

# **Sedimentologie und Mikrofazies des gebankten Dachsteinkalkes der Julischen Alpen Sloweniens (Obertrias)**

## **Sedimentology and microfacies of the bedded Dachstein limestone of the Julian Alps in Slovenia (Late Triassic)**

Von

Ute SATTLER & Jürgen SCHLAF

mit 1 Abbildung und 2 Tafeln  
with 1 figure and 2 plates

Schlüsselwörter:

*Obertrias*  
*Dachsteinkalk*  
*Loferer Zyklil*  
*Caliche*  
*Julische Alpen*

Keywords:

*Late Triassic*  
*Dachstein formation*  
*“Lofer” cyclothem*  
*Caliche*  
*Julian Alps*

Anschrift der Verfasser, addresses of the authors:

Mag. UTE SATTLER  
Institut für Geologie  
Universität Wien  
Althanstrasse 14  
A-1090 Wien  
Österreich.  
E-mail: a9100789@unet.univie.ac.at

Dr. JÜRGEN SCHLAF  
Schlumberger Geco-Prakla  
Bjergstedveien 1  
N-4001 Stavanger  
Norwegen.  
E-mail: juergen@stavanger.geco-prakla.slb.com

## Inhalt

Zusammenfassung, Abstract.....	110
1. Geographische Lage und Geologischer Rahmen.....	111
2. Mikrofazies und Sedimentologie.....	111
3. Environment.....	113
4. Diskussion.....	114
5. Schlußfolgerungen.....	115
Dank.....	115
Literatur.....	115

## Contents

Zusammenfassung, Abstract.....	110
1. Geographic and geological overview.....	111
2. Microfacies and Sedimentology.....	111
3. Environment.....	113
4. Discussion.....	114
5. Results.....	115
Acknowledgements.....	115
References.....	115

### Zusammenfassung

Der gebankte Dachsteinkalk im bearbeiteten Gebiet der Julischen Alpen NW Sloweniens wurde in peritidalem, lagunären Environment abgelagert. Wie auch in den Nördlichen Kalkalpen Österreichs zeigt er die von FISCHER (1964, 1975) beschriebene Loferer Zyklis. Im Bereich der Triglav-Nordwand erreicht er über 1000 m Mächtigkeit. Glied C des gebankten Dachsteinkalkes besteht aus 0.5 bis 3 m mächtigen Bänken. Mikrofazial handelt es sich überwiegend um peloidreiche Wackestones und Packstones und um Bindstones mit Onkoiden, die flaches Subtidal anzeigen. Glied B wird von 10 bis 30 cm mächtigen, meist dolomitischen, Bänken gebildet, die zwischen die Bänke von Glied C eingeschaltet sind. Dabei handelt es sich um Bindstones mit loferitischen Hohlräumen, wie sie typisch für intertidale Ablagerungen sind. Glied A des gebankten Dachsteinkalkes ist in den Julischen Alpen erheblich anders ausgebildet, als in den Nördlichen Kalkalpen. Das Charakteristikum des Gliedes A der Julischen Alpen sind Calichebildungen in Form von dezimeter-mächtigen Horizonten aus Krusten, Platten und Pisoiden. Calichebildungen sind aus den gebankten Dachsteinkalken der Nördlichen Kalkalpen nicht bekannt. Weiters sind (wie auch in den Nördlichen Kalkalpen) bunte Mergel zu beobachten, die als Hohlraum- und Spaltenfüllungen, in Form von Lagen und als Matrix von Brekzien auftreten.

Calichebildungen sind indikativ für arides bis semiarides Klima. Das häufige Vorkommen von Caliche in den Julischen Alpen weist darauf hin, daß sich diese zur Zeit der Obertrias unter arideren klimatischen Bedingungen befunden haben könnten als die Karbonatplattformen der Nördlichen Kalkalpen.

### Abstract

In the area investigated, bedded carbonates of the Dachsteinformation were deposited in a peritidal, lagoonal environment. They show "Lofer" cyclothems, just like the bedded limestones of the Dachsteinformation in the Northern Calcareous Alps of Austria, described by FISCHER (1964, 1975). In the northern face of Mt. Triglav, the bedded limestones of the Dachsteinformation crop out with a thickness of more than 1000 m. Member C of the "Lofer" cyclothem consists of 0.5 to 3 m thick beds of peloid-wackestones and packstones as well as onkoid-bindstones, all indicating shallow, subtidal environment. Member B consists of 10 to 30 cm thick beds of mostly dolomitic bindstones with loferitic pores. The beds of member B are intercalated with the beds of member C. Bindstones with loferitic pores indicate an intertidal environment. Whereas members C and B of the "Lofer" cyclothems in the Julian Alps have very similar microfacies to the equivalent members in the Northern Calcareous Alps, described by FISCHER (1964, 1975), member A shows major differences in microfacies. Member A of the "Lofer" cyclothems in the Julian Alps is very often developed as caliche-pisoids and crusts. Caliche has not been described from the Dachsteinformation of the Northern Calcareous Alps. Member A of the "Lofer" cyclothem of the Julian Alps, also shows red, green and brown marly sediment, comparable to those in the Northern Calcareous Alps.

Caliche indicates arid to semi-arid climates. The fact that caliche-pisoids and crusts dominate member A of the "Lofer" cyclothem of the Julian Alps whereas they are absent in the Northern Calcareous Alps might be explained by climatic differences: the carbonate platform of the Julian Alps could have been situated in a more arid position than the Northern calcareous Alps, during Late Triassic.

## 1. Geographische Lage und Geologischer Rahmen

Die bearbeiteten Dachsteinkalke befinden sich im Triglav-Nationalpark in den Julischen Alpen NW Sloweniens. Das Arbeitsgebiet umfasst den Nordostteil des Triglavmassivs am Ende des Vrata-Tals sowie das Gebiet des Kriski Podi. Im Einzelnen sind das die Triglav-Nordwand, die Gipfel Cmir, das Gebiet des Lukna-Sattels, die Gipfel Bovski Gamsovec, Stenar, Kriz, sowie das Gebiet um die Hütte Pogacnikov dom (s. Abb.1).

