

Zusammenfassung

Der silurische Ockerkalk des Thüringer Schiefergebirges wurde petrographisch untersucht. Daraus wurden die Bildungsumstände abgeleitet. Es handelt sich um ein bis 60 m mächtiges Tiefwasserkarbonat, bei dem kreideartige Nannoplankton-Schlämme aus Calpionellen, Foraminiferen und Ostracoden durch „Knollen-Stränge“, algenartige Problematica, zu einem Schlamm-Bioherm stabilisiert sind. Kalk-Ton-Turbidite, Crinoiden-Turbidite und Intraklast-Rinnensedimente weisen auf eine hemipelagische Sedimentation nahe des Beckenrandes hin. Intraklasten und crinoidenführende Matrix sind calcitisch-mikritisch und teils kompaktiert, die Knollen-Stränge dolomitisch-sparitisch und früh zementiert.

Summary

On the petrology and genesis of the Thuringian Ockerkalk (Silurian)

The Silurian ochreous limestone of the Thuringian Slate Mountains has petrographically been explored and the circumstances of its formation have been deduced. It is a deep-water carbonate up to 60 m thickness, where chalk-like nannoplankton ooze, made up of calpionellides, foraminifers and ostracoda are stabilized into a mud bioherm by „nodular strings“, algae-type problematical fossils. Lime-clay turbidites, crinoidal turbidites and intraclast debris flow sediments point to hemipelagic basin-margin sedimentation. Intraclasts and crinoid-bearing matrix are calcitic-micritic and partly compacted, the nodular strings are dolomitic-sparitic and early cemented.

Резюме

К петрологии и происхождению тюрингского охристого известняка [силура]

Силурийский охристый известняк Тюрингских сланцевых гор был исследован петрологически. Таким образом были установлены условия образования. Речь идёт о мощном глубоководном карбонате, достигающем 60 м, у которого меловидный нанопланктонный ил из кальционел, фораминифер, остракод посредством жёлваковых линий, являющихся своей образной проблематикой, стабилизировался в ил-биохерн. Известково-глиноземи-

Zur Petrologie und Genese des Thüringer Ockerkalkes (Silur)

Mit 1 Abbildung, 15 Photos und 3 Tabellen im Text

Autoren:

Prof. Dr. habil. ROLF LANGBEIN
Dipl.-Geol. AXEL PRECKER
Ernst-Moritz-Arndt-Universität
Sektion Geologische Wissenschaften
Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 17a
Greifswald
2200

Dr. MICHAEL WEIDLICH
Abmannstraße 29
Berlin
1162

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 49...63
VEB H. Haack Gotha 1986

стые турбиды, криноидные турбиды и внутриобломочные промойные осадки указывают на гемипелагическое отложение осадков вблизи бассейна. Внутриобломочные осадки и криноидная основная масса являются кальцитно-микритными и частично массивными, желваковые линии – доломитово-грубокристаллической карбонатной породой и рано зацементированными.

1. Einleitung

Wichtigste und mächtigste Schichtenfolge des Altpaläozoikums im Thüringer Schiefergebirge ist mit ca. 2000 m das Ordovizium. Es ist eine Folge von grüngrauen und roten Tongesteinen und Feinsandsteinen mit dem Charakter einer marinen und terrestren Molasse, die zusammen mit geringmächtigen kambrischen (?) Schichten eine jungproterozoische Flyschfolge mit syngenetischen Spiliteinschaltungen sowie postgenetischen Porphyren und Graniten überlagert. Proterozoikum und Ordovizium bilden also die silicaklastische Auffüllung eines tiefen Sedimentationstrogens. Zum Abschluß des Ordoviziums treten in der Gräfenthaler Serie sogar charakteristische flachmarine und terrestre Bildungen auf, Hämatitquarzite und Umlagerungsprodukte dieser Verwitterungskruste in Form von Chamosit- und Sideritoolithen.

Diese extrem flache bis terrestre Fazies wechselt schon innerhalb der Gräfenthaler Serie mit bis 500 m mächtigen Tongesteinen. Es kommt also zu einer deutlichen Absenkung des vorher nahezu aufgefüllten Sedimentationsbeckens. Der Lederschiefer, ein feinsandig-schluffiger geröllführender Tonstein, der teils als glaziomarine Drift gedeutet wird (KATZUNG 1961), reicht noch in das Silur hinein. Er wird in der Zone des *Akidograptus ascensus* vom euxinischen Unteren Graptolithenschiefer abgelöst (HOPPE und SEIDEL 1974).

Der Graptolithenschiefer ist neben dem Ockerkalk der zweite Haupt-Sedimenttyp des geringmächtigen (60...80 m) thüringischen Silurs. Dieses wird deshalb als eine Periode vollständiger tektonischer Ruhe aufgefaßt, zumal auch keine magmatischen Aktivitäten bekannt sind. Der Graptolithenschiefer, eine Wechselfolge von bituminösen und pyritreichen euxinischen Tongesteinen und Kieselpeliten, wird nach einer kieselpelitfreien Übergangsfolge, dem Alaunschiefer des Wenlock, im Budnianian vom Ockerkalk abgelöst. Der Ockerkalk reicht etwa von der Zone des *Monograptus scanius* bis *Monograptus transgrediens*. In den Ockerkalk sind noch bituminöse, pyritische und graptolithenführende Tonsteine eingelagert, Kieselpelite und Ockerkalk schließen sich gegenseitig aus.

Der Name Ockerkalk wurde durch GÜMBEL (1863, 1879) in die Literatur eingeführt. „Indem sich durch Verwitterung Eisenoxyhydrat bildet, nimmt der an sich grauliche Kalk einen gelblichen Farbton an oder enthält in konzentrierter Weise Eisen-Ocker-Putzen und Nester Daher ist die Bezeichnung Ockerkalk genommen.“ (GÜMBEL 1879, S. 456).

Infolge der tiefgründigen Verwitterung sind Aufschlüsse selten und die Angaben über Mächtigkeit und Faziesverhältnisse noch unsicher. Im Marmorbruch Wittgendorf südlich von Saalfeld ist in einer 35 × 10 m großen Wand der typische Aufbau gut zu erkennen. Er besteht hier aus einer Folge massiger und plattiger Kalksteinbänke mit schiefrig-mergeligen dünnen Zwischenlagen. Die Lagerung ist im wesentlichen horizontalparallel, mit der Ausnahme von leichten Anschwellungen in einer Art beginnender Biohermbildung (mud mounds).

Da aus dem Raum Wittgendorf-Döschnitz die vollständigsten Profile zu erhalten waren, stützen sich unsere petrologischen Untersuchungen überwiegend auf dieses Gebiet (PREKKER und WEIDLICH 1982). Einbezogen wurden aber ferner Aufschlüsse bei Steinach, Oberloquitz, Saalfeld und Gräfenwarth (bei Schleiz).

Der Ockerkalk wird im Hangenden abgelöst durch bituminöse Tongesteine des Oberen Graptolithenschiefers, in denen die Grenze zum Devon liegt. (Zur genauen Grenzziehung und Feinstratigraphie siehe JAEGER 1959.)

2. Lithotypen des Thüringer Ockerkalkes

Um einen Überblick über Ausbildung und Variationen der bearbeiteten Profile zu gewinnen, wurden makroskopisch unterscheidbare Gefügecharakteristika erfaßt und in Lithotypen gegliedert. Die Lithotypen bildeten die Grundlage der makroskopischen Gesteinsansprache, ihre Verteilung im Profil ist in der Abbildung 1 als ein Beispiel dargestellt. Im folgenden sollen sie kurz beschrieben werden (in Klammern steht die Häufigkeit des Lithotyps).

