



Eine weiße Kalkbank als Hinweis auf die Genese der Adneter Kalke (Pasillalm, Tirol)

PETER HAUSNER & WOLFRAM BLIND*)

4 Abbildungen

*Tirol
Karwendel
Jura
Stratigraphie
Sedimentologie
Adneter Kalk*

*Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 88, 119*

Inhalt

Zusammenfassung	209
Abstract	209
1. Einleitung	210
2. Geologischer Überblick	210
3. Pasillalm Member	210
3.1. Gesteinsbeschreibung und Vergleich mit den Adneter Knollenkalcken/-mergeln	210
3.2. Die Genese des Pasillalm Member und des Knollenkalks	211
Dank	213
Literatur	213

Zusammenfassung

Eine Kartierung der Östlichen Karwendelmulde südwestlich Achenkirch erbrachte neue Erkenntnisse zur Genese der Adneter Kalke.

Für den Bereich der Nördlichen Kalkalpen wird erstmalig eine weiße Kalkbank innerhalb der Adneter Kalke beschrieben. Sie wird formell als Pasillalm Member bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine 1 m mächtige, nur aus *Bositra alpina* bestehende, weiße Kalkbank. Sie bildet zwei großflächige Gesteinslinsen aus, welche die Knollenkalke/-mergel des Toarc in einen Hangend- und einen Liegend-Teil aufgliedern und gleichzeitig eine Faziesdifferenzierung innerhalb der Knollenkalke darstellen. Die lithologischen Grenzen zwischen dem Knollenkalk und der weißen Kalkbank sind scharf und dokumentieren einen abrupten Fazieswechsel.

Der Erhaltungszustand der weißen Kalkbank schließt aus, daß die Knollen in den „Knollen“-Mergeln durch Auflösung kompakter Kalkbänke entstanden sind. Gegen eine Auflösung sprechen aber vor allem gut erhaltene Ammonitensteinkerne, die in den „Knollen“-Mergeln gefunden wurden. Ihr Erhaltungszustand spricht dafür, daß sie zusammen mit den Knollen postdiagenetisch durch Rutschung von einem ursprünglich höher gelegenen Ablagerungsbereich in den tiefer gelegenen Mergelbereich eingesedimentiert wurden.

A White Limestone Layer and the Genesis of the Adnet Limestones (Pasillalm, Tyrol)

Abstract

A mapping of the Eastern Karwendel-syncline southwest of Achenkirch leads to new results concerning the genesis of the Adnet limestone.

For the area of the Northern Calcareous Alps a white limestone layer is first described inside the nodular limestone/-marls. The white limestone will be formally described as Pasillalm Member. It exclusively consists of *Bositra alpina* and represents a local lenticular event, which divides the nodular limestone/-marls in two parts. The lithological boundaries between the nodular limestone and the white limestone layer are marked by an abrupt change. The deposition of the Pasillalm Member shows a sedimentary interruption during the Toarcian. The state of preservation of the white limestone layer (Pasillalm Member) excludes the genesis of the nodular limestone/marl by solution of a compact limestone layer.

Well preserved ammonite cores which were found in the nodular marls are standing against a genesis by solution. Their state of preservation gives hints towards a post-diagenetic sedimentation of the nodules by sliding from an originally higher position to a deeper marl area.

*) Anschrift der Verfasser: Dipl.-Geol. PETER HAUSNER, Prof. Dr. WOLFRAM BLIND: Institut für Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Paläontologie, Justus-Liebig-Universität, Diezstraße 15, D-35390 Gießen.

1. Einleitung

In der Östlichen Karwendelmulde, SW' Achenkirch, ist eine lithologische Dreiteilung der Adneter Kalke zu beobachten. Es kann zwischen dick- und dünnbankigen Kalken sowie knolligen Kalken/-mergeln unterschieden werden. Die in den oberen Partien der Adneter Kalke deutlich erkennbare Knollenbildung ist auch in den dick- und dünnbankigen Rotkalken zu beobachten, jedoch sind dort die Komponenten stärker kompaktiert und treten daher als Bänke auf. Mit der vertikalen Zunahme der Knollenbildung ist gleichzeitig eine Zunahme des Tonanteiles zu verfolgen. Die normale Abfolge der Adneter Kalke wird im Bereich der Knollenkalke/-mergel durch das Auftreten der weißen, *Bositra alpina* führenden Kalkbank unterbrochen.

