

FACIES	23	97-108	Taf. 13	6 Abb.	--	ERLANGEN 1990
---------------	-----------	--------	---------	--------	----	---------------

Charakter und Ende der devonischen Riffentwicklung im Elbingeröder Komplex (Harz)

Character and Termination of the Devonian Reefs in the Harz Mountains (Elbingerode Complex, Germany)

Arnold Fuchs, Goldberg

SCHLÜSSELWÖRTER: RIFFFAZIES – RIFFENTWICKLUNG – HARZ – MITTEL- UND OBERDEVON

ZUSAMMENFASSUNG

Das Elbingeröder Riff entwickelte sich über einer vulkanischen Untiefe innerhalb des Rhenischen Trogs der variszischen Geosynklinale im oberen Mitteldevon (Givet) und unteren Oberdevon (Frasne). Die Riffentwicklung konnte im Elbingeröder Komplex von der *varcus*- bis zur *gigas*-Zone der Conodontenchronologie nachgewiesen werden. Das Ende der vulkanischen Tätigkeit erfolgte im Elbingeröder Komplex etwa in der Mittleren bis Oberen *varcus*-Zone (Lagerhorizont). Das eigentliche Riffwachstum begann innerhalb der Oberen *varcus*-Zone (Mitteldevon). Die lithofazielle Ausbildung der Riffkalke ermöglicht die generelle Unterscheidung von peripheren Riffschuttkalken (forereef) und lagunären Kalken (back-reef). Der ungeschichtete Riffschutt der äußeren Riffflanken wird vorwiegend durch Rud- und Packstones gebildet. Als Biogene treten Korallen- und Stromatoporenbruchstücke auf. Dieser Faziestyp führt Conodonten. In der Lagune sind Mudstones und Grainstones mit Peloiden häufig. Kennzeichnend sind außerdem Stromatactis- und Birdseyefüge. Die gebankten Kalke dieses Bereiches enthalten vorwiegend Amphiporen, Gastropoden, Brachiopoden, Calcisphären und Foraminiferen. Untergeordnet treten Stromatoporen und Korallen auf. Die back-reef Kalke sind generell conodontenfrei.

Eine Untergliederung des Riffkomplexes in back-reef und fore-reef Bereich ist nur im Mitteldevon (prä-*rotundiloba* Intervall) möglich. Ab Oberdevon (Untere *asymmetricus*-Zone) war die Lagune ausgefüllt, so daß die jüngeren Riffkalke (*asymmetricus*- bis *gigas*-Zone) kein back-reef Äquivalent besitzen (Kappenstadium). Der zentrale Elbingeröder Komplex ergibt das paläogeographische Bild eines Atolls mit einer leewärtigen Lagune und einem äußeren Kranz von Riffschuttkalken. Der Neuwer-

ker und Büchenberg Sattel sowie weitere Sattelstrukturen bildeten primär dem Atoll vorgelagerte Vulkanrücken in bathymetrisch tieferer Position und mit eigenständigem Sedimentationsablauf.

Aus den Lagerungsverhältnissen der Riffkalke (Ausbildung einer Riffzweifel) wird der transgressive Charakter der Riffentwicklung im Elbingeröder Komplex abgeleitet.

Für ein Ende der Riffentwicklung durch verstärkte Absenkung spricht auch die Abfolge Riffkalk - Brachiopodenkalk (Postriffkalk) - pelagische Postriffkalke. Dabei endete das Riffwachstum im Elbingeröder Komplex lokal und temporär unterschiedlich. Letzte Riffbildungen sind aus der Oberen *gigas*-Zone bekannt. Das Ende der devonischen Riffe und das Einsetzen der Flyschphase werden in einem genetischen Zusammenhang gesehen. Beide Vorgänge sind kausal und temporär miteinander verknüpft, verliefen jedoch regional getrennt voneinander ab.

SUMMARY

The Elbingerode Reef developed on a volcanic rise within the Rhenish Trough of the Variscan Geosyncline during the upper Middle Devonian (Givetian) and early part of the Late Devonian (Frasnian). Reef development can be recognized in the Elbingerode Complex from the *varcus* Zone up to the *gigas* Zone of conodont chronology. Volcanic activity came to an end in the Elbingerode Complex nearly isochronously within the Middle and Upper *varcus* Zone (iron-ore bed). Reef growth started in the Upper *varcus* Zone (Middle Devonian). The lithology of the reef limestones permits a general distinction between peripheral detrital reef limestones (fore-reef) and lagoonal limestones (back-reef). Unbedded reef debris characteristic of the outer reef flank is represented mainly by rudstones and packstones. The biogenes are clasts of corals

and stromatoporoids. This facies type contains conodonts. In the lagoon facies mudstones and grainstones with peloids are abundant. Stomatopsis and birdseye structures are characteristic. The bedded limestones of this region mainly contain amphiporoids, gastropods, brachiopods, calcispheres and foraminifers, and only subordinate stromatoporoids and corals. The back-reef limestones generally lack conodonts.

A division of the reef complex into back-reef and fore-reef areas is only possible for the Middle Devonian (*pre-rotundiloba* interval). The lagoon was filled during the Late Devonian (Lower *asymmetricus* Zone), so that younger reef limestones (*asymmetricus* to *gigas* Zones) lack a back-reef sedimentation (cape stage). The central Elbingerode Complex displays the palaeogeographical picture of an atoll with a leeward lagoon and an outer circle of calcareous reef debris. The Neuwerk and Büchenberg anticlines and other anticlines were originally volcanic rises extending in front of the atoll in a bathymetric deeper position and with an independent sedimentation.

The transgressive character of reef development (formation of a so-called reef onion) is deduced from the dip of the bedding of the reef limestones. The sequence reef limestones - brachiopod limestones (post-reef limestones) - pelagic post-reef limestones also provides good evidence that the end of the reef development was caused by an increasing subsidence. The reef growth in the Elbingerode Complex terminated in different places at different times. The last sign of reef building is known from the Upper *gigas* Zone. The end of the Devonian reefs and the beginning of the flysch stage are genetically and temporarily related, but took place regionally separated from each other.

1 EINLEITUNG

Der Elbingeröder Komplex hat in der Erforschungsgeschichte des Harzpaläozoikums sowie der Interpretation der paläogeographischen Entwicklung der Varisziden seit jeher eine Schlüsselposition eingenommen. Er befindet sich innerhalb der Blankenburger Zone des Harzes (Abb. 1) und stellt das Verbreitungsgebiet der zusammenhängenden Schalstein- und Kalkvorkommen des Mittel- und Oberde-

vons sowie der über ihnen abgelagerten unterkarbonischen Schichten dar. Der Elbingeröder Komplex zeichnet sich durch eine fazielle Sonderentwicklung gegenüber seiner Umgebung aus (REICHSTEIN 1959, 1964). Die Klärung der grundsätzlichen und heute noch gültigen Lagerungsverhältnisse im Elbingeröder Komplex gelang KOCH (1895, 1898), indem er die Sattelstruktur der Vulkanitaufbrüche bewies. Zuvor sprach LOSSEN (1881) von "Elbingeröder Schalsteinmulden" und legte seine Auffassung in der "Geognostischen Übersichtskarte des Harzgebirges" von 1881 dar. Das Hauptaugenmerk neuerer Untersuchungen im Elbingeröder Komplex lag u.a. auf folgenden Schwerpunkten:

- Erarbeitung einer conodontenstratigraphischen Gliederung der Riffkalke des Elbingeröder Komplex
- Vervollkommnung der stratigraphischen Aussagen über Postriffkalke
- Aufdeckung der Bindung der Conodontenführung an diskrete Lithofaziestypen innerhalb des Riffkomplexes
- Skizzierung des Charakters der Riff- und Postriffentwicklung und der paläogeographischen Einbindung des Elbingeröder Komplexes

Die conodontenstratigraphischen Ergebnisse und erste sedimentologische Bemerkungen, die jedoch nicht Schwerpunkt der Untersuchungen waren, wurden von FUCHS (1987, 1989a, b) mitgeteilt. Die daraus abgeleitete Interpretation wird hiermit zur Diskussion gestellt.