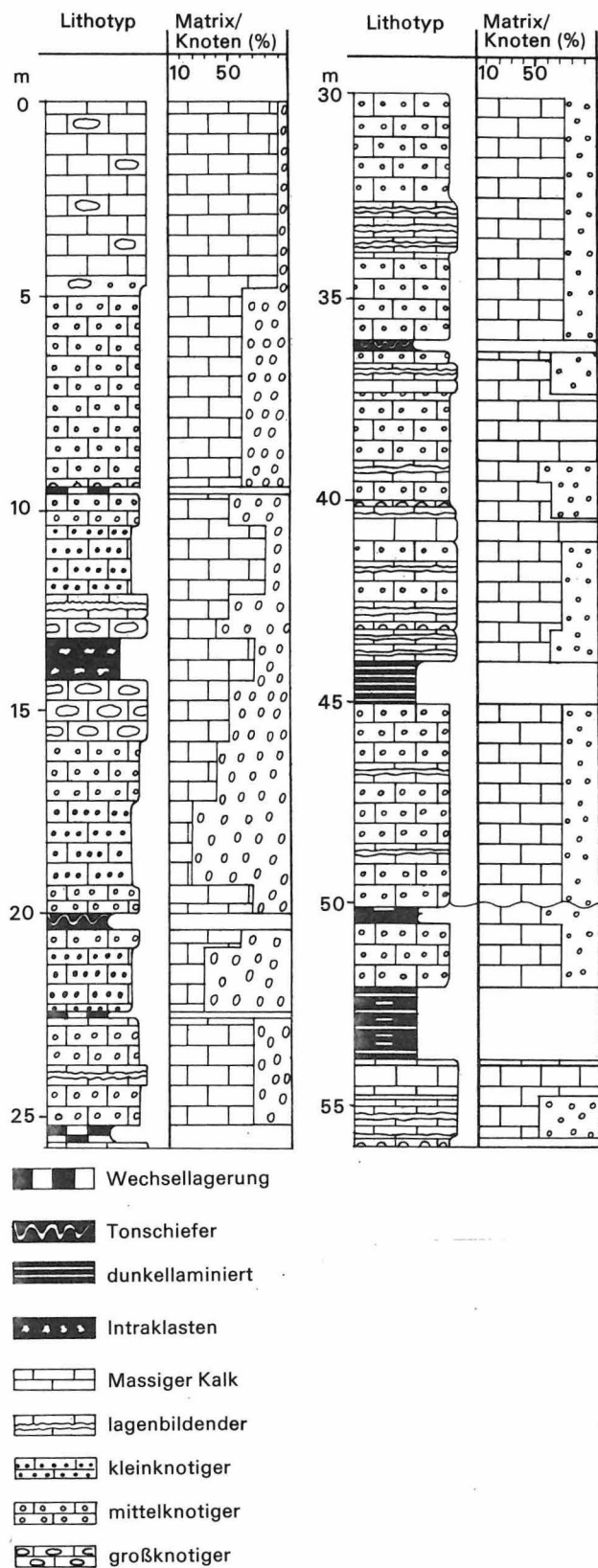


Abbildung 1
Schematisches lithologisches Profil des Ockerkalkes in Thüringen. Abfolge der Lithotypen (jeweils linke Säule) und Knoten-Matrix-Verhältnisse

2.1.

Intraklastenkalk (1 %)

In einer schwarzen Tonsteingrundmasse, die ungeschichtet, stark bituminös und schwach pyritführend ist, sind über 50% Kalksteingerölle eingeschaltet. Die Gerölle sind ungerundet bis kantengerundet, nicht sortiert und nicht eingeregelt (debris flow). Ihre Größe schwankt zwischen einigen Millimetern und einem Dezimeter. Der Kalkstein ist texturfrei, enthält nur wenig Pyrit und keine Makrofossilien. Die einheitlich hellgraue Farbe und mikritische Ausbildung lassen die Gerölle als einheitlichen Gesteinstyp erkennen, der Intraklastenkalk ist monomikt (Photo 1).

2.2.

Zyklische Tonstein-Kalkstein-Wechselfolge (6 %)

Die Zyklen dieser Wechselfolge sind zweigliedrig, mit einem schwarzen, stark bituminösen und pyritführenden Tonsteinband. Die Mächtigkeit der Zyklen wechselt zwischen 3 und 8 cm; ihre Basalgrenze, d. h. die Untergrenze des Tonsteins, ist meist scharf, während die Grenze zum zugehörigen Kalksteinband nach oben hin häufig fließend ist. Im Tonstein finden sich framboidale Pyritanreicherungen. Photo 3 zeigt die typische Ausbildung, die als Turbidit gedeutet wurde.

Wie aus der Abbildung ersichtlich, sind auffallende Erscheinungen in diesem Lithotyp die schon im Kalkband gelegentlich auftretenden Kalkknollen. Gegen ihre Umgebung, einen mittelgrauen Kalkstein, heben sie sich durch ihre hellgraue Färbung ab, die durch eine fast verunreinigungsfreie mikritische und sparitische Karbonatausbildung verursacht wird. Durch ein dünnes, aber durchgehendes Bitumenhäutchen sind sie scharf abgegrenzt. Ihre Größe liegt meist bei wenigen Zentimetern, ihre Form ist im Querschnitt unregelmäßig, von oval bis blumenkohlartig. Es handelt sich allerdings nicht um eigentliche Knoten oder Knollen, sondern um Querschnitte von Strängen mit teils beachtlicher Längserstreckung.

2.3.

Gebänderter Ockerkalk (26 %)

Der gebänderte Kalkstein unterscheidet sich von der Wechsellagerung durch das weitgehende Zurücktreten des Tonsteinanteils. Neben Bändern aus massivem Karbonat liegen solche, in denen die drei Gesteinstypen der Wechselfolge zusammen auftreten: reine Kalksteinstränge, verunreinigte Kalksteinmatrix und Tonsteinzwischenmittel (Photo 4).

Die Kalksteinbänder sind dicht, splittrig und auch verwitterungsbeständig. Eine unregelmäßige Maserung geht auf das Auftreten diskreter Knollenstränge zurück, die nur teilweise ihre bituminösen Häutchen erhalten haben. Durch diese Internstruktur sind die Grenzen der Bänder wulstig bis rippelartig. Die Mächtigkeit der jeweils durch zwei Bänder gebildeten Kleinzyklen reicht bis 20 cm, die Bänderung selbst ist horizontal aushaltend, und auch nach einer randlichen Aufspaltung oder Verschmelzung von Bändern setzt im gleichen Horizont die Bänderung bald wieder ein, so daß ihr wohl eine weitreichende sedimentäre Anlage zukommt. Auch dieser Typ wurde als Kalkturbidit gedeutet.

Photo 1

Intraklastenkalk. Kantengerundete Bruchstücke eines Mikrofossil-Kalkes in stützender Kalksteinmatrix mit Crinoidenschutt (debris flow sediment)

Photo 2

Eng und parallel gefältetes Ton-Karbonat-Gestein (teils grobsparitisch umkristallisiert). Weich-Sediment-Verformung