Zu beobachten sind die Gesteinslinsen einmal im Bereich des Jagdhauses auf der Pasillalm, zum anderen in einem Bachanriß nördlich der Lokalität Kaserstatt.

Die Entstehung der weißen Kalkbank ist deshalb so bemerkenswert, da sie die vorherrschenden Theorien der Genese der Knollenkalke fraglich erscheinen läßt, die entweder eine fleckenhafte Zementation oder spät- bzw. frühdiagenetische Lösungen annehmen.

2. Geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt auf dem Südflügel des östlichen Teils der Karwendelmulde, die als Ost-West verlaufende Syncline mit einer Länge von 25 km von Achenkirch nach Mittenwald verläuft. Sie gehört, ebenso wie die östlich gelegene Thierseemulde, der nördlich gelegene Schafreutersattel sowie der Karwendelsattel im Süden, der Lechtaldecke an. Diese stellt die tiefste aufgeschlossene Baueinheit des Karwendels dar. Nach HEISSEL (1978) folgt auf die Lechtaldecke die sogenannte Karwendelschuppenzone, die als Folge der Überfahung der Lechtaldecke durch die Inntaldecke anzusehen ist. Darüber folgt die schon erwähnte Inntaldecke als oberste Baueinheit. Im Bereich des Untersuchungsgebietes ist der Südflügel der Karwendelmulde durch eine tektonisch bedingte, großzügige Bruchstruktur gekennzeichnet (Hochklappen des östlichen Bereiches des Südflügels).

Die aufgeschlossene stratigraphische Abfolge reicht vom Nor bis in die Unterkreide.

Nach NAGEL (1975) setzt mit Beginn des mittleren Alb schon eine erkennbare, engständige Faltung ein, die sich im oberen Alb fortsetzt, wobei es sogar zu Überschiebungen kommt. In diesen Zusammenhang stellt NAGEL (1975) auch die Entstehung der Umbieggesturktur des Südflügels im Bereich des Seebergkomplexes. Thiersee- und Karwendelmulde werden von NAGEL et al. (1976) als zwei selbstständige Synklinen angesehen. Die Tek-

tonik im Raum Achenkirch sieht er als Folge der Ost-West Bewegung des Unnützes im Alb.

CHANELL et al. (1990) erklären die regionale Tektonik hingegen als Folge der Öffnung eines pull-apart-Beckens, welches schon im Jura angelegt sein soll.

3. Pasillalm Member

3.1. Gesteinsbeschreibung und Vergleich mit den Adneter Knollenkalken/-mergeln

Die weiße Kalkbank zeichnet sich durch eine gute Verwitterungsbeständigkeit aus und hebt sich dadurch, nicht nur aufgrund der Farbe, deutlich von den Adneter Knollenkalken/-mergeln ab. Sie erscheint makroskopisch als eine kompakte, weiße Kalkbank mit einer Bankmächtigkeit von 1 m und einer lateralen Ausdehnung von linear 500 m bis 700 m. Die Wechsel zu den Knollenkalken/-mergeln sind scharfe lithologische Grenzen, die auch durch den mikroskopischen Befund deutlich zu erkennen sind. Unter dem Mikroskop zeigt die weiße Kalkbank stark rekristallisierte Filamente von *Bositra alpina*. Bei *Bositra alpina* handelt es sich um eine pelagische Muschelart, die ein gehäuftes Vorkommen im Toarc zeigt (BÖHM, 1992). Diese Muschelfilamente bauen die gesamte Bank auf. Eine Matrix ist nicht vorhanden, lediglich einige Sparitkristalle, die jedoch nicht als Matrix anzusprechen sind, sondern im Rahmen der Zementation auskristallisiert sein dürften.