Im bearbeiteten Gebiet sind die Dachsteinkalke gebankt,

massig oder in Form eines progradierenden Plattformrandkomplexes mit 500 m mächtigen Hangklimoformen (SCHLAF et al. 1997) ausgebildet. Diese Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit Sedimentologie und Mikrofazies des gebankten Dachsteinkalks und geht nicht auf die Verbreitung der Dachsteinkalke ein. Die gebankten Dachsteinkalke verzahnen mit dem progradierenden Plattformrand, den sie überlagern. Es kann daher angenommen werden, daß sie zeitgleich beziehungsweise nach den Plattformrandkarbonaten abgelagert wurden. Der progradierende Plattformrandkomplex konnte mit Hilfe von Conodonten ins Nor (Lac 1/II) gestellt werden. Für den gebankten Dachsteinkalk der Julischen Alpen, wird hier norisches Alter angenommen.

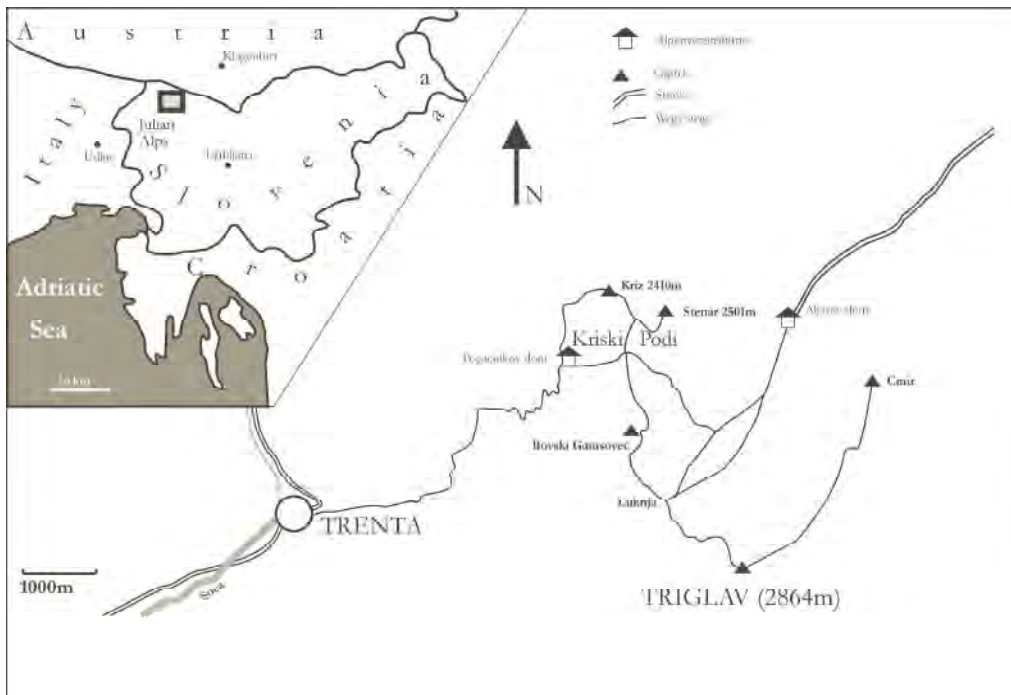


Abb.1: Geographische Lage des Arbeitsgebietes.

Fig. 1: Geographic position of the study area.

## 2. Mikrofazies und Sedimentologie

Der gebankte Dachsteinkalk der Julischen Alpen zeigt Loferer Zyklit. Wie auch in den Nördlichen Kalkalpen lassen sich die Glieder A, B, und C des Loferer Zyklithems unterscheiden, die in diesem Kapitel beschrieben werden.

### GLIED C DES GEBANKTEN DACHSTEINKALKES

#### Lithologie (Tafel 1, Fig. 4)

Glied C des gebankten Dachsteinkalks wird von 0.5 bis 3 m mächtigen Bänken aufgebaut, die intern ungeschichtet sind. Es überwiegen weiße bis hellgraue Wacke- bis Packstones, die sehr reich an Bioklasten sein können. Megalodontide Bivalven, die stets in Nestern angereichert sind, erreichen bis zu 20 cm Durchmesser. Auf der Gesteinsoberfläche befinden sich häufig runde Kalknollen, von bis zu 1 cm Durchmesser, die von dünnen Hornsteinhäutchen überzogen sind. Die Glieder B und C des gebankten Dachsteinkalkes werden von Spalten und Vugs durchsetzt, die

dem Glied A zugeordnet werden (Tafel 1, Fig. 4).

#### Mikrofazies

Es wurden im bearbeiteten Gebiet vier unterschiedliche Mikrofaziestypen unterschieden.

#### Mikrofaziestyp 1:

Wackestones mit Peloiden und feinkörnige Peloid-Packstones (Tafel 2, Fig. 1)

Es handelt sich dabei um ungeschichtete Wackestones, die in dicht gepackte, feine Peloid-Packstones übergehen. Die mikritischen Matrix läßt stellenweise erkennen, daß sie aus sehr dicht gepackten Peloiden besteht. Bei den Komponenten der Wackestones und Packstones überwiegen ebenfalls Peloiden.

Zum Teil handelt es sich bei den Peloiden um *fecal pellets* vom Typ *Parafavreina thronetensis* BRÖNIMANN. Daneben kommen Gastropoden, hyaline Foraminiferen, Echinoder-

menfragmente, Ostrakoden und nicht näher bestimmbare Schalen (fragmente) vor. Bei den hyalinen Foraminiferen überwiegen involutinide Formen, wie *Triasina hantkeni* MAJZON. Bei den Schalen kann man zwischen millimetergroßen, dicken Fragmenten und kleinen, dünnen, stark gebogenen Schälchen unterscheiden. Die Wacke- bis Packstones werden von zahlreichen Vugs durchsetzt, die dem Glied A zugeordnet werden.