Photo 3

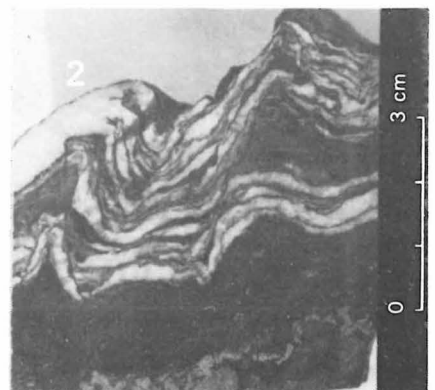
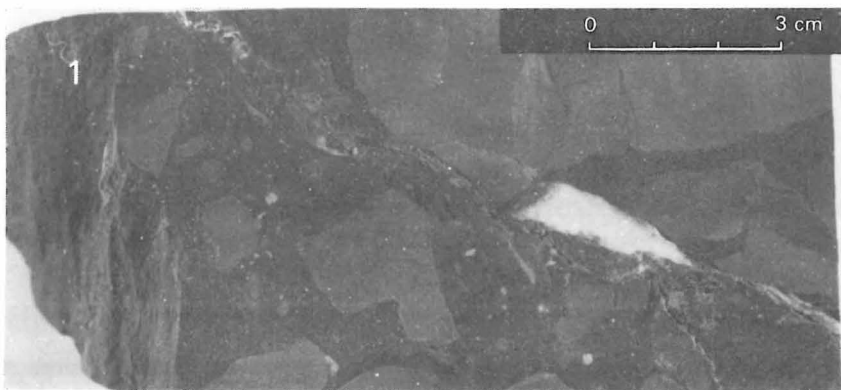
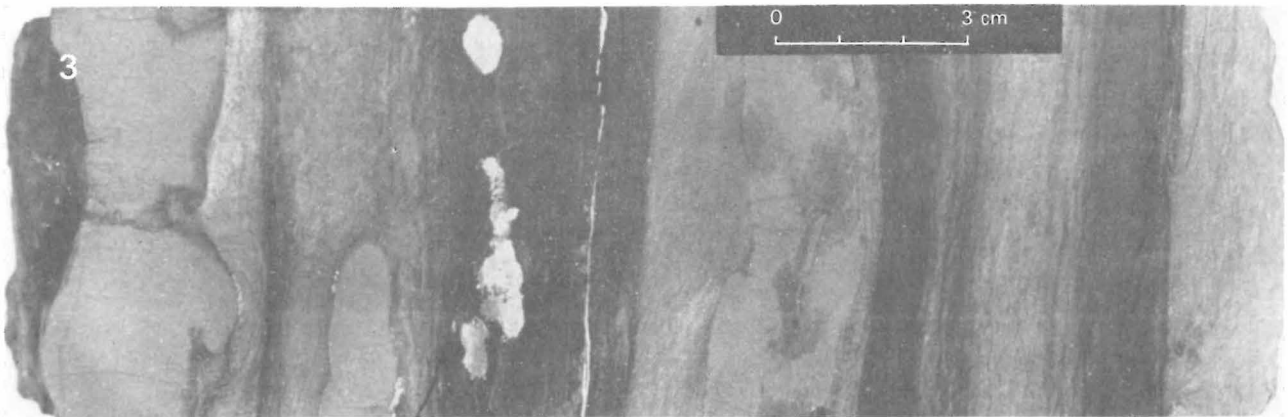
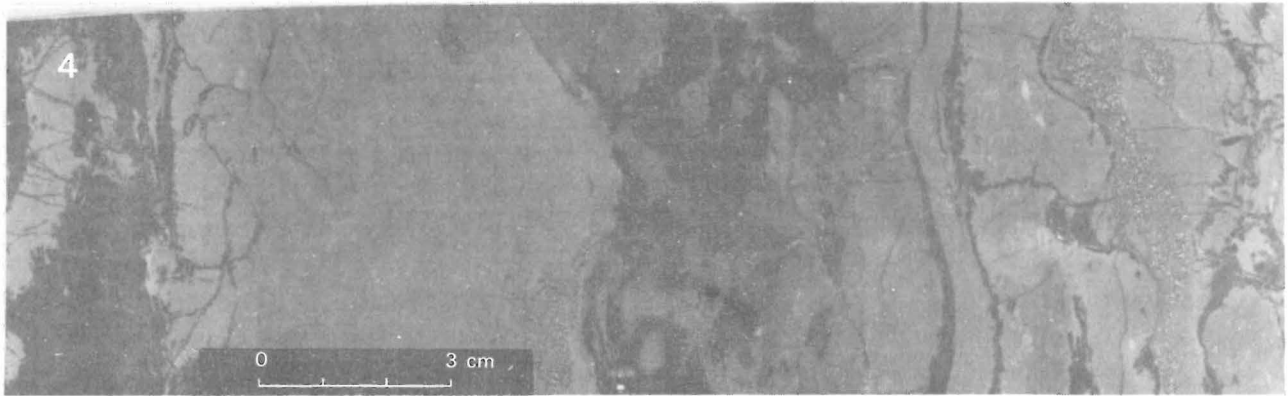
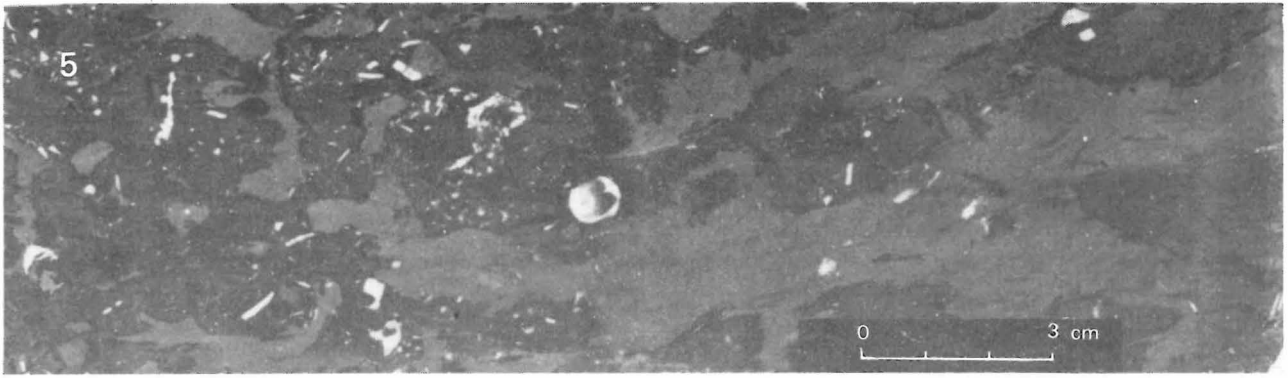
Zyklische Kalkstein-Tonstein-Wechselfolge. Tonsteinlagen (dunkel) mit scharfer Untergrenze und Kalksteinlagen (hell) mit fließender Untergrenze in Wechsellagerung, von isolierten Knollen durchsetzt (marestone-turbidites)

Photo 4

Gebänderter Ockerkalk. Bänder eines mikritischen reinen Kalksteins (oben) und eines aus Knollen und Matrix gebildeten Kalksteins werden durch unscharfe Tonsteinbänder (dunkel) getrennt.

Photo 5

Typischer massiger Ockerkalk, in dem crinoidenreiche Matrix durch Knollen-Stränge (hell, schräg angeschnitten) stabilisiert ist.



2.4.

Knollig-knauriger Ockerkalk (67%)

Der knaurige Ockerkalktyp entwickelt sich aus dem gebändertem Typ bzw. der Wechselfolge mit dem Zurücktreten der tonigen Komponente. Es sind noch zwei Karbonatvarianten auseinanderzuhalten, eine Matrix und die Knollen, beide durch unterschiedlich deutliche Bitumenhäutchen voneinander getrennt. Wie schon beim Wechsellagerungstyp unterscheiden sich Knollen und Matrix deutlich in Farbe und Ausbildung. Besonders auffallend heben sich beide bei beginnender Verwitterung voneinander ab, da die Knollen zuerst rostbraun (ocker) verfärbt werden. Die Matrix besteht aus Mikrit und ist überwiegend calcitisch, nur vereinzelt sind sparitische Flecken eingeschaltet. Pyrit ist feinverteilt oder bildet framboidale Aggregate; bituminöse Substanz ist an den Knollengrenzen besonders angereichert, häufig sind auch Styolithen.

Die Knollen sind von der Matrix durch Bitumen abgegrenzt. Sie „schwimmen“ nur selten einzeln in der Grundmasse, sondern sind meistens aneinandergereiht oder miteinander verzahnt. Die äußere Form reicht dadurch von rundlich über oval zu regellos bizarren Gebilden, ihre Häufigkeit schwankt teils systematisch (Abbildung 1). Nur selten sind die Knollen mikritisch ausgebildet, sondern vorwiegend sparitisch. Wichtigstes Karbonatmineral ist der Dolomit. Die Gehalte an silicaklastischen Verunreinigungen, Pyrit, Crinoidenfragmenten und Bitumen sind deutlich niedriger als in der Matrix. Auffallend ist eine leicht erhöhte Porosität. Der Gesteinstyp wurde als mud mound Sediment gedeutet (Photo 5).

3.

Mineralogisch-petrographische Charakterisierung

Der Mineralbestand des Ockerkalkes wurde röntgendiffraktometrisch an Gesamtproben und Löserückständen ermittelt. Die Karbonatminerale sind danach Calcit und Dolomit (evtl. bis zum Ankerit). Siderit, dessen Vorkommen frü-

her vermutet wurde, ist nicht vorhanden. In verwitterten Proben treten die Eisenminerale Goethit und Hämatit auf, in den Rückständen ist in wechselnder Häufigkeit Pyrit nachzuweisen. Hauptminerale der unlöslichen Rückstände sind Quarz und Muskovit sowie untergeordnet illitische Tonminerale. Einige Proben enthielten gehäuft Chlorit und fast alle Proben in sehr geringen Anteilen Alkalifeldspäte.

Der Gesamtgehalt an unlöslichen Rückständen in den untersuchten 16 Proben schwankt zwischen 7,5% für die relativ reinsten Kalksteine bis zu 30% bei den tonreichen Varietäten. Insgesamt kann für den Ockerkalkhorizont ein mittlerer Gehalt von $17,5 \pm 9,1\%$ an toniger Matrix angegeben werden.

Mikroskopisch sind die Intraklasten calcitisch-mikritisch entwickelt, mit wenig Quarz und Pyrit, einzelnen Mikrostylolithen, einzelnen silifizierten Mikrofossilien und nur an den Grenzen etwas Bitumen. Mikrofossilien können an den Grenzen abgeschnitten sein. Die umgebende Tonsteinmatrix ist tonig-bituminös entwickelt, teils feingeschichtet, mit viel idiomorphem feinverteilt Pyrit und etwa 30% klastischen Quarzen von Siltgröße (Photo 8).