Die folgende Aufstellung verdeutlicht den lithologischen Unterschied zwischen den roten Adneter Knollenkalken/-mergeln und der Kalkbank:

	„Rote Fazies“	„Weiße Fazies“
Bankmächtigkeit	< 20 cm	100 cm
Gefüge	knollig	massig
Farbe	rot	weiß
Fossilien (wichtigste Formen)	<i>Bositra alpina</i> Ammonoideen Bivalven Trochiten	<i>Bositra alpina</i>
Matrix	tonig-mikritisch	fehlt
Lagerungsverhältnisse von <i>Bositra alpina</i>	nicht eingeregelt	beginnende Einregelung

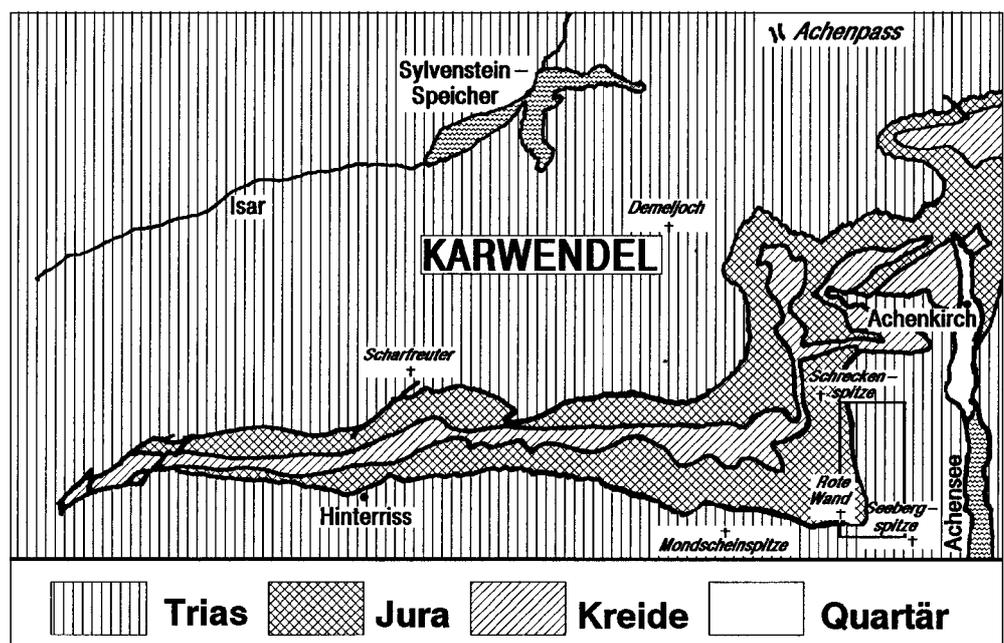


Abb. 1. Geologie der Östlichen Karwendelmulde.

3.2. Die Genese des Pasillalm Member und des Knollenkalks

Da es sich um ein bisher unbekannt gebliebenes biotratonomisches Phänomen handelt und dies zudem noch Hinweise auf die Knollenkalkgenese geben kann, erscheint es notwendig, auf die mögliche Genese der beiden Bositra-Vorkommen einzugehen.

Für die Analyse erscheint wichtig, daß beide Vorkommen lokal beschränkt sind: einmal auf den Bereich des Jagdhauses (westlich der Pasillalm) und auf den Bereich der Kaserstatt. Nach den Aufschlußverhältnissen zu urteilen, handelt es sich um zwei isolierte Vorkommen. Beide Vorkommen sind dem oberen, stark mergeligen Abschnitt der Adneter Kalke eingelagert, so daß von einer zeitgleichen Sedimentation ausgegangen werden kann. Für die Beurteilung der Genese der Bositrakalke erscheint weiterhin wichtig, daß sie einer dünnlagigen (5–7 cm) „Knollen“-Mergelfolge eingeschaltet sind, wobei der Mergelanteil deutlich überwiegt. In diese Mergelbänke sind vergleichsweise wenig Kalkknollen eingelagert.

