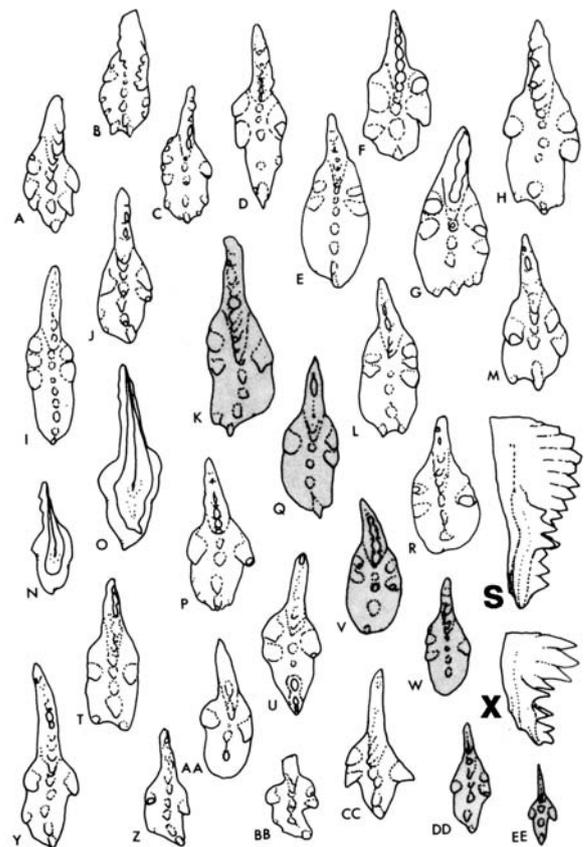


Abb. 7: Morphotypen-Reihen aus einer *Epigondolella postera* Population (nach Orchard, 1983). Balkenlänge: 1 mm. Vergleiche die Formen S und X mit Fig. 2 b in Taf. 1, und Fig. 1 a, 1 b in Taf. 3 dieser Arbeit.

erartig (Taf. I, Fig. 2b; Taf. III, Fig. 1a,b, Fig. 2A); siehe auch Kozur, 1989:403.

1991 c: 311 bemerkte Orchard, daß oft nur der Carina-Verlauf die beiden Formen charakterisiert, wörtlich: „The *E. slovakensis* population described by Budai and Kovacs (1986) includes elements that differ from *E. postera* only in the posteriorly precipitous blade.“

Der erste Conodonten-Horizont im Seefelder Profil, sowie der Conodonten-Horizont des Grubigsteinprofils lieferten *E. postera* Formen, die mehr dem Holotypus entsprechen. Der zweite und dritte Conodonten-Horizont des Seefelder Profils enthalten *E. postera*, die mehr den Paratypen entsprechen (siehe Kozur & Mostler 1971, Taf. 2. Fig. 5, 6, und Orchard 1983:187, Fig. 11 S, X), Abb. 7.

Epigondolella slovakensis (Kozur)

Taf. 2, Fig. 3–6, Taf. 3, Fig. 2–5, Taf. 4, Fig. 2, 3

- * 1972 *Metapolygnathus slovakensis* n.sp.
Kozur, S. 10, 11, Taf. 7, Fig. 23
- * 1986 *Metapolygnathus slovakensis* Kozur,
Budai & Kovacs, S. 185–187, Taf. I, Fig. 1–5,
Taf. II, Fig. 1–5

Vorkommen und Alter:

Holotypus aus dem slowakischen Karst, Maly Mlynsky Vrch, „oberhalb des letzten Vorkommens von *S. hernsteini*“, höheres Oberservat, Zlambach Schichten.

- 1986 Budai & Kovacs: sehr reiche monospezifische *E. slovakensis* Fauna; Rezi Dolomite Formation, Keszthely mts. Hungary, Alaun 2–3
- 1989 Kovacs & Nagy: monospezifische *E. slovakensis* Fauna, Feketehegy Limestone Formation, „Avicula Limestone“, Pilis Mts., Hungary - Alaun 3 - Sevat., Mittel-Obernor
- 1993 Amodeo et al., *E. slovakensis* mit *E. bidentata* (ohne Abb.), „Cherty Limestone“, Lagonegro Becken, S. Italien; O. Nor, Sevat.
- 1995 Roghi et al.: monospezifische, reiche *E. slovakensis* Fauna, Dolomia di Forni, Carnia, NE Italien. Mittelnor, Alaun 2–3
- 1999 Meço, S.: *E. slovakensis* mit *M. hernsteini* (schlecht erhaltenes Material); pelagische dünngeschichtete Kalke mit dazwischengeschalteten Chertlagen; Nordalbanien; Obernor; Sevat