#### Mikrofaziestyp 2:

##### Bindstones mit Onkoiden (Tafel 1, Fig. 1)

Charakteristisch für diesen Mikrofaziestyp sind Onkoide und große, mit Sparit verfüllte Hohlräume. Das Grundsediment ist ein peloidreicher Mikrit (Pelmikrit) mit wenigen Foraminiferen (überwiegend *Trochamina* sp.) und Ostrakoden.

Die Peloiden sind sphärisch bis elliptisch und zeigen randlich einen ausgeprägten Mikritsaum, der dunkler gefärbt ist als das Zentrum.

Die Onkoide können Durchmesser von über 1 cm aufweisen. Sie sind von stark mikritisierten, intern undeutlich laminierten Hüllen umgeben. Bei schwacher Mikritisierung kann man erkennen, daß die einzelnen Lamina aus feinkörnigen Peloiden aufgebaut sind. Die Kerne werden meist von büscheligen porostromaten Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella*, Bivalvenschalen oder peloidreichen Aggregaten des Grundsediments gebildet. Stellenweise sind schichtparallele, unregelmäßige, dünne (0.2-0.4 mm) Mikritlagen zu beobachten.

Die Hohlräume sind sphärisch bis laminoid und zeigen Durchmesser bis zu 1 cm. Intern sind sie mit equigranularem, drusigen Kalzitcement ausgefüllt. Vereinzelt sind lange, schichtparallel angeordnete, mit Zement verfüllte Spalten zu beobachten. Die Oberfläche dieser Spalten ist nicht glatt, sondern zeigt zahlreiche Unregelmäßigkeiten in Form von vorspringenden Sedimentteilen.

#### Mikrofaziestyp 3:

##### Biogenreiche Packstones (Tafel 1, Fig. 2)

Bei den Bioklasten dieses Mikrofaziestyps dominieren Algen (Dasycladaceen und porostromaten Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella*). Die Interpartikel Hohlräume sind mit einer Matrix, die aus feinen Peloiden und Mikrit besteht, oder mit kalzitischem Zement, ausgefüllt.

Neben den Algen setzen sich die Komponenten aus Foraminiferen (v. a.: Involutinida), verschiedenen Schalen sowie Peloiden und Rindenkörnern zusammen. Onkoide kommen vereinzelt vor.

#### Mikrofaziestyp 4:

##### Litho- und Bioklasten-Rudstones (Tafel 1, Fig. 3)

Die Litho- und Bioklasten erreichen bis zu 12 mm Durchmesser. Die Interpartikel Hohlräume sind vollständig mit Zement gefüllt.

Die Hohlräume sind tapetenartig mit feinkristallinem, bei-

gen Zement ausgekleidet. Die Hohlraumzentren größerer Hohlräume sind mit durchsichtigem, groben Sparit geschlossen. Kleine Hohlräume sind vollständig mit feinkristallinem, beige Zement ausgefüllt.

## **GLIED B DES GEBANKTEN DACHSTEINKALKES**

### **Lithologie**

Sedimente des Gliedes B des gebankten Dachsteinkalkes sind im Gelände als dünne (10-30 cm) Schichten zwischen den dezimeter- bis meter-mächtigen Bänken des Gliedes C eingeschaltet. Es handelt sich dabei um Loferite im Sinne von FISCHER (1964). Sie sind kalkig oder dolomitisch ausgebildet. Es überwiegen Dolomite, die im Gelände an ihrer hellen (weißen) Verwitterungsfarbe, und den zahlreichen loferitischen Hohlräumen erkennbar sind. Im frisch angeschlagenen Zustand haben sie beige-braune Farbe. Die zahlreichen loferitischen Hohlräume sind mit hellem Zement (Sparit) gefüllt, und heben sich deutlich vom umgebenden, beige-braunen Sediment ab.

### **Mikrofazies (Tafel 1, Fig. 5-8)**

Mikrofaziell handelt es sich bei Glied B um Bindstones mit loferitischen Hohlräumen unterschiedlicher Gestalt. Das Grundsediment besteht aus Mikriten bis Pelmikriten, die häufig dolomitisiert sind und von zahlreichen Hohlräumen, teils schichtparallel, durchzogen werden. Die Bindstones beinhalten büschelige, porostromate Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella*.

Die Hohlräume können rundliche, laminoide oder unregelmäßige Form haben. Sie sind schichtparallel, unregelmäßig oder senkrecht zur Schichtung angeordnet. Bei den laminoiden Fenstergefügen kann man zwischen LF-A- und LF-B-Typen nach MÜLLER-JUNGBLUTH & TOSCHEK (1969) unterscheiden. Die Hohlräume sind meist mit equigranularem, drusigen Kalzitcement ausgefüllt. Manchmal sind sie geopetal gefüllt. Die geopetalen Hohlraumfüllungen bestehen meist aus kryptokristallinem Kalzit, der bei stärkster Vergrößerung noch den detritischen Charakter des Sediments erkennen läßt. In einigen Fällen besteht die geopetale Füllung aus größeren, hellen Sparitpartikeln oder aus Mudstones mit vereinzelt Ostrakoden. Die geopetalen Hohlraumfüllungen kommen oft gemeinsam mit gravitativen Zementen an der Hohlraumdecke vor. Die Hohlraumwände sind meist durch einen dünnen, stark mikritischen Saum ausgekleidet.

Das Sediment ist zum Teil hochdetritisch (vor allem bei Karbonaten mit Fenstergefügen, vom Typ LF-B) und beinhaltet zahlreiche mikritische Partikel. Diese Mikritpartikel sind sphärisch oder länglich und zeigen Korngrößen von 0.1 mm bis 1 cm. Sphärische Partikel, die intern aus Peloiden und anderen Karbonatklasten bestehen, erinnern stark an Aggregatkörner oder Grapestones. Größere Aggregatkörner zeigen eine diffus laminare Randzone und werden daher als Onkoide i. w. S., bezeichnet.

Die Schichten des Gliedes B des gebankten Dachsteinkalkes sind fossilarm und zeigen eine sehr eingeschränkte Fauna.

