

Algenriffkalke, allochthone Riffblöcke und autochthone Beckenkalke im Südteil der Rheinischen Eugeosynklinalen

KLAUS BANDEL & DIETHARD E. MEYER

Kurzfassung: Die marinen Karbonate im Mittel- und Oberdevon am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges (Renoherzynikum) wurden untersucht. Die im südöstlichen Hunsrück verbreiteten Kalke der Schwellen- und Beckenfazies ermöglichen Rückschlüsse hinsichtlich der paläogeographischen Lage dieses landfernen Sedimentationsraumes im eugeosynklinalen Teil der Rheinischen Geosynklinalen.

Die spezielle Entwicklung der autochthonen pelagischen Beckenkalke (Styliolinen-Radiolarien-Kalke, Cephalopodenkalke, Kellwasserkalke) beweist, daß im Südhunsrück vom Unteren Mitteldevon (Obere Eifel-Stufe) bis mindestens zum höchsten Oberdevon (Wocklum-Stufe) Bedingungen des offenen Meeres, bei Meerestiefen von mindestens 500–1000 m im Oberdevon, gegeben waren.

Die Schwellenkalke (Crinoiden-Korallen-Kalke, stromatolithische Algenriffkalke) im Bereich der mindestens 10 km langen und vermutlich 1–2 km breiten Stromberg-Bingerbrücker Schwelle gehören einer im Renoherzynikum bisher nicht bekannten Sonderfazies an.

Es bestehen enge Beziehungen zwischen den im Flachwasser gebildeten Schwellenkalken (Obere Eifel- bis Untere Adorf-Stufe) und den allodapischen Biogenschuttkalken im Becken. Das Vorkommen allochthoner Riffkalkblöcke im Becken zeigt, daß auch nach Absinken der Schwelle starke Reliefunterschiede bestanden.

Abstract: The marine carbonates of the Middle and Upper Devonian of the southern edge of the Rheinisches Schiefergebirge (Renohercynicum) were studied. The study of carbonate rocks of rises (Schwellen) and basins (Becken) found in the SE-Hunsrück resulted in conclusions concerning the paleogeographic situation of off-shore areas. It proved to be sedimentation within the eugeosynclinal part of the Rhenish geosyncline. The specific development of the autochthonous pelagic limestone of the basins (*Styliolina*-radiolarian limestone, cephalopod limestone and "Kellwasserkalk" demonstrates that in the southern Hunsrück from the lower Middle Devonian (Upper Eifelium) onward at least to the uppermost Devonian (*Wocklumeria* stage) conditions of the open sea prevailed. Depths ranged at least 500–1000 m.

The shallow water limestones (crinoid-coral limestones, stromatolithic algal-reef limestones) on the rise which is at least 10 km long and about 1–2 km wide represent a special type of facies otherwise unknown from the Renohercynicum.

Close connections exist between shallow water limestones formed on the rise and allodapic limestones found in the basins. Erratic boulders from the Eifelian reef edge occur within the basinal sediments of the Upper Devonian. This proves that strong differences in relief remained after subsidence of the rise.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	7
2. Problemstellung, Lage des Untersuchungsgebietes	7
3. Arbeitsmethoden	9
4. Beschreibung und Deutung der Kalkvorkommen	10
4.1. Schwellenkalke	10
4.1.1. Schwellenkalke des Mitteldevons	10
4.1.1.1. Crinoiden-Korallen-Riffschuttkalke (Crinoidenkalk-Horizont des Strom- berger Kalkes)	10
4.1.1.2. Algenriffkalke (Massenkalk-Hauptlager des Stromberger Kalkes)	14
4.1.2. Schwellenkalke des älteren Oberdevons (Adorf-Stufe)	16
4.1.2.1. Crinoiden-Korallen-Riffschuttkalke (Hangende Bankkalke des Strom- berger Kalkes)	16
4.2. Beckenkalke	17
4.2.1. Beckenkalke des Mitteldevons	17
4.2.1.1. Graue Flaserkalke und Kalklinsen	17
4.2.2. Beckenkalke des älteren Oberdevons (Frasne)	18
4.2.2.1. Graue plattige Kalke, Kalklinsen und „Kellwasserkalk“	18
4.2.2.2. Bunte Cephalopodenkalke mit <i>Stromatactis</i> und rote Styliolinen-Radio- larien-Kalke	20
4.2.3. Beckenkalke des jüngeren Oberdevons (Nehden- bis Wocklum-Stufe) . .	22
4.2.3.1. Hellgraue Knollenkalke und dunkelgraue plattige Kalke	22
4.2.3.2. Graue dünnplattige Radiolarienkalke u. Cephalopoden führende Netzkalke	23
4.3. Allochthone Riffkalk-Blöcke	24
5. Geochemische Untersuchungen	26
6. Paläogeographie und Faziesvergleich	27
6.1. Schwellenkalk-Fazies	27
6.2. Beckenkalk-Fazies	35
6.3. Allochthone Blöcke in der Beckenfazies	39
7. Zusammenfassung	40
Schriften	41