Die Kalksteinmatrix ist homogen und meist calcitisch-mikritisch entwickelt (Photo 6), nur selten mit sparitischem Dolomit. Der Calcit bil-

Photo 6

Bioklastischer Calcitmikrit, kreideartig, mit Schnitten durch Calpionellen. Dünnschliff, ca. 120fach vergrößert

Photo 7

Bioklastischer Calcitruddit, Crinoiden-Turbidit. Dünnschliff, ca. 30fach vergrößert

Photo 8

Schnitte durch Intraklast (Mitte) und Knollen (oben). Die Unterschiede zwischen verunreinigter mikritischer Matrix, reinem Intraklastenkarbonat mit Mikrofossilien und Stylolithen-Saum und den sparitischen Knollen sind deutlich. Dünnschliff, ca. 20fach vergrößert

Photo 9

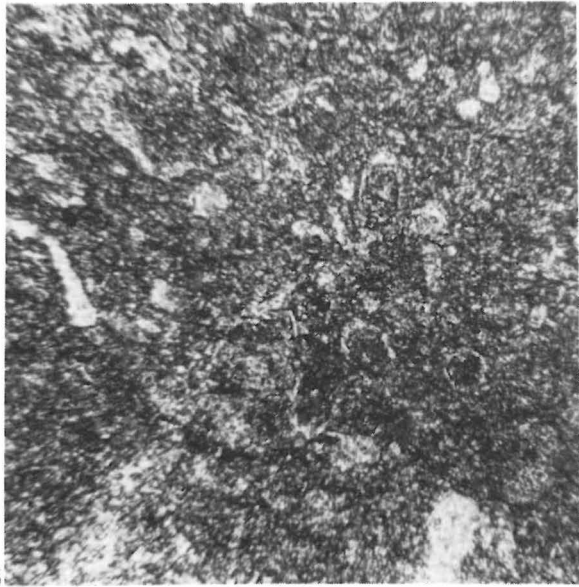
Schnitt durch eine Knölle, randlicher Bitumensaum und Feinstruktur deutlich. REM-Aufnahme, ca. 30fach vergrößert

Photo 10

Feinstruktur eines Bitumensaumes. Die schlauchartigen, verschlungenen Strukturen ähneln Algen-Geweben. REM-Aufnahme, ca. 700fach vergrößert

Photo 11

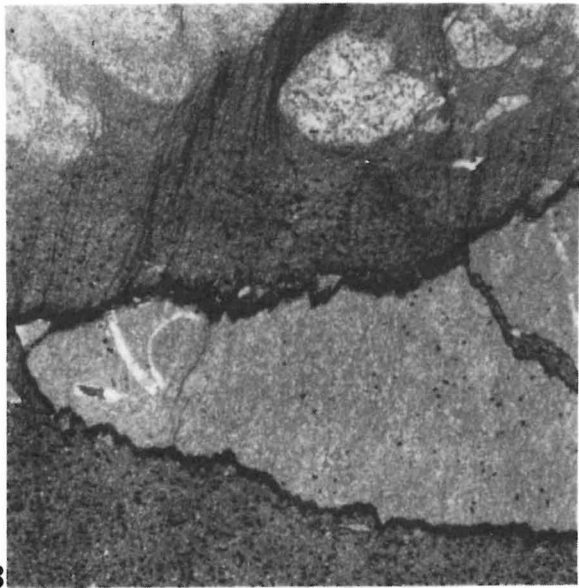
Wie Photo 9, stärker vergrößert. Die zahlreichen feinen Kanäle, die die Porosität bedingen, sind deutlich, stellenweise gebogener Verlauf. REM-Aufnahme, ca. 450fach vergrößert



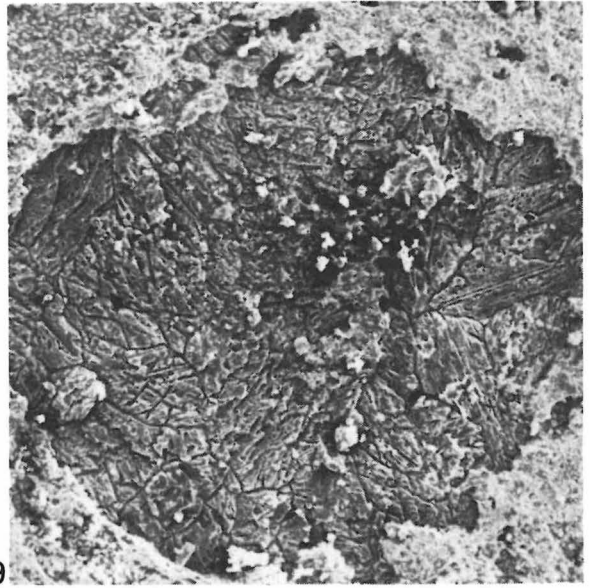
6



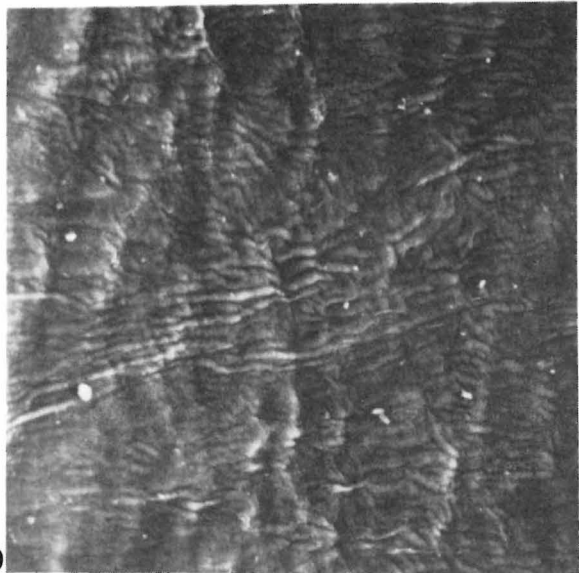
7



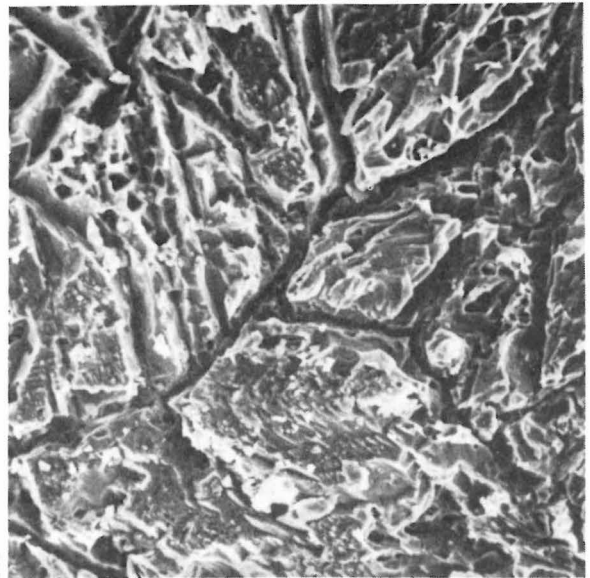
8



9



10



11

det überwiegend Mikro- und Makro-Bioklasten. Quarzsilt, Glimmer, idiomorpher Pyrit, schlierigwolkiges Bitumen und Stylolithen sind deutlich.

Die Knollen sind durch Bitumen randlich begrenzt, wobei feine Häutchen oder auch wolkige bis gewebeartige Streifen auftreten können. Das Karbonat besteht in der Regel aus einem Gemisch von isometrisch-körnigem Calcitmikrit und zuckerkörnigem Dolomitsparit. Vereinzelt treten Calciteinkristalle auf, der Calcit besteht zu einem großen Teil aus Mikrofossilschutt. Sonstige Verunreinigungen sind deutlich geringer verbreitet als in der Matrix.

Dolomit und Calcit wurden im Dünnschliff durch Anfärbereaktionen unterschieden. Dabei zeigte sich, daß sowohl im Dolomit als auch im Calcit Eisenkarbonat eingebaut ist. Die Verteilung des Dolomites ist deutlich spätdiagenetisch. Kennzeichnend ist das bevorzugte Auftreten in den Knollen, das Auftreten an Stylolithen der Matrix, in sparitischen Inseln mit interkristallinem Bitumen und in epigenetischen Kluftausfüllungen.

4. Geochemische Untersuchungen

Zur Charakterisierung der Zusammensetzung wurden an einigen Proben mit Hilfe der Atomabsorptions-Spektrophotometrie die wichtigsten karbonatbildenden Elemente bestimmt. Da sich weder Grundmasse und Knoten exakt trennen lassen noch das sulfidische Eisen vollständig eliminiert werden konnte, kommt den Ergebnissen nur Übersichtscharakter zu. Die Analyseergebnisse zeigt Tabelle 1.

Um einen Überblick über die ungefähre Verteilung der Elemente zwischen Knollen und Karbonatmatrix zu erhalten, wurden die Proben, in denen Knollen auftreten, den Proben, die nur Matrix enthalten, gegenübergestellt (Tabelle 2). Es ergibt sich als Tendenz: Magnesium und Eisen sind in den Knollen auf mindestens das Dreifache gegenüber der Matrix angereichert, d. h. Dolomit bevorzugt die Knollen. Strontium ist in den Knollen abgereichert. Mangan zeigt keine Unterschiede zwischen Matrix und Knollen.