Hier abgebildete Exemplare:

Seefeld-Formation; Seefeld, südlich Reither Spitze. Proben R8, H34, H38, H41/17; Plattenkalk, Grubigstein, Lermoos, Probe G7; Pötschenkalke, Pötschenpaßstrasse, Probe POXm; Hallstätter Kalke, Reingraben, Probe RDX 22;

Material:

über 500 Exemplare

Archiv:

Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, Arbeitsmaterial Donofrio (1989 – 2000).

Bemerkungen:

E. slovakensis wurde lange entweder völlig übersehen oder verschieden interpretiert.

So sieht Budurov (1997:93) ein Synonym von *E. postera*; Krystyn (1980:76) vermutet darin ein ontogenetisches Stadium von *E. abneptis*. Donofrio vermutet (in Poleschinski, 1989) im damals zur Verfügung stehenden Material die nahezu ganze Variationsbreite der Art *E. postera*, mit untergeordneten Elementen der Gruppe der *E. abneptis* und plädiert für eine Einstufung in das Mittelnor, Alaun 2–3.

Erst die Arbeit von Budai & Kovacs 1986, die auf einer sehr reichen Sammlung und guten fotografischen Dokumentation basiert, hat auf diese Art aufmerksam gemacht.

Die Conodonten-Fauna ist allerdings monospezifisch, was die biostratigraphische Einstufung erschwerte. Gestützt auf Vergleiche mit der Timor-Fauna (Krystyn, unveröff.) meinten die Autoren 1986:187, daß die abrupt endende Mittelcarina (Mauer-Carina) sich erst ab Alaun 3 (Macer-Ammoniten-Zone) entwickelt hätte; Übergangsformen zwischen *E. abneptis* und *E. slovakensis* wären im Alaun 1, erste Exemplare mit einer gradierten Mittelcarina im Alaun 2 anzutreffen.

Die vorliegende Arbeit beweist nun allerdings, daß adulte Formen von *E. slovakensis* bereits mit *E. postera* vorkommen und daher eindeutig für Alaun 2, Hogardi-Ammoniten-Zone sprechen.

Eine weitere monospezifische *E. slovakensis*-Fauna wird von Roghi et al., 1995 beschrieben. Hier wird der Versuch unternommen, mit unterschiedlichen Dimensionen der Plattform Biostratigraphie zu betreiben. Es wurden Länge und Breite der Plattform statistisch ausgewertet: im stratigraphisch Älteren sollen kleine

Formen (Länge 0,2 mm) biostratigraphisch der *E. postera* gleich gestellt werden; im stratigraphisch Jüngeren sollen längere (Länge 0,6 mm) und schlanke Formen mit *E. serrulata* (Orchard) korreliert werden. Dementsprechend erfolgte die Einstufung in das Alaun 2–3.

Das Seefelder Profil der vorliegenden Arbeit zeigt dagegen in allen drei Conodonten-Horizonten undifferenziert *E. slovakensis*-Formen, die eine Länge von 0,2 bis 0,6 (durchschnittlich 0,4 mm) bei sehr variabler Plattformbreite aufweisen.

Die hier beschriebene und ausgewertete Fauna besteht zwar in erster Linie aus *E. slovakensis*, sie tritt aber in Assoziation mit *E. postera* und *E. carinata* auf.

Eventuelle ontogenetische Stadien sind jedoch weder hier noch bei anderen *E. slovakensis* Vorkommen dokumentiert worden. Die Erklärung liegt in der Tatsache, daß das entscheidende Bestimmungsmerkmal dieser Art die Mittelcarina ist, d.h. die mauerartige Unterbrechung der Carina. Sobald die Carina anders verläuft, ist man gezwungen, darin andere Epigondolellen-Arten zu sehen. Es handelt sich hauptsächlich um *Epigondolella postera* und *E. carinata*.