1. Einleitung

Zahlreiche Karbonatvorkommen im Variszikum Mitteleuropas, vor allem auch im Rheinischen Schiefergebirge und im Harz, sind in jüngster Zeit eingehender untersucht worden. Dabei rückten Probleme der Genese und der faziellen Deutung in den Vordergrund. Insbesondere die Kalke eignen sich auf Grund ihrer Entstehungsbedingungen und einer meist sehr guten Erhaltung ihrer faunistischen Elemente für faziesräumliche Rekonstruktionen. Bedingungen des paleoenviroment wie z. B. Ablagerungsmilieu, Strömungs- und Transportverhältnisse, Wassertiefe und ökologische Faktoren lassen sich oft wesentlich zuverlässiger bestimmen als an anderen Sedimenten des gleichen Ablagerungsraumes. Gewisse Unsicherheiten bei der Ausdeutung müssen jedoch in Kauf genommen werden, da eine unmittelbare Vergleichsmöglichkeit mit rezenten Bildungen häufig fehlt.

Im Rheinischen Schiefergebirge konzentrierten sich die Untersuchungen an Karbonaten auf Vorkommen im nördlichen Teil des Rhenohertzynikums. Weiter im Süden gelegene Kalk- und Dolomitvorkommen fanden geringere Beachtung. Dies betrifft auch die lange Zeit praktisch für fossilieer gehaltenen Kalke im südlichsten Teil des Schiefergebirges. Zu diesen zählen die zugleich mächtigsten Vorkommen in diesem Raum im Südhunsrück (Stromberger Kalk, Waldalgesheimer und Bingerbrücker Dolomit). Weitere geringmächtige Kalk- und Dolomiteinschaltungen in den tektonisch stärker beanspruchten Schieferserien devonischen Alters im südlichsten Teil des Schiefergebirges (S-Taunus, S-Hunsrück) warfen Fragen nach ihrer stratigraphischen und faziellen Einordnung auf. Erst, nachdem feststand, daß nicht nur unterdevonische, sondern auch mittel- und oberdevonische Karbonate in diesem südlichen Abschnitt der Rheinischen Geosynklinale weit verbreitet sind (D. E. MEYER 1966, 1969), erschien ein spezielles Studium der Kalke vor allem im Hinblick auf paläogeographische Fragen lohnend. Ein Vergleich mit oft sehr ähnlich entwickelten Karbonaten aus dem Variszikum der zentralen Karnischen Alpen (BANDEL 1972, 1974) bot sich an. Die Entstehungsbedingungen pelagischer Kalke im Devonmeer Mittel- und Südeuropas können Hinweise auf mögliche Verbindungen liefern, die – wie auch die Tiefbohrung „Saar 1“ gezeigt hat – wegen der lückenhaften Überlieferung in weiten Teilen Mitteleuropas bis heute nur schwer zu durchschauen sind.

2. Problemstellung, Lage des Untersuchungsgebietes

Im Rhenohertzynikum des Rheinischen Schiefergebirges und des Harzes kommen marine Karbonate als Einschaltungen in vorherrschend tonigen Schichten im Unterdevon sowie im Mittel- und Oberdevon vor. Die vor allem für das Unterdevon bezeichnende „hertzynische“ Faziesentwicklung im östlichen Teil des Rhenohertzynikums umfaßt geringmächtige Kalke, während vom höheren Mitteldevon bis ins Oberdevon auch mächtigere Karbonatablagerungen, vor allem in Form der „Massenkalke“, im gesamten Rhenohertzynikum eine oft großräumige Verbreitung aufweisen. Die Hauptverbreitung dieser Karbonatkomplexe (Massenkalke, Dolomite) liegt im Rheinischen Schiefergebirge im Nordwesten (Eifel) und Nordosten (Sauerland, Bergisches Land, Lahn-Dill-Gebiet). Im Südwesten beschränkt sich ihr Vorkommen auf den südlichen Hunsrück, wo die Massenkalke- und Dolomitvorkommen zwischen Bingerbrück/Rhein und Stromberg im Guldenbachtal zugleich die südlichsten Vorkommen im Schiefergebirge sind. Den bis zu mehreren hundert Metern mächtigen Karbonatkörpern stehen relativ geringmächtige, meist bankig oder linsig ausgebildete karbonatische Einlagerungen in feinklastisch-