2 RIFFENTWICKLUNG IM ELBINGERÖDER KOMPLEX

Die Riffentwicklung konnte im Elbingeröder Komplex von der *varcus*-Zone (Mitteldevon, Givet) bis zur *gigas*-Zone (Oberdevon, Frasn) nachgewiesen werden. Das Ende der vulkanischen Tätigkeit erfolgte im Elbingeröder Komplex etwa in der Mittleren bis Oberen *varcus*-Zone (Lagerhorizont). Das eigentliche Riffwachstum begann innerhalb der Oberen *varcus*-Zone. In der Riffentwicklung konnten das prä-*rotundiloba* Intervall (Obere *varcus*-Zone, *hermanni-cristatus*-Zone, *disparilis*-Zone und Unterste *asymmetricus*-Zone der Standard Zonierung) im Mitteldevon sowie die *asymmetricus*-Zone (Untere, Mittlere und Obere *asymmetricus*-Zone der Standard Zonierung), die *Anc. triangula-*

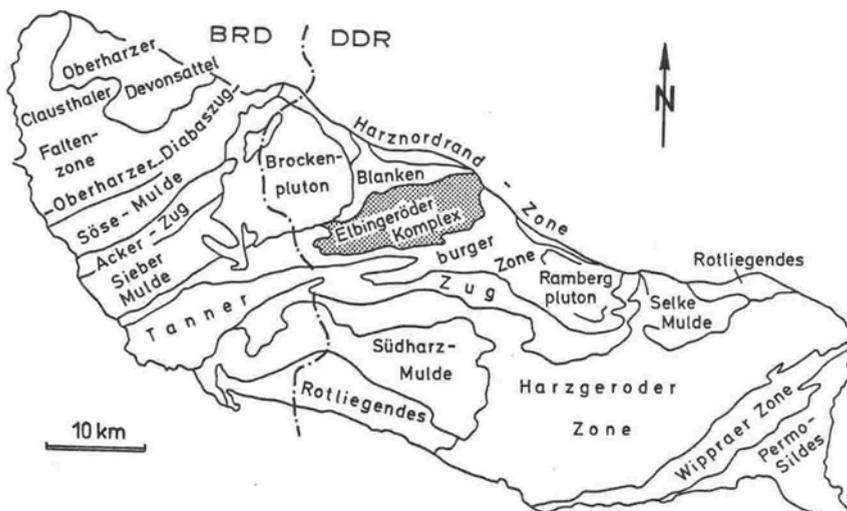


Abb. 1. Die geologischen Einheiten des Harzes (nach LUTZENS 1973).
The geological units of the Harz Mountains (from LUTZENS 1973).

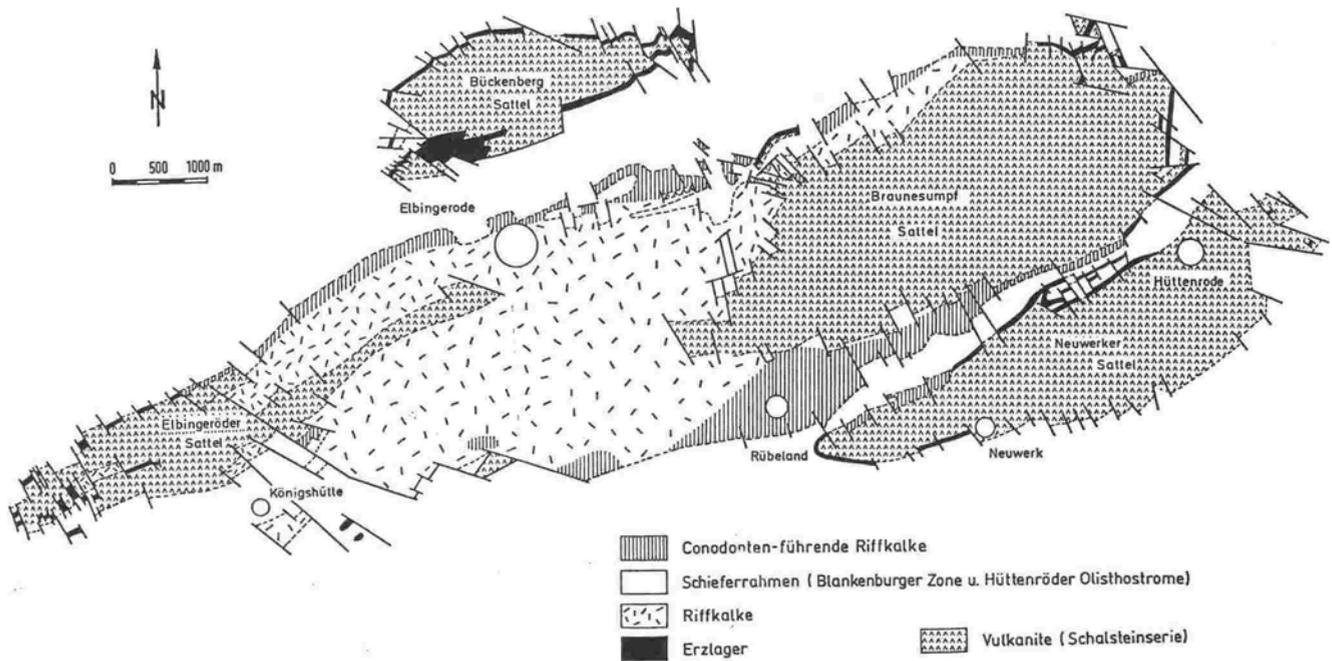


Abb. 2. Strukturelle Gliederung des Elbingeröder Komplexes. - Structural subdivision of the Elbingerode Complex.

ris-Zone und die Obere und Untere *gigas*-Zone des Oberdevons (Frasne) ausgehalten werden.

Die Riffbildungen des Elbingeröder Komplexes erfolgten auf einer gegliederten vulkanischen Untiefe im offenen marinen Bereich innerhalb des Rhenischen Troges der variszischen Geosynklinale. Der zentrale Elbingeröder Komplex ergibt das paläogeographische Bild eines Atolls mit einer leewärtigen Lagune.

Die strukturelle Gliederung des Elbingeröder Komplexes in verschiedene Elemente (Sättel, Horste, Mulden, Achsenrampen) stellt den tektonischen Ausdruck (variszische Orogenese) einer primären Reliefdifferenzierung in Schwelmen, Senken und Becken (Lagune) dar (Abb. 2). Das Zentrum des Elbingeröder Komplexes wird von einer Mulde gebildet, die vom Elbingeröder und Braunesumpf Sattel bzw. deren verdeckter Verlängerung umgeben ist. Paläogeographisch handelt es sich um eine Lagune, die durch kranzförmig angeordnete Vulkanrücken vom offenen marinen Bereich abgeschirmt war. Luvwärts waren die Vulkanrücken von Riffschuttkalke (fore-reef) umgeben und leewärts befinden sich die Lagunensedimente (back-reef). Dieser Teil des Elbingeröder Komplexes zeigt damit charakteristische Kennzeichen eines Atolls.

Der Neuerker und der Büchenberger Sattel sind paläogeographisch als separate vulkanische Untiefen zu charakterisieren, die von einem geringmächtigen Riffranz (einschließlich Lagerhorizont) umgeben waren und primär bathymetrisch tiefer positioniert waren als die Vulkanrücken des zentralen Elbingeröder Komplexes. An beiden Sätteln reicht die Rifffentwicklung nur lokal und gering über die Bildung des Lagerhorizontes hinaus. Es wurden hier keine oberdevonischen Rifffalke bekannt. Pelagische Postrifffalke folgen bereits im oberen Mitteldevon den Rifffalken (WEYER 1960; SCHIMANSKI 1960, 1969; REICHSTEIN 1960a, b).