Die Art *Epigondolella slovakensis* ist anscheinend das Resultat einer Carina-Adaption, die sich in sauerstoffarmem, eingeschränkten Milieu vollziehen konnte. Für diese Adaption prädestiniert waren offensichtlich nur jene Formen mit relativ hoher Carina, wie die Epigondolellen. Formen mit niedriger Carina, wie die Neogondolellen, konnten in diesem Milieu nicht existieren, keine einzige Neogondolella wurde in Seefeld gefunden.

Bei den bearbeiteten Conodonten, die in die *postera* Conodonten-Zone zu stellen sind, fehlt *Neogondolella steinbergensis*, die in dieser Zonierung reichlich zu erwarten wäre. Die relativ seltenen *postera*- und *carinata*-Arten sind als „Überbleibsel“ der oben genannten Adaption zu sehen.

Es wird hier die Arbeitshypothese vertreten, daß es sich bei *E. slovakensis* um eine sog. „Ökoform“ handelt. Allen bisher beschriebenen Massenvorkommen von *E. slovakensis* gemeinsam ist ein sauerstoffarmes, eingeschränktes Environment. Sowohl beim Rezi Dolomit Ungarns, dem Forni Dolomit NE-Italiens und der Seefeld-Formation handelt es sich um Ablagerungen in Intraplattformbecken des obertriassischen, passiven Kontinentalrandes der westlichen Tethys mit ein-

geschränkter Wasserzirkulation und dementsprechend reduzierenden Bedingungen am Sedimentboden. Mit dem anzunehmenden, geänderten Nahrungsangebot, könnte auch eine konstruktionsmorphologische Adaption der Fang- bzw. Zerkleinerungswerkzeuge erfolgt sein. Die mauerartige Umformung des Verlaufes der Carina erfolgte unter Beibehaltung der üblichen Merkmale der verdrängten Arten.

Dank

Wir danken herzlich Prof. Dr. Leopold Krystyn, Wien, für die zahlreichen profunden Diskussionen zur Obertriasstratigraphie und Frau Monika Tessadri-Wackerle für die mühevollen digitalen Zeichnungen der Abbildungen und die Bearbeitung der Fototafeln.

Literatur

- Amodeo, F., Molisso, F., Kozur, H., Marsella, E. & D'Argenio, B. (1993): Age of Transitional Beds from "Cherty Limestone" (calcarei con selce) to "Radiolarites" (scisti silicei) in the Lagonegro Domain (Southern Italy). First evidence of Rhaetian conodonts in peninsular Italy. *Boll. Serv. Geol. Ital.*, CX, (1991), 3–22, 2 Abb., 5 Taf. Rom.
- Brandner, R. & Poleschinski, W. (1986): Stratigraphie und Tektonik am Kalkalpensüdrand zwischen Zirl und Seefeld in Tirol. *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N.F. 68, 67–92, 12 Abb., Stuttgart.
- Budai, T. & Kovacs, S. (1986): A Rezi Dolomit Rétegtani Helyzete a Keszthelyi-Hegységben. *Mag. All. Földtani Intézet Ev. Jelent.*, v. 1984 (1986), 175–191, Budapest.
- Budurov, K. (1977): Revision of the Late Platform Conodonts. *Geologica Balcanica*, 7, 3, 31–48, Sofia.
- Donofrio, D., A. (1975): Mikrofaunistische Untersuchungen der Hallstätter Kalke in den Berchtesgadener Alpen. Unveröff. Diss., Universität Innsbruck, 162 S., 6 Taf., Innsbruck.
- Eisbacher, G., H. & Brandner, R. (1996): Superposed fold-thrust structures and high-angle faults, Northwestern Calcareous Alps, Austria. *Ecl. Geol. Helv.*, 89, 1, 553–571, Basel.
- Fruth, I. & Scherrek, R. (1982): Hauptdolomit (Norian) – stratigraphy, paleogeography and diagenesis. *Sedim. Geol.*, 32, 195–231, Amsterdam.
- Gaetani, M., Gnaccolini, M., Jadoul, F. & Garzanti, E. (1998): Multiorder sequence stratigraphy in the Triassic system of the western Southern Alps. In: Graciansky