pelitischen Serien gleichen Alters gegenüber. Dies gilt auch für die Verbreitung der Karbonate im südlichen Hunsrück.

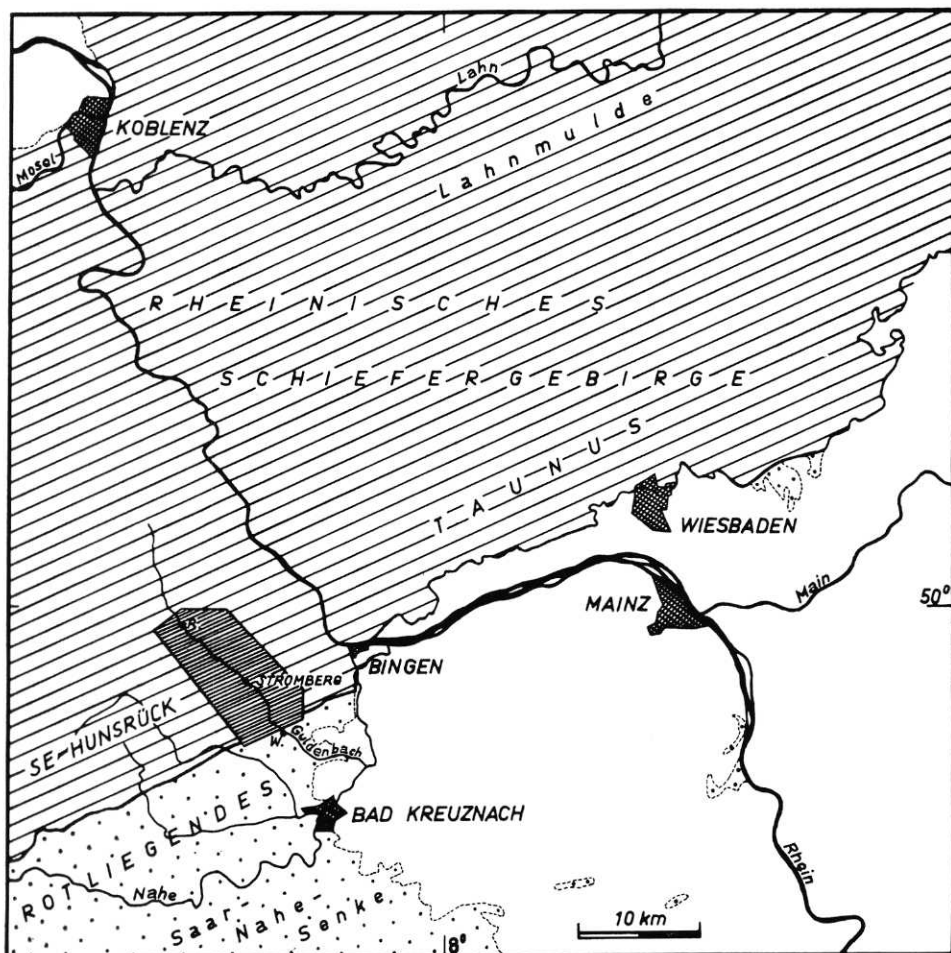


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes.