Für den als Atoll zu charakterisierenden zentralen Teil

des Elbingeröder Komplexes kann die von KREBS (1968, 1971, 1974, 1978) erarbeitete genetische Gliederung devonischer Rifffkomplexe teilweise wiedererkannt werden (Abb. 3). Die Schwelm-Fazies (Bank-Fazies) bleibt dabei auf die Rifff des Schelfbereiches der variszischen Geosynklinale beschränkt. Ihre Funktion (Bildung einer Untiefe) wird im Elbingeröder Komplex durch den Initialvulkanismus, der zum Aufbau von Vulkanrücken im Rhenischen Trog führte, übernommen. Lediglich die Termini Dorp-Fazies (eigentlich Rifff-Fazies) und Iberg-Fazies (Kappen-Fazies) sind unter Vorbehalt auf den Elbingeröder Komplex übertragbar. Da mit den Begriffen aber nur fazielle und keine stratigraphischen Aussagen verbunden sind, wird die überregionale Korrelation schwierig zu lösen sein. Die Untergliederung in einen fore-reef und einen back-reef Bereich sowie Rifffkern ist nur im Dorp-Stadium möglich. Die Iberg-Fazies wird nur noch durch fore-reef Kalke repräsentiert, die über das gesamte Rifff kappenartig hinweggreifen.

Im Elbingeröder Komplex ist lediglich eine Untergliederung in Kalke der Lagune (back-reef) und Rifffschuttkalke des peripheren Rifffschutthanges möglich. Diese Trennung in zwei Bereiche ist noch stark schematisiert und die darin enthaltenen Faziestypen stellen charakteristische Vertreter innerhalb einer bestimmten Variationsbreite dar. Hauptriffbildner im Elbingeröder Komplex sind Stromatoporen und Korallen. Diese Organismen können nach ihren Wuchsformen weiter in massig-knollige und dendroide Stromatoporen, tabulate und rugose solitäre sowie rugose kolonienbildende Korallen unterteilt werden. Die bei den Korallen teilweise erfolgte gattungsmäßige Zuordnung (*Heliolites*, *Thamnopora*, *Phillipsastrea*) muß als vorläufig angesehen werden. Weiterhin konnten Brachiopoden, Gastropoden, Tentakuliten, Crinoiden, Amphiporen, Foraminiferen, Calcisphären, ?Radiolarien und Ostracoden identifiziert werden. Eine weitere Untergliederung in niedere taxonomische Einheiten

Pelagische Fazies (Standard Zonierung)	Elbingeröder Riff	
	Conodontenzonen	Lithologie
Pa. triangularis Zone	Pa. triangularis Zone	Postriffkalke
gigas Zone	gigas Zone	Kappenstadium (fore-reef)
Oberste Obere Untere	Obere Untere	
Anc. triangularis Zone	Anc. triangularis Zone	back-reef fore-reef Atoll
asymmetri- cus Zone	asymmetricus Zone	
Obere Mittlere Untere		
dengleri O. Zone U. disparilis Zone	prä - rotundiloba Intervall	Lagerhorizont
hermanni- cristatus Zone		
varcus Zone	varcus Zone	Vulkanite
Obere Mittlere Untere	Obere Mittlere Untere	

Abb. 3. Gegenüberstellung der Conodontenzonierung in der Rifffazies des Elbingeröder Komplexes mit der Standardzonierung der pelagischen Fazies. Comparison of the conodont zones in the reef facies of the Elbingerode Complex and the standard zones of the pelagic facies.

ist derzeit nur schwer möglich, wird aber angestrebt (FUCHS 1990).

Der fore-reef Bereich ist durch das Vorherrschen von Pack- und Rudstones, neben Float- und Wackestones charakterisiert. Die zahlreichen Bioklasten stellen zerbrochene Riffbildner dar. Neben massig-knolligen und dendroiden Stromatoporen sind es vor allem kolonienbildende rugose Korallen, die diesen Bereich kennzeichnen.

Der Riffschutt läßt keine Schichtung erkennen. Es ist keine auffallende Änderung im lithologischen Character der fore-reef Kalke in der Zeit bemerkbar. Die Gesteine des fore-reef Bereiches entsprechen den SMF - Typen 5 und 6 von WILSON (1975) und stellen damit typische Riff-Flankensedimente dar, die durch Aufarbeitung gewachsenen Riffmaterials im hohergetischen, offen-marinen Bereich abgelagert wurden. Im gesamten fore-reef Bereich treten Conodonten auf, allerdings erscheint die Fauna auf Grund der hohen Sedimentationsrate äußerst verdünnt. Ein Riffkern, wie ihn PALME (1977) vermutete, konnte nicht nachgewiesen werden. Vielmehr wurde die von FRANKE (1973) am Iberg getroffene Feststellung, daß der Anteil autochthoner Riffbildner am Riffaufbau unbedeutend ist, bestätigt. Eine Ursache für den fehlenden Riffkern im Elbingeröder Komplex besteht auch darin, daß der Übergangsbereich zwischen back-reef und fore-reef auf dem Top der Vulkanrücken breiter war, als er beispielsweise bei KRAMER & MUCKE (1973) angegeben wurde. Die Übergangsfäche war nur von vereinzelten und isolierten Riffbildnern besiedelt, die durch die Wellentätigkeit zerstört wurden und Riffdetritus lieferten. Bei den Riffkalcken der Lagune (back-reef) herrschten Mudstones sowie Grainstones mit Peloiden neben Wacke- und Packstones vor. Typische mikrofaziale Merkmale sind Stro-

matactis-, Birdseyes- und Fenstergefüge. Wenig solitäre Korallen, Gastropoden und Brachiopoden "schwimmen" in einer mikritischen Matrix, die häufig diagenetisch durch Sammelkristallisation in Mikrospatit umgewandelt ist.

Typisch sind weiterhin Calcisphären und Foraminiferen in den Mudstones. Die Biogene der Pack- und Wackestones werden vorherrschend von sessilen Formen (Amphiporen, Stromatoporen, Gastropoden und Brachiopoden, *Stringocephalus* sp.) gebildet. Teilweise treten massig-knollige Stromatoporen mit Durchmessern bis 2 m auf. Die Hohlräume zwischen den großen Biogenen sind von mehreren Zementgenerationen ausgefüllt. Im lagunären Bereich sind Bankung und Schichtung deutlich erkennbar. Neben diesen - vom fore-reef Bereich deutlich verschiedenen faunistischen und lithofaziellen Merkmalen - spricht das völlige Fehlen von Conodonten für einen abgeschirmten, flachen Ablagerungsbereich (Lagune). Mit zeitweisem Auftauchen und Trockenfallen muß gerechnet werden. Eine Zuordnung zu den SMF-Typen 16, 19 und 22 ist möglich. Die stratigraphischen Ergebnisse belegen, daß die Füllung der Lagune an der Mittel/Oberdevon-Grenze (prä-rotundiloba Intervall, FUCHS 1987) beendet war. Für diese Einstufung sprechen oberdevonische fore-reef Kalke, die kappenartig die back-reef Kalke überlagern.