Wichtig erscheint auch, daß die Bositrabänke einer feinschichtigen, dunkelrot eingefärbten Mergelfolge zwischengelagert sind, die eine gewisse Sedimentationsrhythmik erkennen läßt.

Dieser feinschichtigen Folge steht also an zwei Stellen eine bis 1 m mächtige, absolut weiße, dichte, ebenflächige Kalkbank gegenüber. Beide Kalkbänke sind absolut frei von Ton- und Eisenmineralen, selbst in den Grenzbereichen sind solche nicht zu beobachten, so daß von einem abrupten Fazieswechsel gesprochen werden kann. Dünnschliffuntersuchungen haben ergeben, daß die gesamten Bänke aus unzähligen Bositraschälchen bestehen, die vorwiegend schichtparallel eingeregelt sind (Abb. 3 und 4). Das Gestein erscheint homogen und zeigt weder Fremdgesteinskomponenten noch irgendwelche Lösungserscheinungen.

Bezogen auf den Gesamtverband liegt also ein abrupt erscheinender Fazieswechsel vor: die terrigenklastische Sedimentation ist von einer biogenklastischen unterbrochen worden. Zieht man die Dicke und die lineare Ausdehnung der Bositrabank (mindestens 500 m) am Jagdhaus und die Größe der Muschelschälchen in Betracht, so wird deutlich, daß hier eine ungeheuer groß erscheinende Masse zusammengekommen sein muß. Bei der pelagischen Lebensweise dieser Muschelart kann es sich entweder nur um eine Zusammenschwemmung großen Ausmaßes



Abb. 2.
Dünnschliffbild des Knollenkalkes/-mergels des Toarc.
In einer mikritischen Matrix liegen Filamente der Muschel *Bositra alpina*,
Bach Jagdhaus, Probe Nr. 23; x30.

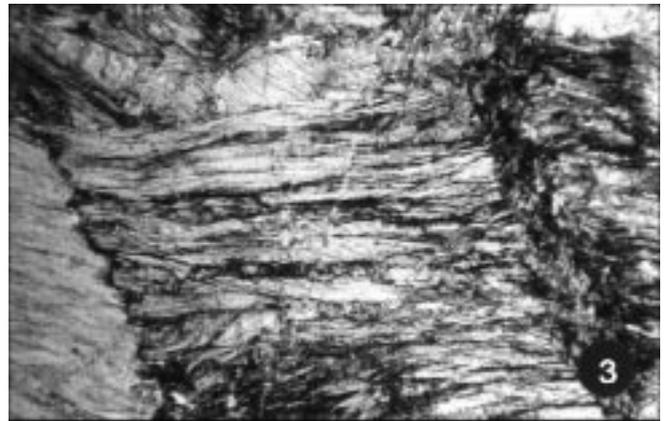


Abb. 3.
Dünnschliffbild der weißen Kalkbank.
Deutlich ist die Dominanz von *Bositra alpina* zu sehen
Bachanriß Kaserstatt, Probe Nr. 79; x30.

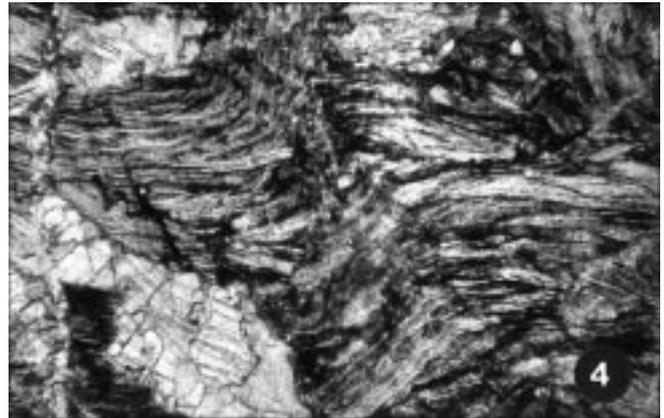


Abb. 4.
Dünnschliffbild der weißen Kalkbank.
Bachanriß Kaserstatt, Probe Nr. 79; x30.

gehandelt haben, oder aber die tonige Matrix ist ausgeschwemmt worden, so daß die Schälchen als eine etwas schwerere Fraktion sekundär angereichert wurden.