Neben den porostromaten Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella* sind Ostrakoden, hyaline, agglutinierende und miliolide Foraminiferen, Gastropoden sowie Schalenfragmente zu beobachten.

## GLIED A DES GEBANKTEN DACHSTEINKALKES

### Lithologie und Mikrofazies

Glied A des gebankten Dachsteinkalks ist in den Julischen Alpen sehr vielfältig ausgebildet. Rote, grüne und braune Mergel kommen als zentimeter-mächtige Lagen, als Hohlraumfüllungen sowie als Matrix von dünnen, brekziösen Einschaltungen vor (wie auch bei FISCHER 1964, 1975). Die mergelgefüllten Hohlräume befinden sich überwiegend in den Karbonaten des Gliedes C, untergeordnet auch im Glied B. Das Glied A des gebankten Dachsteinkalks der Julischen Alpen ist aber auch durch Calichebildungen charakterisiert.

#### Mergel des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes (Tafel 2, Fig. 1)

Die Mergel haben rote, grüne oder braune Farbe. Mikrofazial handelt es sich um homogene Mudstones und Wackestones, in denen man doppelschalige Ostrakoden und einzelne, dünne, gebogene Schälchen findet.

Die Mergel bilden das Internsediment zahlreicher, unterschiedlicher Hohlräume, der Glieder C und B (seltener) des gebankten Dachsteinkalkes. Am auffälligsten sind die bis zu 20 cm großen Vugs am Bovski Gamsovec. Sie haben meist unregelmäßige Form und bilden im Gipfelbereich des Bovski Gamsovec ein Netz aus kommunizierenden Hohlräumen. Es gibt auch Horizonte mit schichtparallel angeordneten Vugs. Die Mergel sind geopetal in die Hohlräume eingefüllt. Die Resthohlräume sind mit mehreren Bändern aus beigem, radiaxial-fibrösem Zement ausgekleidet, der zum Hohlraumzentrum von durchsichtigem, radiaxial-fibrösem Zement abgelöst wird. Die Grenzen zwischen den einzelnen Zementbänder sind rot gesäumt (Drucklösung?). Einige Vugs sind vollständig mergel- andere vollständig zementgefüllt.

Die Mergel treten untergeordnet auch als zentimeter-mächtige Lagen und als Hohlraumfüllungen in loferitischen Hohlräumen des Gliedes B auf. Die loferitischen Hohlräume können durch Lösung erweitert sein.

#### Calichebildungen des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes (Tafel 2, Fig. 2-3)

Es werden allochthone und autochthone Calichebildungen unterschieden:

- autochthone Calichebildungen: Dabei handelt es sich um zentimeter-mächtige Bänke, die ausschließlich aus normal und invers gradierten Pisoidlagen bestehen. Mikrofazial handelt es sich um Pisoid-Rudstones. An den Decken der Interpartikelhohlräume der Rudstones befinden sich häufig gravitative Zemente. Diese Ze-

mente bestehen aus ähnlichen Kalzitlagen, wie die Hüllen der PISOIDE. Die Calichebänke sind eng mit unregelmäßigen Calichekrusten und Platten assoziiert, weshalb sie als autochthon betrachtet werden.

- Allochthone Calichebildungen: In einigen Bänken liegen die Calichepisoiden in geringerer Konzentration vor und sind nicht mit Calichekrusten und Platten assoziiert. Sie kommen auch in Sedimenten vor, die eindeutig marin gebildet wurden, und keine Anzeichen subaerischer Exposition zeigen.

Die PISOIDE sind meist größer als 2 mm und aus mehreren konzentrischen Lagen aufgebaut, die in der Regel aus feinkristallinem Kalzit bestehen. Dadurch bekommen die Lagen ein milchig-trübes Aussehen. Einige wenige Lagen bestehen aus grobkörnigen (Kristallgröße bis 0.8 mm) Dolomitrhomboedern. Im Gegensatz zu den feinkristallinen Lagen erscheinen die dolomitischen Lagen hell-durchscheinend. Die einzelnen Pisoidlagen sind immer wieder durch dünne (0.01 mm), dunkle Säume gegeneinander abgegrenzt. Die Mächtigkeit der Pisoidlagen schwankt, außerdem sind diese nicht immer streng konzentrisch, sondern verlieren sich oder stoßen an den Pisoidkern. Die Kerne werden von büscheligen, porostromaten Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella* oder von Pisoidbruchstücken gebildet.

#### Brekzien des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes (Tafel 1, Fig. 8)

Die Brekzien des Gliedes A sind komponentengestützt. Die Komponenten haben Millimeter- bis Zentimetergröße. Sie werden von bioklastischen Grainstones, peloidreichen Klasten und Klasten, die ausschließlich aus Zement bestehen, gebildet. Die Matrix wird von den bunten Mergeln des Gliedes A gebildet. Sie beinhaltet stellenweise dünne Schälchen (Ostrakoden?).

## 3. Environment

Bei **Glied C des gebankten Dachsteinkalkes** handelt es sich um Ablagerungen des flachen Subtidals. Während die Wacke- und Packstones von Mikrofaziestyp 1 aufgrund der dünnchaligen Fossilien (Ostrakoden, hyaline Foraminiferen) und des Mikritgehaltes niedrigerenergetischem Environment zugeordnet werden, zeigen die Litho- und Bioklasten-Rudstones von Mikrofaziestyp 4 deutlich höhere Wasserenergie an. Es kam bei deren Bildung zur Aufarbeitung und Umlagerung von bereits verfestigtem Sediment. Mikrit wurde vollständig ausgewaschen.

Die Bindstones mit Onkoiden von Mikrofaziestyp 2 des Gliedes C wurden in flachmarinen Tümpeln und Buchten mit eingeschränkter Zirkulation gebildet. Ein peloidreiches Grundsediment wurde hier von Algen durchsetzt und bewachsen.