Die größten Kalkmächtigkeiten innerhalb des Elbingeröder Komplexes wurden in der Lagune mit mehr als 500 m erbohrt (LUTZENS 1979). Die hohen Kalkmächtigkeiten wurden von LANGE (1973) durch den möglichen Einsturz einer Caldera erklärt. Dagegen geht MUCKE (1973) von einer diagenetischen Senkung der vulkanogenen Lockerprodukte aus, die die syngenetische Senkung der Mulde und Füllung

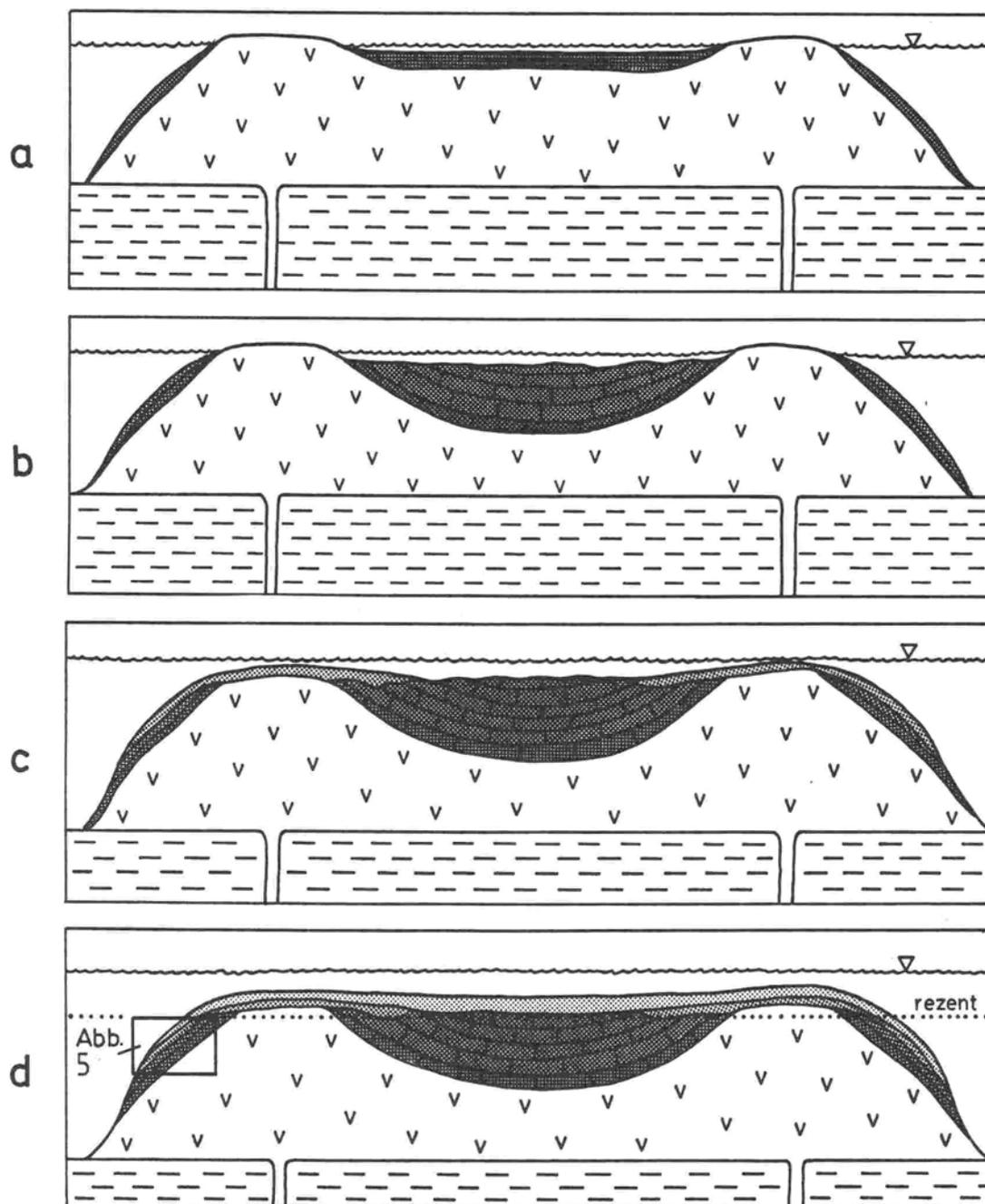


Abb. 4. Entwicklungsschema des Elbingeröder Komplexes vom Beginn des Riffwachstums (Mitteldevon, Givet, *varcus*-Zone) bis zum Ende der Riffbildung (Oberdevon, Frasn, *gigas*-Zone).

a. Initiales Riffwachstum und Geneses des Lagerhorizontes nach der Bildung der vulkanischen Untiefe (Mitteldevon, Givet, *varcus*-Zone).

b. Entwicklung des Riffes im Atoll-Stadium mit back-reef und fore-reef Bereich. Füllung der Lagune bei syngenetischer Senkung des Untergrundes durch diagenetische Setzung der vulkanogenen Lockerprodukte (Mitteldevon, Givet, prä-*rotundiloba* Intervall).

c. Entwicklung des Riffes im Kappenstadium (Iberg-Fazies). Die allgemeine Subsidenzverstärkung bedingt die ausschließliche Sedimentation von fore-reef Kalken, die teilweise über die zentralen Bereiche des Elbingeröder Komplexes (Lagune) hinweggreifen (Oberdevon, Frasn, *asymmetricus*-Zone).

d. Kappenstadium - völliges Übergreifen der fore-reef Kalke über das Riff (Oberdevon, Frasn, *Anc. triangularis*-Zone bis Obere *gigas*-Zone).

Diagram showing the development of the Elbingerode Complex from the beginning of the reef growth (Middle Devonian, Givetian, *varcus* Zone) to the end of reef building (Late Devonian, Frasnian, *gigas* Zone).

a. Initial reef growth and origin of the iron-ore bed after the formation of the volcanic high (Middle Devonian, Givetian, *varcus*-Zone).

b. Development of the reef during the atoll stage with back-reef and fore-reef area. Infilling of the lagoon associated with syngenetic subsidence of the bottom caused by diagenetic compaction of the volcanic detritus (Middle Devonian, Givetian, prä-*rotundiloba* interval).

c. Reef development during the cape stage (Iberg facies). The general increase in subsidence caused sedimentation of fore-reef limestones, which partly overlap the central parts (lagoon) of the Elbingerode Complex (upper Devonian, Frasnian, *Anc. triangularis* Zone to Upper *gigas* Zone).

mit Karbonaten - bei allgemeiner Subsidenz - besser erklärt. Eine Untergliederung in back-reef und fore-reef Kalke ist im Elbingeröder Komplex daher nur im Mitteldevon (prä-*rotundiloba* Intervall) möglich. Oberdevonische fore-reef Kalke (*asymmetricus*- bis *gigas*-Zone) besitzen kein back-reef Äquivalent. Diese Riffbildungen können der Iberg-Fazies im Sinne von KREBS (1968) zugeordnet werden. In dem Kappenstadium greifen die Riffschuttkalke über den ganzen Riffkomplex hinweg (Abb. 4).

Diese Kappenbildung konnte mit dem Nachweis der Riffzweibel im Gebiet von Rübeland dokumentiert werden. Generell werden die Riffkalke mit größerer Entfernung vom Vulkanitsattel jünger. Die Conodontenzonen schließen sich jedoch nicht konsequent parallel an den Sattelrand an. Vielmehr biegen sie im Ostteil der Ortslage Rübeland in eine nahezu senkrecht Richtung zur Sattelachse ein (vgl. FUCHS 1989a, Abb. 2). Damit erfolgte das Riffwachstum nur tendentiell von Innen (Vulkanitschwelle) nach Außen und war in sich differenziert. Es ist zu bemerken, daß diese Differenzierung im Einflußbereich der nördlichen Hauptstörung des Bodelineaments (RUCHNOLZ 1983) auftritt. Der abweichende Verlauf der Conodontenzonen im Bereich Rübeland ist verbunden mit einem unterschiedlichen Ausstrich der Zonen im Kartenbild, der im Südosten breiter als im Nordwesten ist. In Richtung des breiteren Ausstrichs wird auf eine flachere Lagerung der Zonen geschlossen. Die *gigas*-Zone liegt deshalb nahezu söhlig. Maßgeblich zur Klärung der Lagerungsverhältnisse im Gebiet von Rübeland und damit des Charakters der Riffbildung trug die Nachbearbeitung