Karbonatische Sedimente kommen im Untersuchungsgebiet im SE-Hunsrück (Abb. 1) innerhalb der mindestens 3000–3500 m mächtigen devonischen Folge vom tiefsten Unterdevon (Ob. Gedinne) bis zum höchsten Oberdevon (Wocklum-Stufe) vor. Auf die Bedeutung der kalkigen Einschaltungen in diesem Gebiet für die Klärung stratigraphischer, fazieller und tektonischer Probleme hat bereits BIERTHER (1953, 1955) aufmerksam gemacht. Der Nachweis, daß Kalke bzw. Dolomite hier nicht nur im Unterdevon (v. a. Unter- und Oberems-Stufe), sondern in sehr unterschiedlicher fazieller Ausbildung auch im Mittel- und Oberdevon auftreten (D. E. MEYER 1966, 1969), machte deutlich, daß – trotz bestehender Unterschiede – der Südhunsrücktrogtrog eine insgesamt ähnliche geosynklinale Entwicklung durchlaufen haben muß wie nördlicher gelegene Teile des Rheinischen Troges. Die fazielle Differenzierung, in der sich die Schwellen-/Becken-

Gliederung widerspiegelt, sollte in der Karbonatfazies deutlich zum Ausdruck kommen und auch entsprechende Besonderheiten hinsichtlich Sedimentzufuhr und Bioproduktion aufweisen. Die Frage, in welcher Beziehung die Kalk- und Dolomitvorkommen im Südhunsrück zu den am nächsten liegenden Verbreitungsgebieten devonischer Karbonate (Lahn-Gebiet im NE, Saar-Gebiet im SW) stehen, sollte durch eine möglichst vollständige Erfassung der Kalktypen geklärt werden. Die Tiefbohrung „Saar 1“ hatte im SW, im Bereich der Saar-Nahe-Senke, mächtige mittel- bis oberdevonische Karbonate angetroffen, die in dieser Position außerhalb des Schiefergebirges nicht erwartet worden waren.

Die im südlichen Hunsrück auftretenden Kalke sind, sieht man von den mächtigen Karbonatlagern auf der Linie Stromberg–Waldalgesheim–Bingerbrück ab, als verhältnismäßig geringmächtige bank- bis linsenförmige Einlagerungen im cm- bis m-Bereich innerhalb mächtiger Tonschieferfolgen entwickelt. Im Unterdevon spielen stärker quarzsandige bis stark eisenschüssige Kalke als dünne Lagen bzw. Bänke eine gewisse Rolle. Diese meist unreinen Kalke führen teilweise Makrofaunen (v. a. Brachiopoden, Muscheln, Gastropoden, Tentaculiten). Sie wurden in die vorliegende Untersuchung wegen ihrer einförmigen Ausbildung nicht einbezogen. Die vielfach sehr reinen Kalke bzw. Dolomite im Mittel- und Oberdevon sind hingegen abwechslungsreich in Zusammensetzung und Gefüge. Reste von Makrofossilien sind in den geringmächtigen Einlagerungen selten oder fehlen ganz; sie führen aber Mikrofaunen. Die Tatsache, daß Fossilinhalt und Gefüge der Kalke, trotz der im allgemeinen starken tektonischen Beanspruchung der devonischen Schichten im Südhunsrück, verhältnismäßig gut erhalten sind, ermöglicht es, die Bildungsbedingungen der Karbonate auf Grund primärer Merkmale näher zu erfassen. Nur die Kalkeinlagerungen in den phyllitischen Schiefern der „Metamorphen Zone“ am äußeren Südrand sind so stark umkristallisiert bzw. tektonisch verformt, daß ein Primärgefüge nicht mehr erkennbar ist und der ursprüngliche Fossilinhalt völlig zerstört wurde.

Die Gliederung des Südhunsrücks in schmale Antiklinal- und Synklinalzonen, die in sich stark gestört sind (intensiver Schuppenbau südlich des Soonwald-Antiklinoriums), bedingt eine zum Teil mehrfache Wiederholung gleichaltriger Schichtglieder. Die in ihrer Verbreitung auf das Stromberger Synklinorium im N und auf das Winterbacher Synklinorium im S (z. T. „Metamorphe Zone“) beschränkten Vorkommen jungunterdevonischer, mittel- und oberdevonischer Karbonate lassen sich über größere Entfernung im Streichen verfolgen („Kalkknollenschiefer“-Züge BIERTHERS). Häufig läßt sich eine enge Verknüpfung der kalkführenden Schichten mit Alaun- bzw. Schwarzschiefern nachweisen. Stratigraphisch am übersichtlichsten sind die Verhältnisse im Guldenbachtal (Bl. 6012 Stromberg), wo in einem ca. 4 km langen Querprofil zwischen Stromberger Neuhütte im N und Stromberg im S die meisten Kalkproben entnommen wurden. Infolge der starken Spezialfaltung und der damit verbundenen Steilstellung der Schichten, deren Einfallen wegen der herrschenden Nordvergenz im Stromberger Gebiet generell nach S gerichtet ist, aber auch infolge der Verschuppung verschieden alter Einheiten, können hier fazielle Übergänge auf verhältnismäßig engem Raum verfolgt werden. Schwierigkeiten für die faziesräumliche Rekonstruktion ergeben sich aus den gestörten Lagerungsverhältnissen insofern, als über die ursprüngliche absolute Entfernung gleichalter Vorkommen voneinander nur Abschätzungen möglich sind.