Als Bildungsmilieu für Karbonate des **Gliedes B des gebankten Dachsteinkalkes**, die von loferitischen Hohlräumen durchsetzt sind kann man intertidale bis supratidale

Marinbereiche annehmen (FLÜGEL 1982). Fenstergefüge können auf Krypto-Algen-Gefüge, auf Schrumpfungerscheinungen oder auch auf Gas- und Wasserblasenbildung im Sediment zurrückgeführt werden (FLÜGEL 1982). Die Anwesenheit von porostromaten Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella* sowie, die mikritischen Hohlraumränder, lassen zumindest eine teilweise Entstehung der Hohlräume durch Algentätigkeit, sogenannte Krypto-Algen-Gefüge, vermuten.

Bei den Sparitpartikeln, die geopetal in Hohlräume der Sedimente des Gliedes B eingefüllt sind, handelt es sich um erodierte Hohlraumzemente, die gemeinsam mit den gravitativen Zementen an den Hohlraumdecken auf vadose Bedingungen weisen. Laminoide und senkrecht zur Schichtung verlaufende Hohlräume können als *sheet cracks* und *prism cracks* interpretiert werden, die durch Austrocknung entstanden sind.

Die Genese der mergelgefüllten Hohlräume des **Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes** kann man durch Lösungsvorgänge erklären (= Verkarstung). Horizonte mit schichtparallel verlaufenden Hohlräumen werden von FISCHER (1964) als Lösungserscheinungen entlang eines ehemaligen Süßwasser-Grundwasserspiegels interpretiert. Unterschiedliche Auffassungen gibt es bezüglich der bunten Mergel, die sowohl als Internsediment der Vugs als auch in Form dünner Lagen (sehr selten) vorkommen. Die bunten Mergel werden hier nur teilweise als Residualsediment von Paläobodenbildungen angesehen. FISCHER (1964) leitet die Herkunft der Mergel aus Emersionshorizonten ab, die sich unmittelbar im Hangenden der Vugs befinden. ENOS et al. (1998) zeigten, daß die Mergel aus viel höheren stratigraphischen Einheiten stammen können. Im bearbeiteten Gebiet wurden auch (wenn auch nur sehr selten und sehr geringmächtig ausgebildet) lateral beständige Mergellagen beobachtet, welche hier als Emersionshorizonte interpretiert werden. Man kann sich vorstellen, daß die Mergel in die Lösungshohlräume gespült wurden. Verbleibende Resthohlräume wurden mit mehreren Bändern aus submarinem Kalzitement geschlossen.

Die Brekzien entsprechen dem basalen Konglomerat von FISCHER (1964), beziehungsweise der Basalbrekzie von PILLER (1976).

Eine Besonderheit der Julische Alpen ist das Vorkommen von Calichebildungen im Glied A des gebankten Dachsteinkalkes. Es ist zu unterscheiden, ob die Pisoidvorkommen allochthon oder autochthon sind. Die Autochthonvorkommen zeigen an, daß Teile der Dachsteinkarbonatplattform trockengefallen sind, und daß es dadurch zur Bildung von karbonatischen Böden (= Caliche) gekommen ist. Die Bildung von Caliche ist an semiaride bis aride Klimate mit jährlichen Niederschlagsmengen von 100-500 mm gebunden (REEVES 1976, LEEDER 1982, BLATT & TRACY 1996). Jene Pisoide, die in Sedimenten vorkommen, die keinerlei Hinweise auf vadose Diagenese zeigen, können als allochthon gedeutet werden. Folglich wurden die Pisoide von ihrem Bildungsort, nämlich subaerisch exponierten Bereichen mit karbonatischer Bodenbildung, abgetragen und in subtidale Bereiche unterschiedlicher Fazies verfrachtet.

## 4. Diskussion

### Zyklische Sedimentation

Der Dachsteinkalk der Julischen Alpen wurde in peritidalem Environment abgelagert. Er setzt sich aus Karbonaten des flachen Subtidals (Glied C) und intertidalen Sedimenten (Glied B) zusammen, wobei das Subtidal die Hauptmasse des Gesteins bildet. Glied A des gebankten Dachsteinkalkes belegt, daß die Karbonatplattform subaerisch exponiert wurde. Der gebankte Dachsteinkalk der Julischen Alpen zeigt Loferyklotheme wie sie in zahlreichen Arbeiten aus unterschiedlichen Gebieten beschrieben wurden (u. a.: SANDER 1936, 1951, SCHWARZACHER 1948, 1951, FISCHER 1964, 1975, BOSSELLINI 1967, HAAS 1982, 1991, 1994, OGORELEC & ROTHE 1992, HAAS & BALOG 1995, SATTERLEY & BRANDNER 1995, ENOS et al. 1998). Für die Ausbildung zyklischer Sedimente werden für den Dachsteinkalk unterschiedliche Mechanismen vorgeschlagen. GOLDHAMMER et al. (1990), HAAS (1994) und REIJMER et al. (1994) gehen von allozyklischen, orbital gesteuerten Prozessen aus, die zum zyklischen Auftauchen und Überfluten der Karbonatplattform führten. SATTERLEY (1996) zeigte allerdings am Beispiel des Steinerenen Meers und des Hochkönig Massivs (Nördliche Kalkalpen), daß autochthone, sedimentäre Prozesse zur Ausbildung zyklischer Abfolgen führen können. Nach SATTERLEY (1996) wurde der gebankte Dachsteinkalk im Nordalpinen Raum in lagunärem Environment abgelagert. Das flache Subtidal wurde durch zahlreiche fleckenartig verteilte Supratidalbänke gegliedert. Durch laterale Akkretion und Migration der Supratidalbänke entstanden die Loferer Zyklen. Ein ähnliches tidal-flat island System erscheint auch für den gebankten Dachsteinkalk der Julischen Alpen wahrscheinlich, bedarf aber noch näherer Untersuchungen.

### Calichebildungen und ihre Aussagekraft für das Paläoklima

Glied C und Glied B des gebankten Dachsteinkalkes der Julischen Alpen zeigen kaum mikrofaziale Unterschiede zum gebankten Dachsteinkalk der Nördlichen Kalkalpen. Das Charakteristikum des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes der Julischen Alpen sind Calichebildungen in Form von Krusten, Platten und Pisoiden. Calichebildungen mit Pisoidhorizonten, treten in den Nördlichen Kalkalpen nie auf. Dort wird Glied A des gebankten Dachsteinkalkes meist von Basalbrekzien mit roten und grünen Mergeln (PILLER 1976, TOLLMANN 1976) gebildet.