der Bohrung Stahlberg 1/65 bei. LUTZENS & ZIMMERMANN (1969) hatten für den höchsten Teil der Bohrung Conodonten der *Pa. triangularis*-Zone ermittelt. Die gezielte Nachbeprobung ergab, daß diese Conodonten aus taschenförmigen Hohlräumen im Riffkalk herrühren, also bereits zur Postriffsedimentation gehören. Der Riffkalk selbst führte nur eine geringe Fauna, die mit *Polygnathus dengleri* eine Datierung in das obere prä-*rotundiloba* Intervall bis Untere *asymmetricus*-Zone (Mittel/Oberdevon-Grenzbereich) gestattet (m 404,1). Die Datierung des Riffkalkes der Bohrung Stahlberg 1/65 sowie die unterschiedliche Ausstrichbreite der Conodontenzonen im Kartenbild ermöglichen die Analyse der Lagerungsverhältnisse im Gebiet von Rübeland (Abb. 5). Die einzelnen Conodontenzonen schmiegen sich schalenartig aneinander an und ihr Einfallen wird in Richtung auf den Vulkanitsattel sowie in paralleler Erstreckung dazu falcher. Diese Erscheinungsform wurde an subrezenten Riffen beobachtet, bei denen eine Absenkung des Meeresbodens bzw. ein Meeresspiegelanstieg das Absterben der Riffbildner bedingte, weil ihre Wachstumsrate übertroffen wurde. Typisch für diese "ertrunkenen" Riffe ist der schalenartige Innenaufbau, der als Riffzweibel bezeichnet wird (GEISTER 1983). Die Ausbildung der Riffzweibel belegt eindeutig den transgressiven Charakter der Riffentwicklung im Elbingeröder Komplex, der am Ende der *gigas*-Zone das Abbrechen der Riffbildung infolge erhöhter Absenkung verursachte. Die über den mitteldevonischen back-reef Kalken gelegentlich auftretenden oberdevonischen fore-reef Kalke sind in diesem Sinne als eine geringmächtige konvexe Abdeckung der lagunären Kalke zu interpretieren, die entsprechend dem rezenten Anschnittsniveau nur sporadisch auftreten.

3 ENDE DER RIFFENTWICKLUNG IM ELBINGERRÖDER KOMPLEX

Das Ende der Riffentwicklung erfolgte im Elbingeröder Komplex temporär und lokal unterschiedlich. Während am Büchenberg und Neuerker Sattel das Riffwachstum bereits im prä-*rotundiloba* Intervall (Mitteldevon) endete und pelagische Postriffkalke folgen, sind von den Flanken des Atolls Riffbildungen bis in die *gigas*-Zone nachweisbar. Bereits abgestorbene Riffteile müssen frühdiagenetisch verfestigt worden sein, da Postriffkalke mit geringem Hiatus folgen. Am Garkenholz treten Einlagerungen von Postriffkalcken der *asymmetricus*-Zone in Riffbalken der prä-*rotundiloba* Intervalls auf und im Gebiet von Rübeland sind Einlagerungen von Postriffkalcken der Oberen *gigas*-Zone in Riffkalcken des *Anc. triangularis*-Zone bekannt. Im Gebiet von Rübeland treten außerdem die jüngsten Riffbildungen auf und das Riffwachstum endete in der Oberen *gigas*-Zone, wobei die Zonen vom prä-*rotundiloba* Intervall über die *asymmetricus*-, *Anc. triangularis*- und Untere *gigas*-Zone nachweisbar sind.

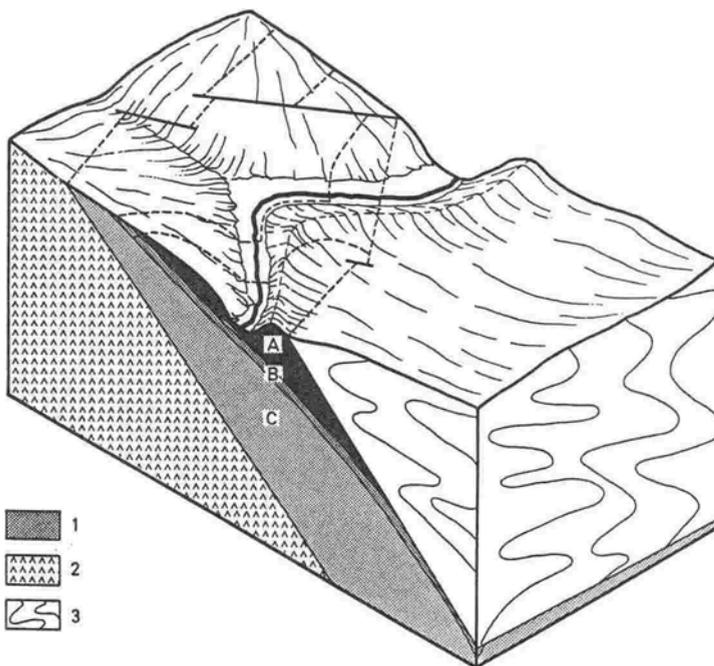


Abb. 5. Lagerungsverhältnisse der Riffkalke im Gebiet von Rübeland, Elbingeröder Komplex (1-Riffkalke, 2-Vulkanite des Braunesumpfsattels, 3-Schieferrahmen, A-*Anc. triangularis*-Zone, B-*asymmetricus*-Zone, C-prä-*rotundiloba* Intervall).

Occurrence of the reef limestones in the Rübeland area, Elbingerode Complex (1-reef limestones, 2-volcanic rocks, 3-fringe of clastic rocks, A-*Anc. triangularis* Zone, B-*asymmetricus* Zone, C-pre-*rotundiloba* interval).

Das Erlöschen des Riffwachstums in der oberen *gigas*-Zone im Elbingeröder Komplex korreliert mit den weltweiten Absterben der devonischen Riffe zu diesem Zeitpunkt (BURCHETTE 1981; EDER & FRANKE 1982; HOUSE 1985; JOHNSON, KLAPPER & SANDBERG 1985; HLADIL 1986). Das Ende der Riffbildung im Elbingeröder Komplex ist - aufgrund des nachgewiesenen transgressiven Charakters der Riffentwicklung und der folgenden pelagischen Postriffkalke - auf eine beschleunigte Absenkung zurückzuführen.

Nach der Riffentwicklung folgte ohne größeren Hiatus die karbonatische Postriffsedimentation fast lückenlos von der *Pa. triangularis*-Zone (Frasne/Famenne) bis zur *anchoralis*-Zone (Unterkarbon). Der Nachweis der Postriffkalke erfolgte größtenteils in vororogen angelegten Hohlraum- und Spaltenfüllungen innerhalb des riffogenen Wirtsgesteines. Die Postriffkalke bildeten - entsprechend dem heutigen Erosionsanschnitt - nur in seltenen Fällen neben dem stratigraphischen auch das lagerungsmäßig Hangende der Riffkalke. Die so konservierten stratigraphischen Belege stellen derzeit die einzigen Indizien für die Rekonstruktion der paläogeographischen Postriffentwicklung im Elbingeröder Komplex dar. Durch den Nachweis der Postriffkalke kön-

nen die früher aufgrund vermeintlicher Schichtlücken postulierten Erosionsphasen ausgeschlossen werden.

Bei der Interpretation der Riff- und Postriffentwicklung muß die paläogeographische Position des Elbingeröder Komplexes in der variszischen Geosynklinale beachtet werden. Das Riff des Elbingeröder Komplexes entwickelt sich auf einer isolierten vulkanischen Untiefe innerhalb des Rheinischen Troges. Seine Lage läßt den direkten Vergleich nur mit wenigen Riffen des Varizikums zu (z.B. Langenau-Bach-Breitscheid im Rheinischen Schiefergebirge, KREBS 1966). Der größte Teil der devonischen Riffe befindet sich dagegen auf dem Schelfbereich der Geosynklinale (weitere Riffe des Rheinischen Schiefergebirges, des Heiligkreuzgebirges in Polen, im Mährischen Karst sowie Australiens und Nordamerikas). Ihre Entwicklung und ihr Bauplan gestatten nur bedingt Analogieschlüsse zu den Riffen des inneren Troges der Geosynklinale.