Hinsichtlich dieser beiden Möglichkeiten ist bemerkenswert, daß keinerlei Fremdpartikel miteingeschwemmt wurden. Die Beobachtung, daß die unter und über den Bositrabänken vorkommenden Knollenmergelfolgen gleich ausgebildet sind, deutet darauf hin, daß die Bositrabänke nur jeweils eine Sedimentationsunterbrechung darstellen und sich die Sedimentationsverhältnisse nur kurzzeitig geändert hatten. Zu denken ist an veränderte Strömungsverhältnisse, vielleicht sogar an ein Sturmflutereignis, obwohl gerade dieses zu einer Aufschlammung einer tonigen Trübe geführt haben müßte. Andererseits ist nur schwer vorstellbar, daß bei Ausschwemmung der tonigen Matrix auch das letzte Ton- und auch Eisenmineral (Goethit) wegtransportiert wurde. Tatsache ist, daß sich beide Bositrabänke als rein weißes Gestein, ohne auch nur die geringste Einfärbung, präsentieren. Aufgrund dieser Gegebenheiten können die beiden Bositrabänke nur durch Zusammenschwemmung im offenen Wasser mit anschließend rascher Sedimentation entstanden sein.

Die massenhafte Ansammlung der Bositraschälchen bleibt ein Phänomen. Andererseits kann sie Hinweise auf die Entstehung der Knollenkalke und -mergel geben.

Bekanntermaßen steht zur Diskussion, ob die Knollenbildung durch submarine Kalklösung (Subsolution) vor sich gegangen ist, wie sie HOLLMANN (1962) erklärt, wobei

in der Anfangsphase ein Netz von Vertiefungen und Erhöhungen entstanden sein soll, bis schließlich nur noch Knollen übrig blieben.

Ein weiteres Lösungsmodell, allerdings verursacht durch Druck, wurde von BATHURST (1987) vorgestellt. Er sieht die Knollenbildung als Folge einer frühdiagenetisch ablaufenden Drucklösung; dabei soll es zur Trennung von Ton und Kalk kommen. Auch BÖHM (1992) hält eine frühdiagenetische Entstehung der Knollenkalke für am wahrscheinlichsten. Im Gegensatz zu HOLLMANN führt eine Übersättigung der Bodenströmung mit Calcium- und Karbonationen zu einer Diffusion in das Sediment und dadurch zur Ausfällung von Knollen. Bei schwacher Sedimentation soll es zu einer fleckhaften Zementation, bei verstärkter Sedimentation jedoch zur Bildung von knollenfreien Kalken kommen. Bei großer Auflast soll eine Überprägung durch Drucklösung erfolgen.

WANLESS (1979) sieht in den in Knollen erhaltenen Gesteinsfragmenten einen Hinweis auf eine spätdiagenetische Entstehung, wobei die Anreicherung von Ton in fiederartigen Lösungssäumen, „solution seams“, erfolgen soll.

Eine dritte Möglichkeit erwähnt SEYFRIED (1978) nach Beobachtungen im Jura von Murcia. Durch Abrutschen kommt es zum Bruch von teilweise verfestigten Kalkbänken. Diese Möglichkeit der Entstehung bestätigten COURDRAY & MICHEL (1981) mittels experimentell erzeugter Knollengefüge.

Schließlich sei noch BORN (1921) erwähnt, der das Knollengefüge als Folge einer tektonischen Durchbewegung sieht.