Probe	CaCO ₃ (%)	CaMg (CO ₃) ₂ (%)	FeCO ₃ (%)	Mn (g/t)	Sr (g/t)
Intraklastenkalk	76,9	5,0	0,75	350	130
Wechselagerung	65,9	4,2	0,78	230	135
Massiger Kalkstein	75,4	4,2	0,76	450	240
Gebänderter Kalkstein	75,8	7,3	1,2	215	155
Gebänderter Kalkstein, Matrix	28,1	19,4	6,8	330	50
Kleinknolliger Kalkstein	76,7	6,7	0,82	400	140
Mittelknolliger Kalkstein	83,8	4,8	0,83	242	115
Mittelknolliger Kalkstein, Matrix	42,9	3,2	0,84	325	50
Mittelknolliger Kalkstein	81,9	6,3	1,2	280	215
Mittelknolliger Kalkstein	79,9	4,8	0,9	240	155
Mittelknolliger Kalkstein, Matrix	44,5	17,5	4,5	218	85
Mittelknolliger Kalkstein	75,7	6,7	1,1	423	245
Großknolliger Kalkstein	76,0	6,0	0,8	325	145
Großknolliger Kalkstein, Matrix	30,1	34,7	5,0	173	50
Dunkelgrauer Kalkstein	62,0	16,7	4,5	558	110
Hellgrauer Kalkstein	74,5	6,3	0,9	260	130

Tabelle 1
Analysen des Karbonatanteils im Ockerkalk

Vergleicht man die karbonatbildenden Elemente im Ockerkalk mit Kalkstein-Durchschnittswerten aus der Literatur (Tabelle 3), dann zeigt sich, daß Calcium, Magnesium und Eisen im normalen Rahmen liegen. Auffallend sind dagegen die relativ sehr geringen Gehalte bei Mangan und Strontium von jeweils nur einem Drittel bis Viertel der Durchschnittswerte. Versucht man aus diesen beiden Werten Rückschlüsse auf den Bildungsraum zu ziehen, kommt man zu widersprüchlichen Ergebnissen. Strontium ist in Karbonaten vor allem an den Aragonit gebunden. Unsere niedrigen Werte schließen damit eine stärkere Aragonitbildung während der Sedimentation und Zementation aus, sprechen für eine frühe Diagenese unterhalb der ACD-Linie (Aragonit Compensation

Element	Grundmasse	Knollen	Verhältnis Knollen/ Grundmasse
Calcium	19,9 %	31,6 %	1,6
Magnesium	0,83 %	2,2 %	2,75
Eisen	0,46 %	1,6 %	3,5
Mangan	292 g/t	312 g/t	1,1
Strontium	170 g/t	100 g/t	0,6

Tabelle 2
Vergleich von Elementgehalten in der Grundmasse und in knollenreichen Lagen

Depth) des Knollenzements, also für Tiefsee-Milieu. Beim Mangan müßten für euxinische und anärober Bereiche aber hohe Gehalte zu erwarten sein (WEDEPOHL 1970 : 500 g/t für flachmarine, 2000 g/t für tiefmarine Bildungsbereiche). Jedoch haben SHANMUGAM und BENEDICT (1983) gezeigt, daß hohe Gehalte an vulkanische Einflüsse gebunden sind. Unser Wert, der mit 300 g/t etwa so hoch wie im rezenten Coccolithenschlamm des Atlantik liegt, würde damit insbesondere die tektonisch-vulkanische Ruhe im Silur widerspiegeln.

5. Verwitterung des Ockerkalkes

Da der Ockerkalk seinen Namen dem Verwitterungsprodukt Ocker verdankt, seien hier noch einige Bemerkungen zur Verwitterung angefügt.

Die namensgebende Verfärbung zu „Ocker“ setzt sehr schnell ein, sobald Feuchtigkeit und Sauerstoff auf den Kalkstein einwirken. Die grauen Partien sind dabei an die Grundmasse gebunden, während die Knollen sich anfärben. Ursache dieser differentiellen Färbung des primär einheitlich grauen Gesteins sind die erhöhten Eisengehalte und Porositäten im Dolomit (und Ankerit?) der Knollen. Farbnuancen in der Grundmasse sind durch unterschiedliche Bitumen- und Pyritgehalte bedingt.

Die leuchtende Färbung, die dem Ockerkalk seinen Reiz als Baustein verleiht, ist nur für die ersten Stadien typisch. Sie weicht bald einem unscheinbaren Gelbgrau, wie es für verwitterten Dolomit typisch ist. Auffallend ist, daß die Knollen, in denen die Verwitterung begann, zu-

nächst durch den Limonit verkrustet sind und über die Grundmasse herausragen, später jedoch nur noch aus Mulm bestehen und zu Hohlräumen auswittern.

So ergibt sich folgende Reihenfolge der Verwitterungserscheinungen:

- rostfarbene Knollenstränge in leuchtend grauer Grundmasse,
- unscheinbar gelbgraue kompakte Kalksteine,
- Kalksteine mit heraustretenden braunen Knollenstrukturen,
- Kalksteine mit Höhlungen (Kramenzelkalke) und
- Mulm und Farberden.

6. Die biogenen Komponenten der Kalksteine

Die Kalksteinmatrix des Ockerkalkes und die Knollenstränge bestehen aus biogenem Detritus. Die Hauptmasse liegt in geringer Partikelgröße vor, doch findet sich auch ein deutlicher Anteil bis 100 µm Durchmesser und auch Fossilien bzw. ihre Bruchstücke bis 400 µm Durchmesser. Eindeutig zu erkennen sind als häufige bis gesteinsbildende Fossilien Calpionellen, Calcisphären, Ostracoden und Foraminiferen. Als einziges gesteinsbildendes Makrofossil kommen Crinoiden hinzu.

Die Calpionellen, Protozoen der Klasse *Ciliata* PETRY 1852 (?), haben glockenförmige bis U-förmige dünnschalige calcitische Gehäuse einer Größe von meist unter 50 µm. Sie sind

Tabelle 3
Vergleich der karbonatbildenden Elemente des Ockerkalkes mit Karbonatdurchschnitten

	Karbonat-bildende Elemente des Ockerkalkes	Karbonatdurchschnitte nach	
		WEDEPOHL (1970)	RÖSLER und LANGE (1975)
Calcium	26,3 %	31,5 %	30,2 %
Magnesium	1,4 %	2,6 %	4,7 %
Eisen	0,9 %	1,4 %	0,4 %
Mangan	300 g/t	700 g/t	1 100 g/t
Strontium	130 g/t	450 g/t	610 g/t

leicht zu erkennen und in großer Anzahl vorhanden (Photo 6). Bekannt sind sie bereits aus dem Silur Gotlands durch MANTEN (1971). Die Lebensweise dieser Tintinniden ist marinplanktonisch, so daß sie zum Nannoplankton zu rechnen sind. Interessanterweise schließen sich Tintinniden und Radiolarien gegenseitig aus (FLÜGEL 1982), was auch im Thüringer Silur deutlich wird. Bei den Foraminiferen überwiegen kugelige Formen. Nähere Bestimmungen wurden an silifizierten Formen vorgenommen. Sicher erkannt wurden dabei Vertreter der Gattungen *Hyperammina* BRADY 1878, *Psammosphära* SCHULZE 1875, vermutliche Vertreter der Gattungen *Blastamina* EISENACK 1932 und *Saccamina* SARS 1869 sowie evtl. der Gattung *Amphitremoida* EISENACK 1937. Zur Lebensweise dieser Foraminiferen kann gesagt werden, daß die rezenten Vertreter dieser Familien nach MORTON (1930) typische Tiefwasserformen darstellen.

Ostracoden wurden ebenfalls als silifizierte Formen in Löserückständen bestimmt, kalkschalige Formen sind aber im Gestein vor allem auch als Schill sehr häufig. Die bestimmten Formen gehören zu den Gattungen *Semibolbina* JORDAN 1964, *Parabolbina* SWARTZ 1936, *Acanthoscapha* ULLRICH und BASSLER 1923, *Beecharella* ULLRICH 1891, *Berounella* BOUCEK 1936 und *Tricornia* BOUCEK 1936. Zur ökologischen Bedeutung von silurischen Ostracoden gibt es bisher kaum Bemerkungen. Typisch für unsere Formen sind die Bestachelung und Bedornung der röhrenförmigen Fortsätze vieler Ostracoden, eine Dominanz der *Podocopida* MÜLLER 1894, viele kleine glattschalige Ostracoden, das Fehlen von Beyrichien und von Entomozoen. Die Ostracodenvergesellschaftung kann damit dem (devonischen) Thüringer Ökotyp zugeordnet werden, den BLUMENSTENGEL (1963, 1977) als „kalkig-tonige, hemipelagische Fazies“ beschreibt.

Conodonten wurden ebenfalls in einigen Exemplaren gefunden. Es sind Vertreter der Gattungen *Prinonognathus* PANDER 1856 (= *Priognathus* FAY 1959), *Lonchodina* BASSLER 1925 und *Hindeodella* ULLRICH und BASSLER 1926.