Diese regional unterschiedliche Ausbildung des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes kann seine Ursache in der unterschiedlichen Art der subaerischen Verwitterung haben. Caliche entsteht als Produkt karbonatischer Bodenbildung in ariden bis semiariden Klimaten (WRIGHT 1994). Die roten und grünen Mergel, welche im Glied A des gebankten Dachsteinkalkes der Nördlichen Kalkalpen überwiegen, werden als Residualsedimente von Paläoböden eines humideren Klimas angesehen. Die unterschiedliche Ausbildung des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes der Julischen Alpen und der Nördlichen Kalkalpen weist dem-

nach auf unterschiedliche klimatische Bedingungen zur Zeit der Obertrias. Anzeichen für klimatische Unterschiede zwischen den Nördlichen Kalkalpen und den Julischen Alpen erscheinen bereits im Karn. Der hangende Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen zeigt Verkarstungserscheinungen, die im Zusammenhang mit einer großen Regression am Beginn der Reingrabener Wende stehen. Bearbeitete, karnische Profile in den Julischen Alpen zeigen keine Verkarstungen. Auch das Fehlen von Karst, während einer regressiven Phase wäre durch arideres Klima in den Julischen Alpen zu erklären.

## 5. Schlußfolgerung

Der gebankte Dachsteinkalk der Julischen Alpen zeigt Loferer Zyklus. Es handelt sich um peritidale Ablagerungen einer flachen Lagune. Während die Glieder B und C des Loferer Zyklus mit den von FISCHER (1964, 1975) beschriebenen Gliedern der Nördlichen Kalkalpen vergleichbar sind, zeigt Glied A in den Julischen Alpen eine regionale Besonderheit (Calichebildungen).

Unterschiede in der Verwitterung subaerisch exponierter Karbonatsedimente (Glieder A des Loferer Zyklus), in den Julischen Alpen und den Nördlichen Kalkalpen können Ausdruck für unterschiedliche paläoklimatische und paläogeographische Positionen dieser beiden Karbonat-areale sein. Die Julischen Alpen könnten demnach, zur Zeit der Obertrias in einem, gegenüber der Karbonatplattform der Nördlichen Kalkalpen, arideren Klimabereich situiert gewesen sein.

## Dank

Die Autoren danken L. Krystyn für die Bestimmung der Conodonten, H. Rice für die Korrektur des Abstracts, R. Lein und W.E. Piller für die Unterstützung bei der Dünnschliffauswertung und C. Stocker für die rasche Entwicklung der Dünnschliffbilder.

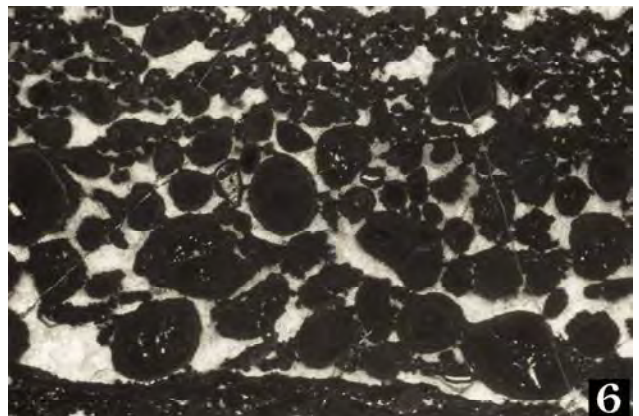
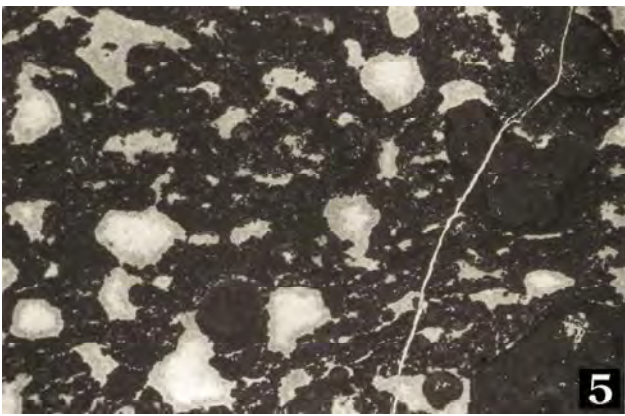
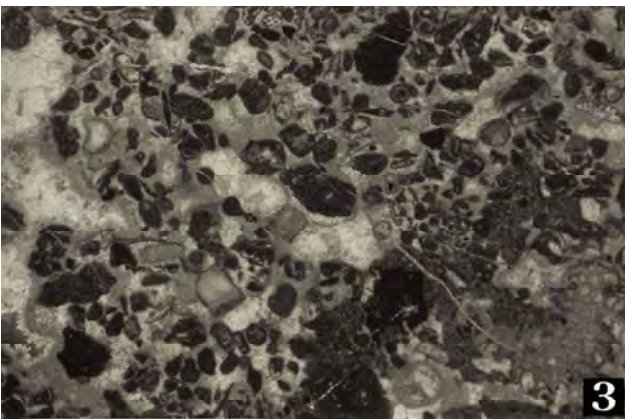
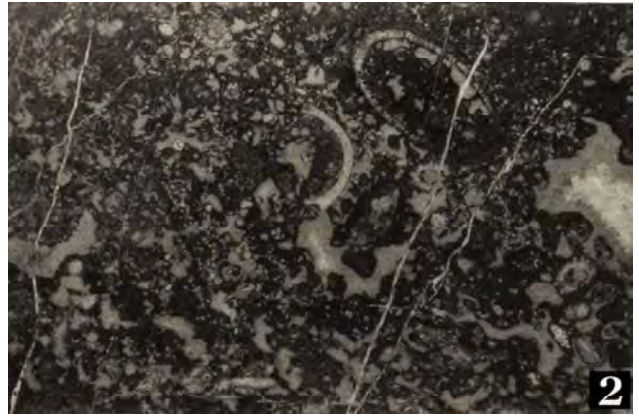
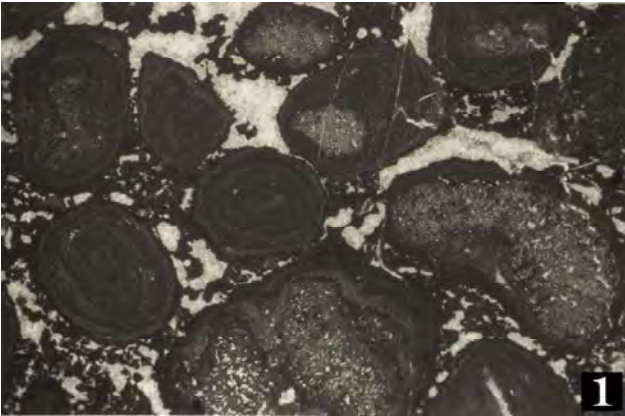
## Literatur