- et al., Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins. SEPM, Spec. Publ. 60, 701–717, Tulsa.
- Gallet, Y., Besse, J., Krystyn, L., Marcoux, J. & Théveniaut, H. (1992): Magnetostratigraphy of the late Triassic Bolücektasi Tepe section (southwestern Turkey): implications for changes in magnetic reversal frequency. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 73, 85–108, Amsterdam.
- Gawlick, H.-J. & Böhm, F. (2000): Sequence and isotope stratigraphy of Late Triassic distal periplatform limestones from Northern Calcareous Alps (Kälberstein Quarry, Berchtesgaden Hallstatt Zone). *Int. J. Earth Sci.*, 89, 108–129, Berlin.
- Hopf, H., Thiel, V. & Reitner, J. (2001): An Example for Black Shale Development on a Carbonate Plattform (Late Triassic, Seefeld, Austria). *Facies*, 45, 203–210, 4 Abb., Erlangen.
- Kovács, S. & Nagy, G. (1989): A Pilis Hegység Aviculás és Halobiás Mészköösszletének Kora. *Mag. All. Földtani Intézet Év. Jelentése*, v. 1987 (1989), 95–129, Budapest.
- Kozur, H. (1972): Die Conodontengattung *Metapolygnathus* Hayashi 1968 und ihr stratigraphischer Wert. *Geol.-Paläont. Mitt. Innsbruck*, 2, 11, 1–37, Innsbruck.
- Kozur, H. (1989a): Significance of Events in Conodont Evolution for the Permian and Triassic Stratigraphy. *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg*, 117, 385–408, 1 Fig., 7 Taf., Frankfurt.
- Kozur, H. & Mostler, H. (1971): Probleme der Conodontenforschung in der Trias. *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 1, 1–19, Innsbruck.
- Köster, J., Wehner, H. & Hufnagel, H. (1988): Organic geochemistry and organic petrology of organic rich sediments within the „Hauptdolomit“ formation (Triassic, Norian) of the Northern Calcareous Alps. *Org. Geochem.*, 13, 1–3, 377–386, Paris.
- Krystyn, L. (1980): Triassic conodont localities of the Salzkammergut Region. *Abh. Geol. B.-A.*, 35, 61–98, 16 Abb., 4 Taf., Wien.
- Krystyn, L. & Wiedman, I. (1986): Ein *Choristoceras* Vorläufer aus dem Nor von Timor. *N.Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1, 27–37, 6 Abb., Stuttgart.
- Meço, S. (1999): Conodont Biostratigraphy of Triassic Pelagic Strata, Albania. *Riv. Ital. Paläont. Strat.*, 105, 2, 251–266, 3 Taf., Mailand.
- Mostler, H. (1978): Ein Beitrag zur Mikrofauna der Pötschenkalke an der Typuslokalität unter besonderer Berücksichtigung der Poriferenspiculae. *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 7, 1–28, Innsbruck.
- Orchard, M.J. (1983): *Epigondolella* populations and their phylogeny and zonation in the Upper Triassic. *Fossils and Strata*, 15, 177–192, Oslo.
- Orchard, M.J. (1991a): Upper Triassic conodont biochronology and new index species from the Canadian Cordillera. In: Orchard & A. D. McCracken (Hrsg.), *Ordovician to Triassic Conodont Paleontology of the Canadian Cordillera*. *Geol. Surv. Canada, Bull.* 417, 299–335, Ottawa.
- Poleschinski, W. (1989): Stratigraphie, Fazies und Sedimentologie der Seefelder Schichten im Raum Seefeld/Tirol. Ein potentielles Erdölmuttergestein aus dem Ober-Nor der Nördlichen Kalkalpen. Unveröff. Diss., Universität Innsbruck, 197 S., 8 Beil., Innsbruck.
- Roghi, G., Mietto, P. & Dalla Vecchia, F., M. (1995): Contribution to the Conodont Biostratigraphy of the Dolomia di Forni (Upper Triassic, Carnia, NE Italy). *Mem. Sci. Geol.*, 47, 125–133, 5 Abb., 1 Taf., Padua.
- Satterley, A., K. & Brandner, R. (1995): The genesis of Lofer cycles of the Dachstein Limestone, Northern Calcareous Alps, Austria. *Geol. Rdsch.*, 84, 287–292, Berlin.
- Scherreiks, r. (1971): Stratigraphie und Faziesentwicklung der Norischen Kalk-Dolomit-Folge (Hauptdolomit) der östlichen Lechtaler Alpen. Diss., Univ. München, 79 S., 17 Beil., München.
- Steininger, F., F. & Piller, W. (1999): Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg*, 209, 19 S., Frankfurt.
- Vail, P., R., Audemard, F., Bowman, S. A., Einser, P., N. & Perez-Cruz, C. (1991): The Stratigraphic Signatures of Tectonics, Eustasy and Sedimentology – an Overview. In: Einsele, G. et al. (Hrsgb.), *Cyclic and Events in Stratigraphy*, 617–659, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Zapfe, E. (1983): Das Forschungsprojekt „Triassic of the Tethys Realm“ (IGCP Proj. 4), Abschlußbericht. *Schriften. Erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss.*, 5, 7–16, Wien.