Von jeher ist das gehäufte Auftreten von Crinoiden im Thüringer Ockerkalkprofil aufgefallen (Photo 7). Sie werden bereits von GÜMBEL

(1863) und RICHTER (1869) erwähnt. VOLK (1955) hat im Profil von Steinach drei Bänke oder Horizonte mit Crinoiden beschrieben. Seit einer Bestimmung von zwei Kelchfunden bei Gräfenthal werden sie der Gattung *Scyphocrinitis* ZENKER 1833 zugeordnet (*Scyphocrinushorizonte*). Für diese Gattung kann man keine Schlüsse über den engeren Lebensraum ziehen, vielmehr wird ihnen eine freischwimmende Lebensweise zugewiesen (KROEMMELBEIN 1977). Weitere Makrofossilien sind verschiedentlich gefunden worden, doch meist nur in einzelnen Exemplaren und vor allem in den tonigen Zwischenschichten. Sie sind nicht gesteinsbildend.

Zur Verbreitung der Crinoiden im Ockerkalkprofil haben wir detaillierte Untersuchungen angestellt. Nach der makroskopischen Aufnahme eines nahezu vollständigen Profils konnten die Funde drei Crinoidenhorizonten zugeordnet werden. So wurden die Angaben VOLKS (1955) bestätigt. Doch war dabei auffallend, daß damit die Gesamtmächtigkeit der Horizonte über 40% der Profilmächtigkeit betrug. Die nähere Untersuchung mit Hilfe von Dünnschliffen zeigte dann auch, daß Crinoidenbruchschill über den gesamten Ockerkalk verteilt ist, vielleicht mit zwei Besonderheiten: einer Anhäufung bis zu einem Crinoiden-Packstone im oberen Profildrittel (Photo 7) und dem Auftreten einer crinoidenfreien Zone im unteren Drittel.

Die Gehalte an gesteinsbildendem Mikrofossildetritus und Nannoplankton wurden durch Schliffanalysen ermittelt. Danach schwankt der Partikelanteil, in 65 Schliffen gemessen, zwischen 30% und 75%. Er ist also in vielen Fällen gerüstbildend. Deutlich heben sich zwei Maxima heraus. Das erste liegt bei $68 \pm 6\%$ und ist

Photo 12
Knollen-Stränge (Problematica) im Querschnitt gesehen. Die aufrechte Orientierung ist z. T. deutlich.

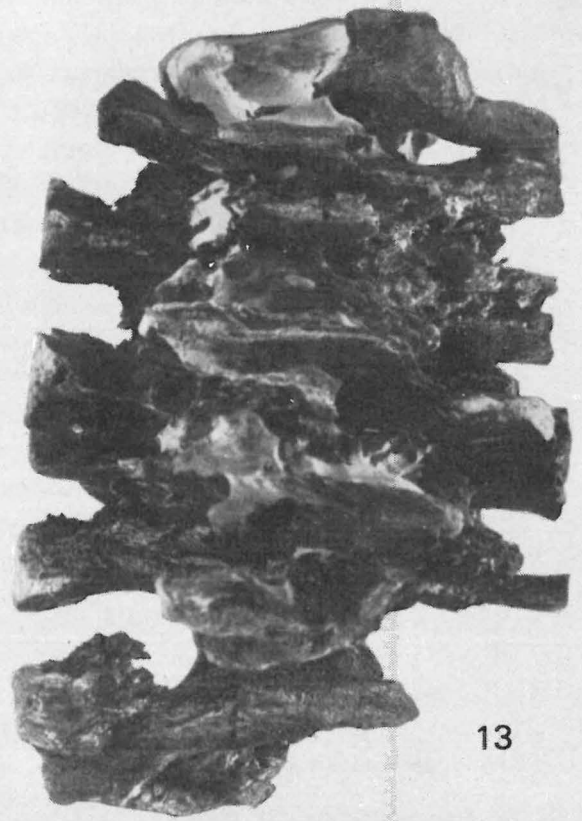
Photo 13
Knollen-Stränge (Problematica) parallel zur Längsrichtung gesehen (präparierte Probe). Die Parallelorientierung sowie der wechselnde Durchmesser sind zu erkennen.

Photo 14
Knollen-Stränge (Problematica) im Karbonat-Schlamm-Gestein, teils herauspräpariert

Photo 15
Knollen-Stränge in der Aufsicht. Die Verzweigungen sind deutlich.



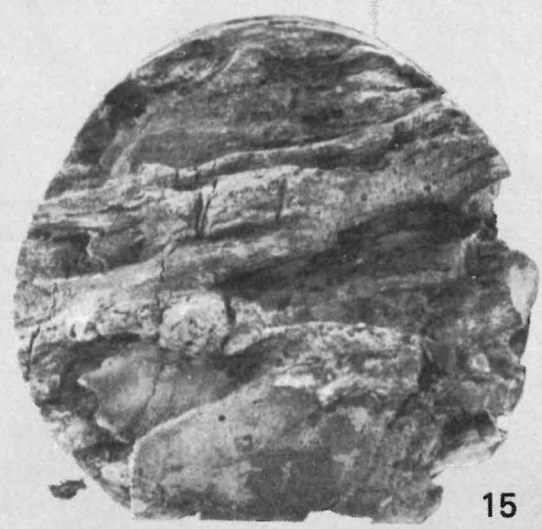
12



13



14



15

0 3 cm

typisch für die calcitische Matrix, das zweite liegt bei $40 \pm 8\%$, wenn man die grundmassenreichen Proben eliminiert, bei etwa 33%. Es ist typisch für die Knollenstränge. Aus diesen Werten lassen sich Schlußfolgerungen auf den Zeitpunkt der Zementation ableiten. So ergibt sich für die Knollen eine Minus-Zement-Porosität von 67%, was nach den Werten von SCHOLLE (1977) für pelagische Kalksteine einer nur geringen Versenkungsteufe zur Zeit der Zementierung entsprechen würde. Für die Kalkmatrix ergibt sich eine Minus-Zement-Porosität von 32%, entsprechend einer Versenkung um 1500 m zur Zeit der Zementierung. Danach stellen die Knollen einen frühdiagenetischen Zementit dar, während mit der Kalkmatrix ein Kompaktit vorliegt, der erst in größeren Teufen seine Porosität verlor.

7. Struktur der Knollenstränge

Auch die Knollenstränge selbst sind unseres Erachtens biogene Bildungen. Der Durchmesser der Stränge ist variabel. Er beträgt zwischen etwa einem und vier Zentimetern. Ovale Formen überwiegen, doch sind außerdem sowohl kreisrunde als auch pilzförmige, blumenkohlartige und bizarre Querschnittsformen möglich. Die Schnitte ähneln einerseits Stromatactis, andererseits auch Planolites. Im Unterschied zu Planolites sind ovale Querschnitte mit ihrem größten Durchmesser senkrecht zur Schichtung orientiert (Photo 12). Die Längsrichtung zeigt schnelle und unregelmäßige Wechsel der Durchmesser (Photo 13). Die Stränge wurden bis zu einer Länge von 1,50 m beobachtet, erreichen aber meist nur mehrere Dezimeter. Relativ häufig sind Verzweigungen, und zwar immer nur einfache und nur eine Verzweigung pro Strang (Photo 15). Die Verzweigungen liegen mit beiden Ästen angenähert in der Schichtung. Die auffallendste Erscheinung ist wohl aber die, daß alle Stränge subparallel liegen und deutlich in einer Richtung eingeregelt sind (Photo 13 und 14), wie dies bereits aus dem Unterdevon beschrieben worden ist (LANGBEIN und MEINEL 1985). Abgesehen von der vorwiegenden Dolomitisation bestehen die Knollen aus dem glei-

chen Mikrofossildetritus wie die Matrix. Eine wesentlich frühere Zementierung ist der einzige Unterschied. Die Bitumenhäutchen, die die Knollen abgrenzen, stehen sicher in Beziehung zu den Problematica. Sie haben eine submikroskopische Internstruktur (Photo 10), die an die Struktur von *Girvanella*, einer (problematischen) Alge, erinnert. Internstrukturen im Knotenstrang sind undeutlich. Die gebogenen Kanäle (Photo 9, 10, 11), die die Porosität bedingen, könnten als solche gedeutet werden. Da sich die Problematica deutlich von den ähnlichen Bildungen Stromatactis und Planolites unterscheiden, bezeichnen wir sie als *Planolitoides*.

8. Diskussion und Schlußfolgerungen

8.1. *Planolitoides*

Für die Deutung der Problematica sind drei Varianten in Betracht zu ziehen:

- a) die Knollenstränge stellen anorganische, diagenetische Gefüge dar,
- b) es handelt sich um Ichnofossilien in der Art von Planolites,
- c) die Knollenstränge stellen pflanzliche Reste dar, in denen nur noch die bituminöse Haut erhalten ist, während die heutige Struktur vom Steinkern gebildet wird.