Die Ansicht von FUCHS & RUCHHOLZ (1985) ermöglicht die Lösung des Konfliktes in den Vorstellungen über das devonische Riffsterben. Ausgangspunkt ist die Unterscheidung von Schelfriffen und isolierten Riffen innerhalb des geosynklinalen Troges, denen die konträren Positionen über

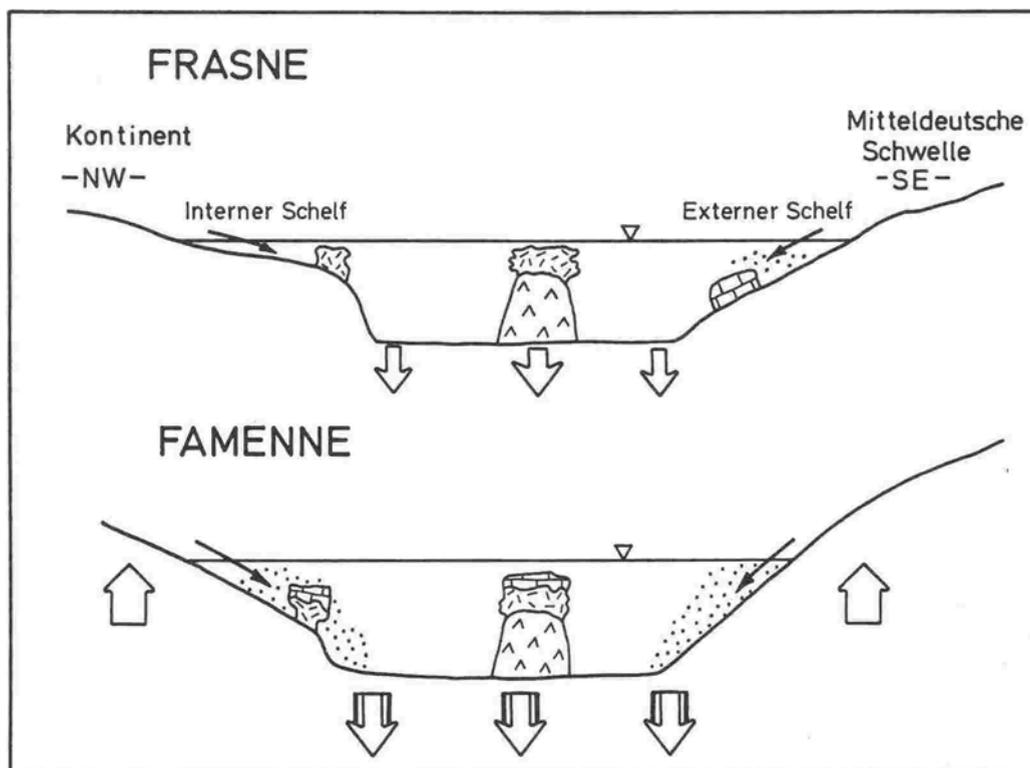


Abb. 6. Schematisches Profil durch die variszische Geosynklinale im Oberdevon.

Frasne: Riffentwicklung auf dem Schelf und den vulkanischen Untiefen bei allgemeiner Subsidenz des Troges und Hebung im Bereich der Mitteldeutschen Schwelle sowie der angrenzenden Festländer.

Famenne: Ende der Riffentwicklung im Frasne/Famenne Grenzbereich. Die Subsidenzverstärkung im Trog führte zum "Ertrinken" der isolierten Riffe auf den Vulkanschwellen. Die Reliefversteilung an den Trogflanken bedingte das Ende der Schelfriffe durch einen Ursachenkomplex.

Evolution of the Variscan geosyncline during the Late Devonian.

Frasnian: Reef development on the shelf and on the volcanic highs with general subsidence of the trough and uplift in the area of the Mid-German Rise as well as of the adjoining continental blocks.

Famennian: Termination of reef development at the Frasnian/Famennian boundary. Increasing subsidence within the trough resulted in the "drowning" of the isolated reefs on the volcanic highs. The steepening of the relief on the flanks of the trough brought about a complex events leading to the end of reef growth on the shelf.

die Ursachen des Ende des Riffwachstums (nachlassende oder zunehmende Subsidenz) zugeordnet werden können.

Innerhalb des Rhenischen Troges wird das Ende der devonischen Riffbildung durch verstärkte epigenetische Absenkung des Untergrunds erklärt (vgl. MEISCHNER 1971). Die Postriffkalke des Elbingeröder Komplexes belegen eine submarine Untiefe, die mit pelagischen Sedimentationsverhältnissen nach dem Riffwachstum bis ins Unterkarbon weiter existierte. Eine paläogeographische Position als Tiefschwelle im Sinne von RABIE (1956) bzw. "seamount" (WEYER 1981) scheint plausibel.

Rezente Gyots sind oft mit fossilen Riffen bedeckt, die von pelagischen Karbonatsedimenten überlagert werden. Die Mächtigkeit der postriffogenen Ablagerungen liegt dabei beträchtlich unter der der Riffkalke. Teilweise tritt Nichtsedimentation auf. Dabei wurden an Gyots bedeutende Subsidenzraten beobachtet. Während hohe Sedimentmächtigkeiten eine hohe Subsidenzrate belegen, ist die umgekehrte These, daß geringe Sedimentmächtigkeiten für geringe Subsidenz bzw. Stagnation sprechen, damit nicht schlüssig, wenn Sedimente unterschiedlichen Charakters, beispielsweise sedentäre und sedimentäre Ablagerungen miteinander verglichen werden. An Riffen wurden Sedimentationsraten von 1m/100 Jahre ermittelt (SCHLAGER 1981). Während z.B. für das Bahama-Riff eine Entwicklungszeit von ca. 100 Ma belegt wurde (SCHLAGER & GINSBURG 1981), existiert das Elbingeröder Riff maximal 12 Ma (absolute Angaben nach ZIEGLER 1978 und MENNING 1989).

Durch eine Stagnation der Absenkung wird das Riffwachstum ebenfalls nicht notwendigerweise beendet, weil das Riff durch eigenen, meerwärtigen Aufwuchs weiter existieren könnte. Beispiele für diese Möglichkeit stellen alle regressiven Riffe dar. Vielmehr müssen weitere ökologische Veränderungen hinzutreten, um das Biosystem "Riff" zu zerstören (vgl. STEARN 1982; PLAYFORD 1980; MOUNTJOY 1980).

Extreme Flachwasserverhältnisse nach dem Riffwachstum oder ein Auftauchen, wie es FRANKE (1973) für den Iberg vermutet, sind aus faunistischen Gründen (lückenlose pelagische Zonierung der Postriffkalke) für den Elbingeröder Komplex auszuschließen. Ein Beleg für das überlieferte paläomorphologische Relief zeigt sich im Übergreifen klastischer Sedimente auf tiefere Teile des Elbingeröder Komplexes (Büchenberg und Neuwerker Sattel) schon während des Oberdevons und Oberkarbons (WEYER 1960, 1968; SCHIMANSKI 1960, 1969; LUTZENS & ZIMMERMANN 1969; LUTZENS 1972, 1979; REICHSTEIN 1959). Der Übergang von der Hoch- zur Tiefschwelle stellt den Kulminationspunkt von sedentärer und sedimentärer Ablagerungen dar und zeigt sich durch die Sedimentation pelagischer Kalke, Mischfaunen in Sedimentgängen und Kalkturbiditen (FUCHS 1989b).