3. Arbeitsmethoden

Die Proben wurden orientiert im Gelände entnommen. Von den meisten im Arbeitsbereich anstehenden Kalkvorkommen wurden Anschliffe angefertigt. Diese wurden

nach Politur bis zum Hochglanz in schwacher Ameisensäure einige Sekunden angeätzt. Die getrocknete Oberfläche diente als Matrize für Nitrozelluloseabzüge. Hierbei wurde eine mit organischen Weichmachern versetzte Nitrozelluloselösung angewendet (Zusammensetzung s. BANDEL 1969). Die Abzüge wurden als Negative für fotografische Vergrößerungen benutzt. Von einer Reihe von Proben wurden Dünnschliffe angefertigt. Einige angeschnittene Gesteinsscheiben wurden im Muffelofen geglüht. Aus Folienabzügen, Dünnschliffen, polierten Anschliffen und geglühten Proben erfolgte die fazielle Auswertung. Ausgewählte Proben wurden röntgenfluoreszenz-analytisch untersucht. Hierbei wurde darauf geachtet, daß reiner Kalk ohne spätige Spaltenfüllungen analysiert wurde.

4. Beschreibung und Deutung der Kalkvorkommen

Die Schwellen- und Beckenkalkvorkommen sowie die Vorkommen allochthoner Riffblöcke in Ablagerungen der Beckenfazies werden im einzelnen beschrieben. Der Aufschlußbeschreibung folgt jeweils die Charakterisierung der Kalke anhand der untersuchten Proben im An- und Dünnschliff. Die Deutung der Vorkommen stützt sich vor allem auf die unmittelbar zu beobachtenden Merkmale der Zusammensetzung und des Gefüges der untersuchten Kalke (Taf. 1–10).

4.1. Schwellenkalke

4.1.1. Schwellenkalke des Mitteldevons

4.1.1.1. Crinoiden-Korallen-Riffschuttkalke (Crinoidenkalk-Horizont des Stromberger Kalkes); Obere Eifel-Stufe.

Vorkommen am Gollenfels bei Stromberg, Kalksteinbruch der Rheinisch-Westfälischen Kalkwerke. Probennahme: nordwestliche Abbaugrenze im Bereich der Sohle 320 m ü. NN zwischen R 11 075 H 35 075 und R 11 100 H 35 100, Blatt 6012 Stromberg.

Die Kalke bilden den liegenden Abschnitt des Stromberger Kalkes, der hier, unweit südlich der nördlichen Randstörung, mit 50–55° SSE einfällt. Der stratigraphisch tiefste Teil des 55–60 m mächtigen Crinoidenkalk-Horizontes ist im Steinbruch am Gollenfels nicht aufgeschlossen. Die gut gebankten bis dünnplattigen Kalke sind dunkelgrau, stellenweise auch schwärzlichgrau gefärbt. Es sind, zum Liegenden hin an Zahl zunehmend, cm-dünne mergelig-tonige Lagen eingeschaltet. Das Gefüge der Kalke ist wechselnd feinkörnig bis teilweise grobspätig, wobei makroskopisch die spätigen Kalke biogene Überreste in großer Zahl erkennen lassen. In manchen Bänken sind Echinodermenreste so häufig, daß sie den Kalk fast völlig aufbauen. Es überwiegen Crinoidenstiellglieder bzw. deren Bruchstücke; längere Stielfragmente kommen ebenfalls vor. Häufig sind Bruchstücke ästiger, teilweise auch flachfladenförmiger tabulater Korallen (Koloniedurchmesser max. 10 cm). Bei diesen Formen handelt es sich meist um Arten der Gattungen *Alveolites*, *Favosites*, *Heliolites* und *Thamnopora*. Seltener sind flache Kolonien von Stromatoporen. Stellenweise gehäuft treten großwüchsige Brachiopoden auf. Soweit die massiven Schalenreste noch bestimmbar waren, waren es Pentameriden der Art *Zdimir rhenanus* (F. ROEMER). Die Komponenten bzw. Biogene sind meist unsortiert. In einzelnen Lagen ist eine Einregelung länglicher Biogene zu beobachten. Ansonsten schwimmen die Komponenten ungeregelt in der Matrix.