Gegen die erste Möglichkeit sprechen insbesondere die Längserstreckung, die dichotome Aufspaltung, die subparallele Anordnung und die schichtungsnormale Ausrichtung der längeren Querschnittsachse. Gegen eine Ichnofossilableitung sprechen die Längsausrichtung, der unregelmäßige Durchmesser im cm-Bereich sowie die einfachen und orientierten Verzweigungen. Deshalb halten wir die dritte Deutungsvariante für die wahrscheinlichste. Es könnte sich um Schläuche syphoner Algen (oder Schwämme?) handeln, die auf dem Boden strömungsgeregelt, sedimentbindend und mit Sediment gefüllt, frühdiagenetisch zementiert wurden. Magnesiumreicher Zement und beobachtete Mikritisierungen von Fossilresten könnten mit der Algentätigkeit gut in Einklang gebracht werden. Die Orientierung der Stränge ergibt

sich zwanglos aus dem orientierten Wachstum der Verzweigungen und der schichtparallelen Ablagerung der Äste unter dem Einfluß konstanter Bodenströmung. Unklar muß der eigentliche Bildungsraum bleiben, ob auf dem Boden liegend, ob aufrecht im Sediment stehend oder planktonisch. Syphonale Algenstadien sind vor allem von Chlorophyten (Syphonocladales) und Phaeophyten (z. B. rezente Laminariales) bekannt. Dabei liegen für die Braunalgen, die kein Gerüst abscheiden, diese höchsten Entwicklungsstadien schon im Paläozoikum, so daß eine solche Deutung als wahrscheinlich erscheint. Die verschiedenen Andeutungen von Strukturen können auf unterschiedliche Gewebestrukturen von Cortex und Medulla bezogen werden.

8.2.

Bildungsraum und Sedimentationsmilieu

Bei der Besprechung der einzelnen Tiergruppen wurde bereits auf ihren ökologischen Aussagewert eingegangen. Die wichtigste Gerüstsubstanz des Ockerkalkes besteht aus Calpionellen (tiefmarin, Beckenfazies), Foraminiferen (Tiefwasserformen), Ostracoden (hemipelagische Formen) und vor allem kleinkörnigem Nannoplankton. Die Vorkommen von Crinoiden (schwimmende Formen) und die der planolitesartigen *Problematica* stehen einer Deutung als offen marine Bildung nicht entgegen, andere Fossilgruppen sind nur untergeordnet vertreten. Das häufigste dieser nicht gesteinsbildenden Makrofossilien, der Cephalopode *Orthoceras*, ist ebenfalls offen marin und liegt in Steinkernerhaltung vor, d. h. seine primär aragonitische Schale wurde am Meeresboden aufgelöst und zwar unterhalb der ACD-Linie. Sedimentologische Merkmale lassen sich einem pelagischen bis Beckenrand-Bildungsraum zuordnen. So entsprechen die gebänderten Tonstein-Kalkstein-Wechselfolgen, die gehäuft und in bis zu 1 m mächtigen Horizonten im Profil auftreten, Turbiditeinschaltungen in pelagischen Kalksedimenten (SCHOLLE, ARTHUR und EKDALE 1983). Die Intraklast-Horizonte, die nur vereinzelt und in gleichen Profilen, aber nicht im gleichen Niveau auftreten, werden etwa 0,5 m mächtig und können als debris flow, als

„Zufuhrkanäle“ von Turbiditen, als Ausläufer von Rutschmassen-Verteilungskanälen (fan distributary channels) angesehen werden (COOK und MULLINS 1983). Schließlich finden sich auch die für Rutschungserscheinungen typischen Weich-Sediment-Verfaltungen (soft sediment sliding, Photo 2) sowie die für Beckensedimente typischen feinlaminierten Tongesteine.

Überlegungen zur Strontiumverteilung im Ockerkalk schließen sich einer Tiefwasser-Deutung an. Die durchgehend graue Farbe des Ockerkalkes, ein hoher Bitumengehalt und Anhäufungen von Pyrit deuten an, daß während der gesamten Ockerkalk-Sedimentation eine oxidierende, eigentlich pelagische Tiefseefazies nicht erreicht wurde.

Als Bildungsraum des Ockerkalkes nehmen wir aufgrund der genannten Merkmale das Abyssal an, den Tiefschelf-Bereich zwischen karbonatfreier Kieselipelit-Sedimentation unterhalb der CCD-Linie und der von Flachwasserschutt bestimmten aragonitführenden und aragonitzementierten Karbonatsedimentation oberhalb der ACD-Linie. Häufige Turbiditlagen deuten auf eine Nähe zum Beckenrand mit distalen Turbiditen und Hangrutschmassen hin.

8.3.

Das Sedimentationsmodell des Ockerkalkes

Nimmt man für das Silur (und untere Devon) in Thüringen weitgehende tektonische Ruhe an, dann muß das Sedimentationsbecken, das die entsprechenden Sedimente aufnahm, bereits im höchsten Ordovizium angelegt worden sein. Die Gesamtmächtigkeit der Sedimente läßt sich nur angenähert abschätzen. Bis zum Ende des Unterkarbons betrug sie etwa 2500 m. Berücksichtigt man noch den Mächtigkeitsverlust durch die Tongesteinskompaktion (ca. 400 m) und eine Mindesthöhe des Wasserspiegels über den im höheren Unterkarbon auftretenden proximalen Turbiditen von etwa 200 m, ergibt sich für das Sedimentbecken eine wahrscheinliche ursprüngliche Tiefe von etwas über 3000 m. Die Sedimentation in diesem epikontinentalen Becken begann mit dem Lederschiefer, den man als glaziomarine Drift-Sediment auffassen kann. Als nächstes folgte eine pelagische Kaltwasser-

Sedimentation mit Kieselfauna und Graptolithen in einer Graptolithenschiefer-Kieselschiefer-Wechselfolge, die unterhalb der CCD-Linie oder Calcit-Lysocline abgelagert wurden. Durch Sedimentauffüllung oder Temperaturänderung geriet der Meeresboden inzwischen in den Tiefbereich zwischen Calcit-Sättigung und Aragonit-Untersättigung, und es kam zur erhöhten Produktion und Erhaltung von karbonatischer Nannoplanktonfauna sowie zur benthonischen Aktivität von Organismen. Es überwog die in-situ-Ablagerung, doch sind auch Anzeichen von Resedimentation zu finden, wie häufige Turbidite und seltene Fließbreccien, matrixgestützte Aufarbeitungsbreccien als Rinnenfüllungen. Die kreideartigen Kalkschlamm-sedimente sind stark von strömungsbedingten Umlagerungen abhängig, so daß die Mächtigkeiten wechseln konnten. Trotz tektonischer Unsicherheiten müssen daher die Maximalmächtigkeiten für den Ockerkalk (bisher 30 m) wohl verdoppelt werden. Eine lückenhafte frühdiagenetische Zementation durch Magnesiumcalcit ohne durchgehende Hartgründe fand statt, die übrigens typisch ist für kreideartige Kalkpelite in der Nähe der Lysocline, da die Calcitübersättigung sehr gering war, aber für Dolomit (bzw. $MgCO_3$) noch deutliche Übersättigung bestand. Durch die Anhäufung von strangförmigen organischen Bildungen wurde der Kalkschlamm bis zur Bildung von Schlamm-Biohermen (mud mounds) stabilisiert, so daß sich geneigte Schichtung einstellen konnte (foresets). Eine konstante Bodenströmung bewirkte zwar eine Einregelung der Problematica, war aber nicht reich genug an Sauerstoff, so daß während der gesamten Ockerkalk-Sedimentation im Sediment reduzierende Verhältnisse herrschten.

Die diagenetische Entwicklung des Ockerkalkes war determiniert durch die lückenhafte Zementation in der Nähe der Oberfläche. Die Knollenstränge hatten bereits früh ihre endgültige geringe Porosität erreicht, während der Kalkschlamm der Matrix mit zunehmender Überlagerung kompaktiert und vermutlich erst im Karbon mit beginnender Drucklösung am Karbonat und Zementation mit eisenreichem Calcit im Restporenraum von etwa 30% endgültig verfestigt wurde.