Da die Bositrabänke nun aber keinerlei Lösungserscheinungen zeigen, weder im Innenbereich noch vor allem an ihren Oberseiten, scheidet die Entstehung der Knollen durch Subsolution aus. Bei entsprechenden eH- und pH-Verhältnissen hätte die aus Aragonitschalen zusammengesetzte Oberfläche entsprechend angelöst sein müssen, sie hätten gar nicht zur Ablagerung kommen dürfen. Die Möglichkeit, daß sich die physiko-chemischen Bedingungen kurzzeitig so geändert haben, ist eher unwahrscheinlich, denn das der Bositrabank direkt auflagernde Sediment zeigt einen ebenso schichtigen Aufbau, dieselbe Einfärbung und Zusammensetzung, welche exakt der liegenden Folge entspricht. Daraus resultierend sind die sedimentologischen Parameter gleich geblieben.

Ausgehend von der Beobachtung, daß die Bositrabank in ihrem Innengefüge keinerlei Lösungserscheinungen zeigt, kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß auch die Theorie der Drucklösung hinsichtlich der Knollenbildung mit einem Fragezeichen zu versehen ist. Die in diesem oberen Abschnitt vorliegende, vorwiegend mergelige Abfolge mit relativ wenigen Knollen würde hinsichtlich ihrer Entstehung durch Auflösung ursprünglich kalkiger Folgen (Subsolution) bedeuten, daß große Mengen an Calciumkarbonat aufgelöst worden sind. Bei einem Tonmineralanteil von ca. 5–7 % wäre dies die Größenordnung von ca. 100 m Kalkgestein.

Gegen sämtliche Lösungserscheinungen sprechen aber im besonderen die Fossilfunde. Nicht selten sind von den Verfassern selbst vollständig körperlich erhaltene Ammonitensteinkerne der verschiedensten Größen gefunden worden. Mehrere Exemplare der Gattung *Hildoceras* sowie ein großwüchsiger Nautilus zeigen so gut wie keine Lösungserscheinung, die Berippung, selbst der feine Kiel, sind erhalten. Die Steinkerne sind hart, bestehen aus hellrot eingefärbtem Calciumkarbonat und entsprechen darin

den Knollen. Diese, und damit auch die Ammonitensteinkerne, heben sich lithologisch sehr deutlich von den dunkelrot eingefärbten Mergeln ab.

Weshalb sind ausgerechnet sie in ihrer ursprünglichen Form und Größe erhalten geblieben, weshalb sollte die Hauptmasse des Kalkes, bis auf die Knollen, aufgelöst worden sein? Der gute Erhaltungszustand der Ammonitensteinkerne spricht dafür, daß sich in dem sie umgebenden tonig-mergeligen Sediment keine wesentlichen Veränderungen im Sinne von Lösungen vollzogen haben. Weshalb sollten sie als Großkomponenten erhalten geblieben sein, wohingegen die Gerölle meist nur halb so groß oder kleiner sind?

Hinsichtlich der Entstehung der Knollenkalke bzw. der Herkunft der Knollen und damit auch der Ammoniten ist die folgende Beobachtung von Bedeutung. Gefunden wurde auch ein großwüchsiger, im Durchmesser ca. 20 cm messender Nautilus, der senkrecht zur Schichtung eingebettet war. Der Regelfall ist, daß Ammonitengehäuse schichtparallel zur Ablagerung kommen und so auch fossilisieren. Die Tatsache, daß dieser Nautilus-Steinkern gewissermaßen stehend eingebettet wurde, spricht dafür, daß er nach Aushärtung der Steinkernfüllung noch einmal transportiert wurde. Er muß von seiner primären Lagerstätte in seine sekundäre gerollt sein, wo er in dem noch unverfestigten Sediment stecken geblieben ist.

Diese Beobachtungen, zusammen mit den gut erhaltenen *Hildoceras*-Steinkernen, sprechen dafür, daß auch die anderen Komponenten – Knollen – transportiert wurden. Sie sind an einem anderen, höher gelegenen Ort diagenetisch soweit verfestigt, daß eine Zerlegung möglich war.

Wie sind die Komponenten entstanden? Hier vielleicht durch Lösung? Durch Druck- oder pH-Wert-Verschiebung? Der Erhaltungszustand der Ammoniten schließt diese Möglichkeiten auch hier aus.