Schliff: In den Crinoiden-Korallen-Biospariten (Proben-Nr. 5039) überwiegen Echinodermenreste (v. a. Crinoiden), die randlich entweder angelöst oder angebohrt sind, und

die von dünnen, mikritischen Säumen umgeben werden. Die Fragmente von ästigen tabulaten Korallen sind vielfach nur noch undeutlich zu erkennen. Die Biogene schwimmen zusammen mit größeren Klasten in der verhältnismäßig feinkörnigen, kalzitischen, stellenweise auch kalkig-dolomitischen Grundmasse (Taf. 2, Fig. 1). Unregelmäßig verlaufende Risse sind meist mit granulärem Kalzit gefüllt.

Vorkommen am Hunsfels bei Stromberg, Kalksteinbruch der Rheinisch-Westfälischen Kalkwerke. Probennahme: nördliche Bruchwand im Bereich der oberen Abbausohle zwischen R 11 675 H 35 420 und R 11 780 H 35 425, Blatt 6012 Stromberg.

Lagerung und tektonische Position der Kalke entsprechen den Verhältnissen am Gollenfels. Mit Ausnahme des hier fehlenden basalen Abschnitts (ca. 10 m) umfaßt das Profil den mittleren bis oberen Teil des Crinoidenkalk-Horizontes. Im untersten Profilabschnitt (ca. 5–10 m) wechsellagern dunkelgraue, dünnplattig-schichtige Kalke mit dunklen Mergel- und Tonschieferlagen im cm- bis dm-Bereich. Größere Fossilreste sind in diesen Kalken nicht zu erkennen. Darüber folgen gut gebankte Kalke, die mittel- bis dunkelgrau gefärbt sind. Diese führen im allgemeinen reichlich feine und grobe Fossilreste. Zwischen den einzelnen Kalkbänken schieben sich mm- bis cm-dünne mergelig-tonige Lagen ein, deren Zahl zum Hangenden hin deutlich abnimmt. Die Mächtigkeit dieses Profilabschnitts beträgt 30–35 m.

Schliff: Im unteren Profilabschnitt herrschen Sparite und Biosparite vor, die relativ fein- und gleichkörnig ausgebildet sind (Proben-Nr. 5030). Eindeutige Echinodermenreste mit z. T. dunkler Kruste und sonstige Biogene kommen bis max. 5% vor. Der Anteil der mikritischen Matrix beträgt bis 40%. Die Kalkpartikel im feinen Kalkschlamm sind überwiegend eckig. Eine erkennbare Feinschichtung fehlt. Im oberen Profilabschnitt (Proben-Nr. 5031) kommen Biosparite, Sparite und Intrasparite mit Biogenen von sehr unterschiedlicher Größe vor. Echinodermenreste, vor allem von Crinoiden, überwiegen auch hier (mind. 5–10%, teilweise bis 20%). Daneben sind Korallen, vor allem die Reste ästiger tabulater Formen, recht häufig (Crinoiden-Korallen-Biosparite). Außerdem beobachtet man flächig siedelnde Korallen und Stromatoporen. Vereinzelt kommen rugose Einzelkorallen und Schalenreste von Brachiopoden vor. Die unsortierten Biogene liegen meist regellos in der Matrix, welche alle Übergänge zwischen sparitischer und mikritischer Ausbildung zeigt. Die Korallenreste sind häufig angebohrt. Längere Stielfragmente von Crinoiden treten in manchen Lagen reichlicher auf. Schichtparallel orientierte, fladenförmige Intraklaste, die bis 3 cm dick und 10 cm lang sein können, kommen in manchen Kalklagen besonders häufig vor. Diese größeren Klaste (Taf. 3, Fig. 1) weisen z. T. deutliche Wühlgänge auf, deren mikritische Füllung etwas gröber im Korn ist als das Korn der Klaste selbst. An größeren Biogenen und manchen Klasten sind tektonisch bedingte Deformationserscheinungen zu erkennen (Taf. 6, Fig. 1).