Literatur

- BLUMENSTENGEL, H.:
Zur Mikrofauna des Thüringer Ockerkalkes. – In: Geologie. – Berlin 12 (1963), S. 349...354.
–: Zur Ostrakodenfauna des thüringischen Tentakuliten-Knollenkalkes. – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 326 (1977), S. 11...23.
- COOK, H. E., und H. T. MULLINS:
Basin Margin. – In: SCHOLLER, BEBOUT, MOORE (ed.): Carbonate Depositional Environments. – In: Amer. Ass. Petrol. Geol. Memoir. – Tulsa 33 (1983).
- FLÜGEL, E.:
Microfacies Analysis of Limestones. – Berlin [West]; Heidelberg; New York, 1982.
- GÜMBEL, C. W.:
Über Clymenien in den Übergangsgebirgen des Fichtelgebirges. – In: Paläontographica. – Stuttgart 11 (1863), S. 85...165.
–: Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges mit dem Frankenwalde und dem westlichen Vorland. – Gotha, 1879.
- HOPPE, W., und G. SEIDEL (Hrsg.):
Geologie von Thüringen. – Gotha/Leipzig, 1974.
- JAEGER, H.:
Graptolithen und Stratigraphie des jüngsten Thüringer Silur. Berlin, 1959. – (In: Abh. d. Dt. Akad. d. Wiss., Kl. Biol.; 2)
–: Das Silur in Thüringen und am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. – In: 2. Int. Arbeitstg. Silur-Devon-Grenze, Symp.-Bd. – Stuttgart, 1962, S. 108...135.
- KATZUNG, G.:
Die Geröllführung des Lederschiefers an der SE-Flanke des Schwarzburger Sattels. – In: Geologie. – Berlin 10 (1961), S. 778...802.
- KROEMMELBEIN, K.:
Brinkmanns Abriß der Geologie. – Bd. 2. – Stuttgart, 1977.
- LANGBEIN, R., und G. MEINEL
Zur Petrologie des Thüringer Tentakulitenknollenkalkes (Devon). – In: Hallesches Jahrb. f. Geowiss. – Gotha/Leipzig 10 (1985), S. 55...69.
- MANTEN, A. A.:
Silurian Reefs of Gotland. – In: Development of Sedimentology. – Amsterdam 13 (1971).
- MORTON, R. D.:
Ecologic relations of some Foraminifera. – In: Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Techn. – Berkeley 9 (1930), S. 331...338.
- PRECKER, A., und M. WEIDLICH:
Beiträge zur Genese des Thüringer Ockerkalkes. – Greifswald (Diplomarbeit) 1982.

RICHTER, R.:

Das Thüringische Schiefergebirge. – Zeitschr. d.
Dt. Geol. Ges. – Berlin 21 (1869), S. 341...443.

RÖSLER, H.J., und H. LANGE:

Geochemische Tabellen. – Leipzig, 1975.

SCHOLLE, P.A.:

Chalk diagenesis and its relation to petroleum ex-
ploration. – In: Amer. Ass. Petrol. Geol. Bulletin. –
Tulsa 61 (1977), S. 982...1009.

SCHOLLE, P.A., M.A. ARTHUR und A.A. EKDALE:

Pelagic. – In: SCHOLLE, BEBOUT, MOORE (ed.):
Carbonate Depositional Environments. – In: Amer.
Ass. Petrol. Geol. Memoir. – Tulsa 33 (1983).

SHANMUGAM, G., und G.L. BENEDICT:

Manganese Distribution in the Carbonate Fraction
of Shallow and Deep Marine Lithofacies, Middle
Ordovician, Eastern Tennessee. – In: Sedimentary
Geology. – Amsterdam 35 (1983), S. 159...175.

VOLK, M.:

Der Ockerkalk am Schwarzburger Sattel und seine
Fauna aufgrund erweiterter Aufsammlungen. – In:
Geol. Bl. NE-Bayern. – Erlangen 5 (1955).

WEDEPOHL, K.H.:

Geochemische Daten von sedimentären Karbona-
ten und Karbonatgesteinen in ihrem faziellen und
petrogenetischen Aussagewert. – In: Verh. d. Geol.
Bundesanstalt. – Wien 4 (1970), S. 692...705.

Besprechungen

FLEISSNER, H., und A. RÖDIGER

Das ewige Meer.

Seit 500 Millionen Jahren Wiege des Lebens.

118 Seiten, 52 Farbphotos,

83 Schwarzweißphotos, 1 Zeittafel.

Kosmos, Franckh'sche Verlagshandlung:
Stuttgart, 1984.

Die ältesten Lebewesen auf unserer Erde bewohnten ausschließlich die Ozeane, und bereits vor mehr als einer halben Milliarde Jahren gab es hier eine ungeheure Vielfalt von Tieren und Pflanzen, wie durch Funde von Fossilien belegt ist. In der zweiten Hälfte des Erdaltertums setzte dann die Entwicklung des Lebens aus dem Meer heraus auf das Land ein und auch die der Meeresbewohner wurde fortgeführt. Ebenso sind gegenläufige Entwicklungen bekannt. So kehrten einzelne Landtiere wieder zum Wasserleben zurück. Der vorliegende Titel schildert das heutige Leben im Meer und stellt es dem längst vergangenen, dem vorzeitlichen, uns nur noch anhand von Fossilfunden bekannten, gegenüber (Aktualitätsprinzip). Der rezente Formen- und Artenreichtum des Lebens in unseren Meeren konnte sich nur entwickeln, weil die Evolutionsmechanismen und -prinzipien nicht nur für einen eng begrenzten Zeitraum Gültigkeit hatten, Fossilien also Glieder einer Entwicklungskette sind, ohne die die Vielfalt des rezenten Lebens nicht existieren würde.

Die Autoren wenden sich mit ihrem Buch vornehmlich an bio- und geowissenschaftlich interessierte Laien. In sehr einprägsamer Weise wird im Kapitel „Vom Leben in Kolonien“ die Entwicklung der Korallen von den Solitärformen im Erdaltertum über riffbildende, weltweit verbreitete Formen im Ordovizium und Silur bis zum Niedergang im Perm dargelegt. Es werden die heute nur in warmen tropischen, flachen und gut durchlüfteten Gewässern lebenden Formen beschrieben. In äquivalenter Manier sind u. a. Moostierchen, Graptolithen und Stromatoporen abgehandelt. Im Abschnitt „Wohnungen: Schalen, Gehäuse, Röhren“ spannt sich der Bogen von präkambrischen Mollusken über ordovizische Orthoceren, im Devon bis zur Kreide vorherrschende Ammoniten, tertiäre, z. T. noch heute existierende Schneckengattungen bis zu den bis in die Gegenwart mit wenigen Arten überlebenden Nautiliden und Brachiopoden. Als „Tiere in Ritterrüstung“ werden Gliederfüßler und Stachelhäuter beschrieben. Die Wirbelsäule als zentrales Stützelement unterscheidet die Chordatiere von allen übrigen Stämmen des Tierreiches. Auf diese Grundkenntnis bauen die Autoren die Ausführungen

im Abschnitt „Wirbeltiere“ auf und aus. Ausgehend von den Agnathen über die Placodermen werden u. a. die Fische abgehandelt, ohne jeweils die Evolution von den fossilen zu den rezenten Formen aus dem Auge zu verlieren, womit auf Grundvoraussetzungen für die Entwicklung von Meeres- und Landtieren hingewiesen wird. „Vom Schwimmen, Laufen und Treibenlassen“ der Tiere, letztendlich als Ergebnis des Zwanges zur Anpassung an neue Lebensräume und Lebensweisen, handelt das folgende Kapitel. „Orientierungshilfen: Vom Tasten, Fühlen, Hören, Sehen“ werden im nächsten Kapitel behandelt. Sie sind für das Überleben der Tiere äußerst bedeutsam. Je komplexer die Lebensformen sind, desto kompliziertere Organe werden entwickelt, beispielsweise die beim Hai für die Aufnahme chemischer Reize. Bei allen Stämmen der Meeresbewohner, von den Schwämmen bis zu den Walen, gibt es Arten, die sich von Plankton ernähren. Diese seit jeher sehr spezialisierte Ernährungsweise wird im Abschnitt „Planktonfresser und ihre Fangmethoden“ sehr anschaulich dargelegt. Die Riesenhaie hatten Zähne von beeindruckender Größe, die u. a. von den Autoren als „Werkzeuge und Waffen“ gewertet werden, während z. B. dem Rochen Dornen und Stacheln an der Schwanzwurzel als Waffen dienen (über Jahrmillionen hinweg genutzte Verteidigungswaffen der Stachelhäuter!). Scheren und Zangen der Krebstiere bewähren sich seit über 200 Millionen Jahren zum Ergreifen und Zerkleinern der Beute. Das letzte Kapitel, „Seitenblick“, läßt den Leser den Atem der Evolution beim Tauchen in einem tropischen Korallenriff spüren und führt ihn so zu den Fragen, wie wohl einst die Welt der Urmeere aussah, das Zusammenleben funktionierte, welche Funktion Buntheit und Vielgestaltigkeit hatten und welchem Zweck sie heute dient. Und hierin liegt wohl das Hauptanliegen des Titels, anzuregen und darauf aufmerksam zu machen, welche vielfältigen Probleme die Natur für uns offenhält.

Weiterführende Literatur, eine Systemtabelle, ein Glossarium zoologischer und paläontologischer Fachausdrücke und das Sachregister ermöglichen dem Leser eine Vertiefung der dargebotenen Thematik.

Der Titel, für Laien ausgelegt, ist aber auch Fachleuten zu empfehlen, nicht zuletzt wegen der Ausstattung mit hervorragenden Schwarzweiß- und Farbphotos.

G. KRUMBIEGEL