- BLATT, H. & TRACY, R.J. (1996): Petrology. - 1-529 (Freeman & Company) New York.
- BOSSELLINI, A. (1967): Torbiditi carbonatiche del Giurassico e loro significato geologico. - Ann. Univ. Ferrara, N.S., Sez. IX, Sci. Geol. Paleont., **4/8**: 101-115, Ferrara.
- ENOS, P., SAMANKASSOU, L. & SAMANKASSOU, E. (1998): Loferer Cyclothem Revisited (Late Triassic, Northern Alps, Austria). - Facies, **38**: 207-228, Erlangen.
- FISCHER, A.G. (1964): The Lofer Cyclothem of the Alpine Triassic. - Geol. Surv. Kansas Bull., **1969**, 107-149, Lawrence.
- FISCHER, A. G. (1975): Tidal Deposits, Dachsteinlimestone of the North Alpine Triassic. - (In: GINSBURG, R. N. (Ed.): Tidal deposits, a casebook of recent examples and fossil counterparts), 235-242, (Springer) New York.
- FLÜGEL, E. (1982): Microfacies Analysis of Limestones. - 1-633, (Springer) Berlin.
- HAAS, J. (1982): Facies analysis of the cyclic Dachstein Limestone Formation (Upper Triassic) in the Bakony Mountains Hungary. - Facies, **6**: 75-84, Erlangen.
- HAAS, J. (1991): A basic model for Lofer cycles. - (In: EINSELE, G., RICKEN, W. & SEILACHER, A. (Eds.): Cycles and events in stratigraphy), 397-424 (Springer) New York.
- HAAS, J. (1994): Lofer cycles of the Upper Triassic Dachstein platform in the Transdanubian Mid-Mountains, Hungary. - Int. Assoc. Sediment. Spec. Publ., **19**: 303- 322, Oxford.
- HAAS, J. & BALOG, A. (1995): Facies characteristics of the Lofer cycles in the Upper Triassic Dachstein platform in the Transdanubian Range, Hungary. - Acta Geologica Hungarica, **38** (1): 1-36, Budapest.
- LEEDER, M.R. (1982): Sedimentology. - 1-344, (Allen & Unwin) London.
- MÜLLER-JUNGBLUTH, W.U. & TOSCHEK, P.H. (1969): Karbonatsedimentologische Arbeitsgrundlagen (Begriffe, Erläuterungen, Hinweise). - Veröffentl. Univ. Innsbruck **8**, Alpenkundliche Studien, **4**: 32 S., Innsbruck.
- PILLER, W.E., (1976): Fazies und Lithostratigraphie des gebankten Dachsteinkalkes (Obertrias) am Nordrand des Toten Gebirges (S Grünau/Almtal, Oberösterreich). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **23**: 113-152, Wien.
- REEVES, C.C. (1976): Caliche. Origin, Classification, Morphology and Uses. - 1-233, (Estacado Books) Lubbock, Texas.
- SANDER, B. (1936): Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (Rhythmische Kalke und Dolomite aus der Trias). - Tscherms Min. Petrograph. Mitt., **48**: 27-139, Leipzig.
- SANDER, B. (1951): Einführung in die Gefügekunde geologischer Körper, 2.Teil. Die Korngefüge merkmale. - 1-409, (Springer) Wien-Innsbruck.
- SATTERLEY, A.K. & BRANDNER (1995): The genesis of Lofer cycles of the Dachstein Limestone, Northern Calcareous Alps, Austria. - Geol. Rundschau, **84**: 287-292, Berlin.
- SATTERLEY, A.K. (1996): Cyclic carbonate sedimentation in the Upper Triassic Dachsteinlimestone, Austria: The role of patterns of sediment supply and tectonics in a platform-reef-basin system. - J. Sed. Res., **66**: 307-323, Tulsa.
- SCHLAF, J., ZUSCHIN, M., PILLER, W. (1997): Origin and paleoenvironment of thick coquina accumulations on a Lower Norian (Upper Triassic) carbonate slope (Julian Alps, Slovenia). - Zbl. Geol. Paläont. Teil I, **7-9**: 1153-1166, Stuttgart.
- SCHWARZACHER, W. (1948): Über sedimentäre Rhythmik des Dachsteinkalkes am Lofer. - Verh. Geol. B.-A., **1947**, (Heft 10-12): 176-188, Wien.
- SCHWARZACHER, W. (1951): Die Grossrhythmik des Dachsteinkalkes von Lofer. - Tscherms Min. und Petr. Mitt., **4**: 44-54, Leipzig.
- TOLLMANN, A. (1976): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums; Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen. Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Band 2. - 1-580, (Deuticke) Wien.
- WRIGHT, V.P. (1994): Palaeosols in shallow marine carbonate sequences. - Earth-Science Rev., **35**: 367-395, Amsterdam.