In Frage kommt, in Anbetracht der dargelegten Beobachtungen, eine syn- oder postdiagenetische Bruchzerlegung entweder durch eine tektonische Beanspruchung, oder aber durch Abrutschen auf einer geneigten Unterlage. Ein solcher Einfluß ist mit Beginn des Jura durch die Riff-, Schwellen- und Beckenbildungen durchaus gegeben gewesen.

Für die Entstehung der hier vorgestellten „Knollen“-Mergelfolge bedeutet dies, daß in das primär mergelige Ausgangssediment von einem höher gelegenen Liefergebiet Knollen und eben auch Ammonitensteinkerne eingesedimentiert wurden. Die ausgeprägte Feinschichtung spricht für eine ruhige Tonsedimentation, die durch oolithische Einschüttungen ergänzt wurde. Diese ruhige Sedimentation wurde lokal nur dort unterbrochen, wo die Bositrabänke zur Ablagerung kamen.

Wenn der obere Abschnitt der Adneter-Kalke, wie beschrieben, als „Knollen“-Mergel-Folge mit einem hohem Anteil an Ton ausgebildet ist, so trifft dies für den unteren Abschnitt nicht zu. Hier überwiegen die Kalk-Knollen, die sehr viel dichter gepackt zu dickeren (10–12 cm) Bänken zusammengefügt sind. Die einzelnen Knollen sind durch mehr oder weniger dicke (0–3 mm) ausgebildete Tonsäume umhüllt, können aber auch in direktem Kontakt miteinander stehen. In diesem Fall zeigt sich sehr häufig eine stylolitische Verzahnung, dort wo Tonsäume ausgebildet sind, sind oberflächliche Lösungserscheinungen zu beobachten. An- und Dünnschliffuntersuchungen haben ergeben, daß sich selbst die im Nahbereich liegenden Knollen, sei es durch einen unterschiedlichen Fossilinhalt, sei es durch Einfärbung, deutlich unterscheiden. Die Schichtung dieser kompakt und bankig erscheinenden

Liegendserie wird durch 2–5 mm dicke Tonzwischenmittel hervorgerufen.

Hinsichtlich der Genese auch dieser Knollenkalke bzw. der Genese der Knollen gibt es ebenfalls Hinweise. Im Bereich des Jagdhauses, nahe der Pasillalm, sind diesen Knollenkalcken dickbankige Crinoidenschuttkalke zwischengelagert. Sie sind auch ebenflächig und zeigen weder intern noch auf ihrer Oberfläche Lösungsspuren. Sie sind darin den Bositrabänken vergleichbar, und schließen damit eine in-situ-Entstehung der Knollen aus.

Obwohl nicht im Bereich der östlichen Karwendelmulde sondern am Breitenberg (Wolfgangsee) beobachtet, soll auf eine reichhaltige Ammonitenfauna hingewiesen werden, die dort bevorzugt auf den Schichtflächen vorkommt. Es handelt sich um zum Teil sehr großwüchsige Arnioceraten (Durchmesser bis 12 cm), die auf ihrer der Bank zugewandten Unterseite vollständig mit Rippen und Kiel erhalten, auf der der Schichtfuge zugewandten Oberseite aber angelöst sind. Diese gut erhaltenen Ammonitensteinkerne wären bei jeglicher Art von Lösung in dieser Form nicht erhalten geblieben. Auch sie sprechen dafür, daß sowohl sie selbst wie auch die Kalkknollen auf sekundärer Lagerstätte liegen. Sie entsprechen hinsichtlich ihrer Entstehung den Knollen der oberen „Knollen“-Mergel.

Dank

Die vorliegende Arbeit ist Teil einer Diplomarbeit und -kartierung, welche am Institut für Angewandte Geowissenschaften – Fachgebiet Paläontologie – erstellt wurde. Für die Betreuung und die teilweise kontrovers geführten Diskussionen sei an dieser Stelle Prof. Dr. W. BLIND gedankt. Für weiterführende Diskussionen gilt mein Dank den Drs. J. BLAU und H. STOCK sowie Dipl.-Geol. T. SCHMIDT.