Die Absenkung des Beckens führte zur Reliefversteilung an den Trogflanken, so daß die Schelfriffe durch die damit verbundene verstärkte klastische Sedimentation zum Absterben gebracht wurden. Die intensive Einschüttung klastischen Materials ist gleichbedeutend mit dem Einsetzen der Flyschphase am Trogrand. Das Innere des Rheni-

schen Troges erreichten die Flyschsedimente erst im Unterkarbon. Das Einsetzen der Flyschphase und das Ende der devonischen Riffe werden somit in einem genetischen Zusammenhang gesehen. Beide Vorgänge sind kausal und temporär miteinander verknüpft, verliefen jedoch regional getrennt voneinander ab (Abb. 6). Aus diesem Modell leitet sich ein breites Ursachenspektrum für ein Ende der Schelfriffe ab. Durch die Lage im kritischen Bereich der Reliefversteilung ist auf engem Raum der Wechsel von Absenkung, Auftauchen, Stagnation und tektonischer Vorstellung möglich. Pelagische und Flachwasserkalke (DVORAK 1972) können nebeneinander abgelagert werden. Die Sedimentation von organischem und feinklastischem Material übte einen direkt steuernden Einfluß auf das Riffwachstum aus und führte zu dessen Ende (WILDER 1989). In der Kausalkette haben jedoch die kinematischen Bedingungen des Untergrundes, einschließlich plattentektonischer Bewegungen, das Primat und sind verantwortlich für den Merkmalskomplex des Riffsterbens (Klimaveränderungen, Verstärkung der chemischen Verwitterung durch erhöhte Niederschlagsraten, Erhöhung des klastischen und organischen Eintrags bis zur euxinischen Sedimentation). Im Troginneren erfolgte dagegen eine einfachere, gerichtete Entwicklung durch Subsidenzzunahme. Die Trogriffe wurden nach und nach in die Beckensedimentation (KREBS 1979) einbezogen.

LITERATUR

- BURCHETTE, T.P. (1981): European Devonian Reefs: a review of current concepts and models. - Soc. Econ. Paleon. Min., Spec. Publ. 30, 85-142, 24 Abb., Tulsa
- DVORAK, J. (1972): Shallow-water character of the nodular limestones and their paleogeographic interpretation. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1972, 509-511, Stuttgart
- EDER, W. & FRANKE, W. (1982): Death of Devonian reefs. - N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 163, 241-243, Stuttgart
- FLÜGEL, E. & HÖTZL, H. (1971): Foraminiferen, Calcisphaeren und Kalkalgen aus dem Schwelmer Kalk (Givet) von Letmathe im Sauerland. - N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 137, 358-395, 5 Abb., 16 Tab., Stuttgart
- FRANKE, W. (1973): Fazies, Bau und Entwicklungsgeschichte des Iberger Riffes (Mitteldevon bis Unterkarbon III, NW-Harz, West-Deutschland). - Geol. Jb. A 11, 3-127, 9 Taf., 15 Abb., 8 Tab., Hannover
- FUCHS, A. (1987): Conodont biostratigraphy of the Elbingerode Reef Complex, Harz Mountains. - Acta Geol. Polonica 37, 33-59, 22 Taf., 6 Abb., Warschau
- (1989a) Remarks on the Middle/Upper Devonian Boundary in the Elbingerode Reef Complex, Harz Mountains. - Courier Forsch.-Inst. Senckenberg 117, 267-273, 2 Abb., Frankfurt
- (1989b): Relationship between facies development, conodont stratigraphy and colour alteration indices of conodonts in The Elbingerode Reef Complex, Harz Mountains (Devonian, Lower Carboniferous), G.D.R. -In: KAZMER, M.: 10th IAS Regional Meeting on Sedimentology (abstr.), 92-93, Budapest
- (1990): Bemerkungen zur conodontenstratigraphischen Position einiger devonischer rugoser Korallen des Elbingeröder Riffkomplexes (Harz). - Abh. Ber. Naturkd. Vorges., Magdeburg (im Druck)
- FUCHS, A. & RUCHHOLZ, K. (1985): Das Ende der devonischen Riffe - ein globales Ereignis der variszischen Geosynklinalentwicklung. - In: HAUBOLD, H. (ed.): Exkursionsführer und Kurzreferate zur Tagung der GGW der DDR "Grundlagen und

- Probleme der Stratigraphie" in Halle 1985, 20-21, Berlin
- GEISTER, J. (1983): Holozäne westindische Korallenriffe: Geomorphologie, Ökologie und Fazies. - *Facies* 9, 173-284, 11 Taf., 57 Abb., 8 Tab., Erlangen
- HLADIL, J. (1986): Trends in the Development and Cyclic Patterns of Middle and Upper Devonian Buildups. - *Facies* 15, 1-34, 9 Taf., 9 Abb., 1. Tab., Erlangen
- HOUSE, M. R. (1985): Correlation of mid-Palaeozoic ammonoid evolutionary events with global sedimentary perturbations. - *Nature* 313, 17-22, 6 Abb., London
- JOHNSON, J.G.; KLAPPER, G. & SANDBERG, C. A. (1985): Devonian eustatic fluctuations in Euroamerica. - *Geol. Soc. Amer. Bull.* 96, 567-587, 12 Abb., Boulder
- KOCH, M. (1895): Gliederung und Bau der Culm- und Devonablagerungen des Hartenberg- und Büchenberg Sattels nördlich von Elbingerode. - *Jb. Preuss. Geol. Landesanst.* 16, 131-165, 1 Karte, Berlin
- (1898): Über die Umdeutung der geologischen Verhältnisse im Unterharz. - *Z. Dtsch. Geol. Ges.* 50, 21-28, 1 Tab., Berlin
- KRAMER, W. & MUCKE, D. (1973): Beziehungen zwischen Magmatiten und Sedimenten in sedimentären Komplexen. - *Z. geol. Wiss.* 1, 531-548, 12 Abb., 3 Tab., Berlin
- KREBS, W. (1966): Der Bau des oberdevonischen Langenaubach-Breitscheider Riffes und seine weitere Entwicklung im Unterkarbon (Rheinische Schiefergebirge). - *Abh. Senck. Naturforsch. Ges.* 511, 1-105, 13 Taf., 18 Abb., 3 Tab., Frankfurt a. M.
- (1968): Reef development in the Devonian of the eastern Rhenish Slate Mountains, Germany. In OSWALD, D.H. (ed.): *International Symposium on the Devonian System.* - *Alberta Soc. Petrol. Geol.* 2, 295-306, 4 Abb., Calgary
- (1979): Devonian basinal facies. - In: HOUSE, M.R.; SCRUTTON, C.T. & BASSETT, M. G. (eds.): *The Devonian System.* - *Spec. Pap. Paleont.* 23, 125-140, 6 Abb., 4 Tab., London
- LANGE, P. (1973): Zur karbonischen Sedimentation am Büchenberg Sattel des Elbingeröder Komplexes (Harz). - *Z. geol. Wiss., Themenheft* 1, 111-126.) Abb., Berlin
- LOSSEN, K. A. (1881): Geologische und petrographische Beiträge zur Kenntnis des Harzes. II. Über den Zusammenhang zwischen Falten, Spalten und Eruptivgesteinen im Harz. - *Jb. Preuss. Geol. Landesanst.* 2, 1-50, Berlin
- LUTZENS, H. (1972): Stratigraphie, Faziesbildung und Baustil im Paläozoikum des Unter- und Mittelharzes. - *Geologie. Beih.* 74, 1-105, 1 Taf., 47 Abb., 1 Tab., Berlin
- (1979): Zur geotektonischen Entwicklung des Harzvariszikums mit besonderer Berücksichtigung synparoxysmaler Resedimentationsprozesse im Mittelharz. - *Schriftenr. geol. Wiss.* 15, 37-103, 3 Taf., 15 Abb., Berlin
- LUTZENS, H. & ZIMMERMANN, G. (1969): Zur Oberdevon/Unterkarbon-Grenze im Elbingeröder Komplex (Harz). - *Geologie* 18, 133-138, Berlin
- MEISCHNER, D. (1971): Clastic Sedimentation in the Variscan Geosyncline East of the River Rhine. - *Sedimentology of parts of Central Europe. Guidebook.* VIII. *Int. Sediment. Congr.* 1971, 9-43, 19 Abb., Heidelberg
- MENNING, M. (1989): Synopsis of numerical time scale 1917-1986. - *Z. geol. Wiss.* 17, 1 Abb., Berlin
- MOUNTJOY, E.W. (1980): Some questions about the development of Upper Devonian Carbonate Buildups (Reefs), Western Canada. - *Bull. Can. Petrol. Geol.* 28, 315-344, 9 Abb., Ottawa
- MUCKE, D. (1973): Initialer Magmatismus im Elbingeröder Komplex des Harzes. - *Freib. Forsch.-H. C* 279, 1-221, 49 Abb., 82 Tab., Leipzig
- PALME, H. (1977): Beitrag zur paläogeographischen Entwicklung der Rifffalke des Elbingeröder Komplexes im Harz (Mittelbis Oberdevon). - *Hallesches Jb. Geowiss.* 2, 27-40, 4 Abb., Halle
- PLAYFORD, P.E. (1980): Devonian "Great Barrier Reef of Canning Basin, Western Australia. - *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull.* 64, 814-840, 27 Abb., Tulsa
- RABIEN, A. (1956): Zur Stratigraphie und Fazies des Oberdevons in der Waldecker Hauptmulde. - *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.* 16, 1-83, 3 Taf., 2. Abb., 2 Tab., Wiesbaden
- REICHSTEIN, M. (1959): Die fazielle Sonderentwicklung im Elbingeröder Raum des Harzes. - *Geologie* 8, 13-46, 14 Abb., Berlin
- (1960a): "Gemeinsames" Auftreten von mitteldevonischen Trilobiten mit oberdevonischen Conodonten am Büchenberg Sattel. - *Geologie* 9, 565-574, 7 Abb., Berlin
- (1960b): Beitrag zum Sedimentationsverlauf vom Oberdevon bis zum Unterkarbon im Innern des Elbingeröder Komplexes (Harz). - *Geologie* 9, 656-662, 4 Abb., Berlin
- (1964): Zur frühvariszischen Reliefentwicklung im Mittelharz. - *Ber. geol. Ges. DDR* 9, 551-565, 3 Abb., 2 Tab., Berlin
- RUCHHOLZ, K. (1983): Die Regionalgeologische Stellung des Elbingeröder Komplexes und die Begründung des Bode-Linamentes. - *Unveröff. Bericht, Sekt. Geol. Wiss., Univ. Greifswald*, 4 S., Greifswald
- SCHLAGER, W. (1981): The paradox of drowned reefs and carbonate platforms. - *Geol. Soc. Amer., Bull.* 92, 197-211, 14 Abb., Boulder
- SCHLAGER, W. & GINSBURG, R.N. (1981): Bahama carbonate platforms - the deep and the past. - *Marine Geology* 44, 1-24, 13 Abb., 1 Tab., Amsterdam
- SCHIMANSKI, W. (1960): Fazielle und stratigraphische Untersuchungen im Devon und Kulm der Südostflanke des Braunesumpf-Sattels (Elbingeröder Komplex/Harz). - *Unveröffentl. Dipl.-Arbeit, Geol.-Paläont. Inst., Univ. Halle*, 327 S., 21 Taf., 81 Abb., Halle
- (1969): Ergebnisse stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im Oberdevon und Kulm an der SE-Flanke des Elbingeröder Komplexes (Harz). - *Hercynia N. F.* 6, 47-56, 4 Abb., Leipzig
- STEARNS, C.W. (1982): The shapes of Paleozoic and modern reef builders: a critical review. - *Paleobiology* 8, 228-241, 3 Abb., Ithaca
- WEYER, D. (1960): Stratigraphische Untersuchungen im Givet, Oberdevon und Kulm der Büchenbergsattels (Elbingeröder Komplex/Harz). - *Unveröffentl. Dipl.-Arbeit, Geol.-Paläont. Inst., Univ. Halle*, 539 S., 127 Abb., 22 Taf., Halle
- (1968): Das Alter der Büchenberg-Kieselschiefer (Unterkarbon) am Büchenberg-Sattel im Elbingeröder Komplex (Harz). - *Hercynia N. F.* 5, 193-200, Leipzig
- (1981): Korallen-Funde im Kulmkalk des Iberg-Winterberger Riffmassivs (Oberharz). - *Abh. Ber. Naturkd. Vorgesch.* XII, 55-64, 4 Abb., Magdeburg
- WILDER, H. (1989): Neue Ergebnisse zum oberdevonischen Riffsterben am Nordrand des mitteleuropäischen Variscikums. - *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.* 35, 57-74, 8 Abb., 5 Tab., Krefeld
- WILSON, J.L. (1975): Carbonate Facies in Geologic History. - 471 S., 30 Taf., 183 Abb., New York (Springer)
- ZIEGLER, W. (1978): Devonian. - In: COHER, G.V. (ed.): *Contributions to the Geologic Time Scale.* - *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Studies in Geology* 6, 337-339, 1 Abb., 2 Tab., Tulsa