## Tafel 1

- 1: Bindstone mit Onkoiden (Mikrofaziestyp 2 des Gliedes C des gebankten Dachsteinkalkes). Die Onkoide sind durch Sedimentstege aus Bindstones mit loferitischen Hohlräumen verbunden. Der Kern der Onkoide wird meist von porostromaten Blaugrünalgen oder Bivalvenschalen gebildet. Bildbreite: 2.5 cm.
  - 2: Biogener Packstone (Mikrofaziestyp 3 des Gliedes C des gebankten Dachsteinkalkes). Unter den Bioklasten dominieren Algen (Dasycladacea, rechts oben) und verschiedene Schalen. Die Interpartikelhohlräume sind hier mit 2 Zementgenerationen gefüllt. Bildbreite: 2.5 cm.
  - 3: Litho- und Bioklasten-Rudstone (Mikrofaziestyp 4 des Gliedes C des gebankten Dachsteinkalkes). Bildbreite: 2,5 cm.
  - 4: Gebankte Dachsteinkalke: Bovski Gamsovec/Julische Alpen.
  - 5: Bindstone mit rundlichen, loferitischen Hohlräumen (Glie B des gebankten Dachsteinkalkes). Dieses Gestein kann auch als birds eye limestone bezeichnet werden. Bei den großen Klasten handelt es sich um stark mikritisierte Fragmente von porostromaten Blaugrünalgen. Bildbreite: 2.5 cm.
  - 6: Bindstone mit Onkoiden (Glie B des gebankten Dachsteinkalkes). Die mikritischen Hüllen der Onkoide sind (undeutlich) erkennbar. Die Onkoide sind über Sedimentbrücken miteinander verbunden. Bildbreite: 2.5 cm.
  - 7: Bindstone mit loferitischen Hohlräumen und porostromaten Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella* (Glie B des gebankten Dachsteinkalkes). Die porostromaten Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella* befinden sich in Lebensstellung. Bildbreite: 2.5 cm.
  - 8: Bindstone mit schichtparallelen Hohlräumen (Glie B des gebankten Dachsteinkalkes). Neben den schichtparallelen Hohlräumen (*sheet cracks*), sind die Poren auch senkrecht zur Schichtung angeordnet (*prism cracks*). Zahlreiche *sheet cracks* sind geopetal mit Feinsediment gefüllt. Bildbreite: 2.5 cm.
- 
- 1: Bindstones with oncoids (microfaciestype 3 of member C of the "Lofer" cyclothem). Small sedimentbridges of loferitic bindstones connect the oncoids. Oncoid-centers consist of porostromate blue-green alga or bivalves. Size in width: 2.5 cm.
  - 2: Bioclastic Packstone (microfaciestype 3 of member C of the "Lofer" cyclothem). You can see Dasycladacea in the upper, right corner of the picture. Pores between the bioclasts are filled with two kinds of calcitic cement. Size in width: 2.5 cm.
  - 3: Rudstone with litho- and bioclasts (microfaciestype 3 of member C of the "Lofer" cyclothem"). Size in width: 2.5 cm.
  - 4: Bedded limestones of the Dachsteinformation: Bovski Gamsovec/Julian Alps.
  - 5: Bindstone with loferitic pores with round shapes = birds eye limestone (member B of the "Lofer" cyclothem"). The bigger clasts are porostromate blue-green alga, which are micritized. Size in width: 2.5 cm.
  - 6: Bindstone with oncoids. (member B of the "Lofer" cyclothem"). Oncoids consist of micritic envelopes and are connected to each other by bridges of sediment. Size in width: 2.5 cm.
  - 8: Bindstone with loferitic pores and in situ blue-green alga (*Cayeuxia/Ortonella*-type, of member B of the "Lofer" cyclothem"). Size in width: 2.5 cm.
  - 8: Bindstone with sheet cracks and prism cracks (member B of the "Lofer" cyclothem"). Sheet cracks have geopetal fillings of fine-grained sediment. Size in width: 2.5 cm.







## Tafel 2

- 1: Peloidaler Pack- bis Wackestone (Mikrofaziestyp 1 des Gliedes C des gebankten Dachsteinkalkes). Das Sediment des Gliedes C wird von Poren (vugs) durchsetzt, die geopetal mit Internsediment verfüllt sind, und dem Glied A des gebankten Dachsteinkalkes zugeschrieben werden. Das Internsediment besteht aus bunten Mergeln. Restporen sind mit radiaxial-fibrösem Zement ausgekleidet, die Hohlraumzentren sind mit Blockzement geschlossen. Bildbreite: 2.5 cm.
  - 2: Autochthone Psoide des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes. Die Psoide sind kalzitisch. Die Kerne sind meist Psoid-Fragmente. Die Hüllen sind nicht immer konzentrisch. Bildbreite: 1.5 cm.
  - 3: Allochthone Psoide des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes: Die Kerne sind meist porostromate Blaugrünalgen vom Typ *Cayeuxia/Ortonella*. Die kalzitischen Hüllen wechsellagern mit (grobkristallinen) dolomitischen Hüllen. Bildbreite: 2.5 cm.
  - 4: Breckzie des Gliedes A des gebankten Dachsteinkalkes mit roter, mergeliger Matrix. Bildbreite: 2.5 cm.
- 
- 1: Peloidal Pack- Wackestone (microfaciestype 3 of member C of the "Lofer" cyclothem). The sediment of member C includes vugs, which have geopetal fillings and are regarded as member A of the "Lofer" cyclothem. The fillings are red and brown marls. Remaining pores are closed with radiaxial-fibrous cement and blocky calcite. Size in width: 2.5 cm.
  - 2: Autochthonous Pisoids of member A of the "Lofer" cyclothem. Pisoids are calcitic. Centers consist of pisoid-fragments. Size in width: 1.5 cm.
  - 3: Allochthonous Pisoids (member A of the "Lofer" cyclothem): Pisoid centers are porostromat blue-green alga (*Cayeuxia/Ortonella-type*). Calcitic pisoid-envelopes are intercalated with dolomitic envelopes. Size in width: 2.5 cm.
  - 4: Breccia of member A of the "Lofer" cyclothem. The matrix of the breccia is a red, marly sediment. Size in width: 2.5 cm.