Adressen der Verfasser:

Univ.-Prof. Dr. Rainer Brandner, Dr. Donato Antonio Donofrio, Universität Innsbruck, Institut für Geologie und Paläontologie, Innrain 52, A-6020 Innsbruck; Dr. Werner Poleschinski, Trautmannstr. 4b, A-5020 Salzburg, dzt. INTERGEO, Salzburg

Tafel 1

- Fig. 1 *Epigondolella carinata* Orchard; Seefeld-Formation, Probe R8 (x 200); 1a-Seitenansicht; 1b – schräg von oben; 1c – Oberseite; 1d – Unterseite.
- Fig. 2 *Epigondolella postera* (Kozur & Mostler); Seefeld-Formation, Probe H34/1 (x 300); 2a – Unterseite; 2b – Seitenansicht; 2c – Oberseite
- Fig. 3 *Epigondolella postera* (Kozur & Mostler); Seefeld-Formation, Probe R8 (x 200); 3a – Unterseite; 3b – Oberseite; 3c – Seitenansicht

Tafel 2

- Fig. 1 *Epigondolella postera* (Kozur & Mostler); Seefeld-Formation, Probe H34/1 (x 300); 1a – Unterseite; 1b – Seitenansicht
- Fig. 2 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Seefeld-Formation; Probe R8 (x 200); 2a – Unterseite; 2b – Seitenansicht
- Fig. 3 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Seefeld-Formation; Probe H34/1 (x 150); 3a – Seitenansicht; 3b – Oberseite
- Fig. 4 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Seefeld-Formation; Probe H38/a (x 200)
4a – Oberseite; 4b – Unterseite; 4c – Seitenansicht
- Fig. 5 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Seefeld-Formation; Probe H34/1 (x 250); 5a – Seitenansicht; 5b – Oberseite; 5c – Unterseite
- Fig. 6 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Seefeld-Formation; Probe 38/b (x 300); 6a – Unterseite; 6b – Oberseite; 6c – Seitenansicht

Tafel 3

- Fig. 1 *Epigondolella postera* (Kozur & Mostler); Seefeld-Formation; Probe H41/17 (x250); 1a – Seitenansicht; 1b – schräg von oben; 1c – Oberseite; 1d – Unterseite
- Fig. 2 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Seefeld-Formation; Probe H41/17 (x 200); 2a – Seitenansicht; 2b – Oberseite; 2c – Unterseite
- Fig. 3 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Lermoos, Grubigstein; Probe G 7 (x 250); 3a – Seitenansicht; 3b – Unterseite; 3c – Oberseite
- Fig. 4 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Lermoos, Grubigstein; Probe G 7 (x 250); 4a – Seitenansicht; 4b – Oberseite; 4c – Unterseite
- Fig. 5 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Lermoos, Grubigstein; Probe G 7 (x 250); 5a – Oberseite; 5b – Seitenansicht

Tafel 4

- Fig. 1 *Epigondolella carinata* (Orchard); Hallstätter Kalke (Berchtesgadener Alpen); Probe R 5 (x 200); 1a – Seitenansicht; 1b – Oberseite; 1c – Unterseite
- Fig. 2 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Pötschenkalke (Pötschenpaßstraße) Probe POXm (x 200); 2a – Seitenansicht; 2b – schräg von oben; 2c – Unterseite
- Fig. 3 *Epigondolella slovakensis* (Kozur); Hallstätter Kalke (Reingraben); Probe RDX 22 (x 200)
- Fig. 4 *Heterastridium conglobatum* Reuss aus Bitumenmergeln der oberen Seefeld-Formation; Kaltwassergraben, 1840 m, SE Seefeld. Dünnschliffaufnahme, Balkenlänge 2 mm.