Literatur

- BATHURST, R.G.: Diagenetically enhanced bedding in argillaceous platform limestones: stratified cementation and selective compaction. – *Sedimentology*, **34**, 749–778, Amsterdam 1987.
- BÖHM, F.: Mikrofazies und Ablagerungsmilieu des Lias und Dogger der Nordöstlichen Kalkalpen. – *Erlanger geol. Abh.*, **121**, 57–217, Erlangen 1992.
- BORN, A.: Zum Thema Kramenzelkalk. – *Geol. Rdsch.*, **12**, 343–345, Stuttgart 1921.

- COUDRAY, J. & MICHEL, D.: Analyse sedimentologique des “Calcaires Noduleux” qui encadrent les Radiolarites du Dinantien de la Montagne Noire (France) et apport des données expérimentales à la compréhension et leur genese. – In: FARINACI, A. & ELMI, S. (eds.): *Rosso Ammonitico Symp. Proc.*, 149–167, Roma 1981.
- CHANELL, J.E.T., BRANDNER, R., SPIELER, A. & SMATHERS, N.P.: Mesozoic paleogeography of the Northern Calcareous Alps – Evidence from paleomagnetism and facies analysis. – *Geology*, **18**, 828–831, 1990.
- FABRICIUS, F.: Beckensedimentation und Riffbildung an der Wende Trias/Jura in den Bayerisch-Tiroler Kalkalpen. – *Int. Sed. Petr. Ser.*, **9**, 143 S., Leiden 1966.
- FLÜGEL, E.: Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. – 454 S., Berlin 1978.
- HEISSEL, G.: Karwendel – Geologischer Bau und Versuch einer tektonischen Rückformung. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, Festschrift W. HEISSEL*, **8**, 227–288, Innsbruck 1978.
- HOLLMANN, R.: Über Subsolution und die „Knollenkalke“ des Calcare Ammonitico Rosso Superiore im Monte Baldo (Malm; Norditalien). – *N. Jb. Geol. Pal. Mh.*, 163–179, Stuttgart 1962.
- HOLLMANN, R.: Subsolutionsfragmente. – *N. Jb. Geol. Pal. Abh.*, **119**, 1, 22–82, Stuttgart 1964.
- JURGAN, H.: Sedimentologie des Lias der Berchtesgadener Kalkalpen. – *Geol. Rdsch.*, **58**, 464–501, Stuttgart 1969.
- NAGEL, K.-H.: Der Bau der Thiersee- und der Karwendelmulde (Tirol) interpretiert mit Hilfe statistischer Verfahren. – *Geotekt. Forsch.*, **48**, 1–136, Stuttgart 1975.
- NAGEL, K.H., SCHÜTZ, K.-I., SCHÜTZ, S., WILMERS, W. & ZEIL, W.: Die geodynamische Entwicklung der Thiersee- und der Karwendelmulde (Nördliche Kalkalpen). – *Geol. Rdsch.*, **65**, 536–557, Stuttgart 1976.
- READING, H.G.: Facies. – In: READING, H.G.: *Sedimentary Environments and Facies*, 4–19, Oxford 1986.
- SCHINDEWOLF, O.H.: Zur Entstehung der oberdevonischen Kramenzelgesteine. – *Zbl. Min. Geol. Paläont., Abt. B*, 405–411, Stuttgart 1925.
- SCHÜTZ, K.-I.: Die Aptychenschichten der Thiersee- und Karwendelmulde. – *Geotekt. Forsch.*, **57**, 1–84, Stuttgart 1979.
- SEYFRIED, H.: Der subbetische Jura von Murcia (Südost-Spanien). – *Geol. Jb.*, **29**, B, 3–201, Hannover 1978.
- WANLESS, H.R.: Limestone response to stress: Pressure solution and dolomitization. – *Journ. Sed. Pet.*, **49/2**, 437–462, 1979.
- ULRICH, R.: Die Entwicklung der ostalpinen Juraformation im Vorkarwendel zwischen Mittenwald und Achensee. – *Geologica Bavarica*, **41**, 99–151, Stuttgart 1960.