Manuskript eingelangt am 12. 2. 1990

Manuskript angenommen am 3. 6. 1990

Kalke des Lagerhorizontes, Mitteldevon

- Fig. 1. Vererzter Float-Rudstone. Als Biogene treten vorwiegend Stromatoporen- und Crinoidenbruchstücke auf. Lagerhorizont, *varcus*- Zone; Krockstein, Probe 104. x 0,9
- Fig. 2. Vererzter Packstone mit zahlreichen Tentaculitenquerschnitten. Lagerhorizont, *varcus*-Zone; Tännichen, Probe Bü-S 19. x 55

Kalke der Lagune (back-reef) bei Elbingerode (prä-*rotundiloba* Intervall, Mitteldevon)

- Fig. 3. Grainstone mit Peloiden. Elbingerode, Probe Zt 40. x 60
- Fig. 4. Mudstone mit einem seltenen Fragment (?rugose Koralle) und Spuren von Stromatactis-Gefüge. Elbingerode, Probe Zt 35. x 60

Kalke des fore-reef Bereiches (Mittel- und Oberdevon)

- Fig. 5. Float-/Rudstone mit Bruchstücken von knollig-massigen Stromatoporen und rugosen Korallen. Galgenberg (prä-*rotundiloba*-Intervall); Probe 70. x 0,6
- Fig. 6. Float-/Rudstone mit Bruchstücken von dendroiden Stromatoporen und rugosen Korallen. Rübeland (*Anc. triangularis*- Zone); Probe Rü-S 12. x 1
- Fig. 7. Float-/Rudstone mit Bruchstücken von rugosen Korallen und dendroiden Stromatoporen. Rübeland (prä-*rotundiloba* Intervall); Probe Rü-N4. x 0,8
- Fig. 8. Float-/Rudstone mit Bruchstücken von dendroiden Stromatoporen und Crinoiden. Rübeland (*Anc. triangularis*- Zone); Probe Rü-S 4. x 0,7

Limestones from the iron-ore bed, Middle Devonian

- Fig. 1. Mineralized float-/rudstone. Bioclasts are mainly fragments of stromatoporoids and crinoids. Iron-ore bed, *varcus* zone; Krockstein, sample 104. x 0.9
- Fig. 2. Mineralized packstone with abundant cross-sections of tentaculites. Iron-ore bde, *varcus* zone; Tännichen, sample Bü-S 19. x 55

Limestones from the lagoonal (back-reef) facies at Elbingerode (pre-*rotundiloba* interval, Middle Devonian)

- Fig. 3. Grainstone with peloids. Elbingerode, sample Zt 40. x 60
- Fig. 4. Mudstone with a rare biogenic fragment (?rugose coral) and stromatactis structure. Elbingerode, sample Zt 35. x 60

Limestones from the fore-reef facies (Middle and Upper Devonian)

- Fig. 5. Floatstone/rudstone with fragments of nodular, massive stromatoporoids and rugose corals. Galgenberg (pre-*rotundiloba* interval); sample 70. x 0.6
- Fig. 6. Floatstone/rudstone with fragments of dendroid stromatoporoids and rugose corals. Rübeland (*Anc. triangularis* zone); sample Rü-S 12. x 1
- Fig. 7. Floatstone/rudstone with fragments of rugose corals and dendroid stromatoporoids. Rübeland (pre-*rotundiloba* interval); sample Rü-N 4. x 0.8
- Fig. 8. Floatstone/rudstone with fragments of dendroid stromatoporoids and crinoids. Rübeland (*Anc. triangularis* zone); sample Rü-S. x 0.7