Vorkommen am Hunsfels bei Stromberg, Kalksteinbruch (s. o.). Probennahme: NE-Ecke des Bruches im Bereich der oberen Abbausohle bei R 11 780 H 35 425, Blatt 6012 Stromberg.

Von diesem Punkt aus vollzieht sich zum Hangenden der Übergang von den insgesamt gut gebankten Kalken des Crinoidenkalk-Horizontes in die dickbankigen bis massigen Kalke, den eigentlichen „Massenkalk“. Der Übergangsbereich ist nur wenige Meter mächtig. In dessen unterem Abschnitt weisen die vorwiegend mittel- bis dunkelgrauen Kalke partienweise bereits eine sehr helle Färbung auf. Die Bänke werden durch mm-dünne Tonbesteige getrennt. Im Unterschied zu den helleren und massigeren Kalken im oberen Abschnitt kommen in diesem Bereich noch zahlreiche, mit bloßem Auge erkennbare Fossilreste vor.

Schliff: Im tieferen Teil des Übergangsbereiches (Proben-Nr. 5032) handelt es sich um Biosparite und Bio-Intrasparite (z. T. mit mikritischen Lagen) sowie teilweise um Biomikrite. Die biogenen Schuttkalke führen neben Echinodermenschill (v. a. Crinoidenreste) auch Bioklaste bzw. unzerstörte Kolonien von tabulaten Korallen und Stromatoporen. In einigen Lagen sind 1–3 cm große Intraklaste häufig (Taf. 3, Fig. 2–3). Die an Crinoidenresten reichen Lagen wurden durch flache bis diskusförmige Krusten von Stromatoporen und Tabulaten überwachsen. Die Echinodermenreste besitzen in der Regel mikritische Säume und darüber einen sparitischen Überwuchs. Mit Zunahme der mikritischen Matrix werden die dünnen, hellen, meist mikritischen Lagen häufiger. Diese sehr feinen Lagen, die auch zellig ausgebildet sein können, dünnen auf kürzeste Distanz aus, oder sie verzahnen sich schichtparallel mit unregelmäßigen, laminierten, mikritischen Lagen (Taf. 4, Fig. 3). In solchen Lagen sind kleine Biogene (Echinodermmentrümmern) manchmal etwas häufiger. Wühlspuren sind oft gut zu erkennen. Im Schliffbild der Kalke, die aus dem oberen Abschnitt des Übergangsbereiches zwischen Crinoidenkalk-Horizont und eigentlichen Massenkalken stammen, wird deutlich, daß die biogenen Schuttkalke zugunsten mikritischer Kalke (Biomikrite mit Übergängen zu Biolithiten) stark zurücktreten (Proben-Nr. 5033). Eindeutige Echinodermenreste ($< 5\%$) sind in den dunkleren Lagen anscheinend etwas häufiger als in den hellen Lagen. Die Bruchstücke von ästigen Tabulaten sind schichtparallel eingeregelt. Die Größe der Biogene liegt im Durchschnitt unter 0,5 mm. Zwischen Schichten, die an organogenen Trümmern verhältnismäßig reich sind, schieben sich Lagen mit einer fein- bis gröberlaminierten Struktur ein. Die Untersuchung zeigte, daß sich drei Haupttypen von Laminiten unterscheiden lassen:

Typ A sehr dünne Laminae (Lagendicke $< 0,03$ mm), straff schichtparallel, ebenflächig oder leicht gewellt; Matrix mikritisch; kalzitische Hohlraumfüllungen („birdseyes“) typisch; vereinzelt Biogenreste (Taf. 4, Fig. 3–4).

Typ B dünne Laminae (Lagendicke durchschnittlich 0,10–0,15 mm) mit zelligem Aufbau, schichtparallel, meistens schwach wellig; Matrix mikritisch; stellenweise kleine ellip-tisch-knollige Strukturen (Taf. 4, Fig. 1–2).

Typ C dickere Lagen (durchschnittlich 0,20–0,25 mm) mit netzartig-zelliger Struktur, nicht so gut schichtparallel wie A und B; Matrix mikritisch bis sparitisch (Taf. 4, Fig. 3).

Diese Typen A, B und C wechseln lagenweise (Taf. 6, Fig. 2). Sie können sich aber auch auf engstem Raum miteinander verzahnen. In den Laminiten sind Intraklaste selten. Größere Hohlraumfüllungen (bis 3 cm ϕ) bestehen aus granulärem Kalzit, wobei die Zwillingslamellen der Kalzitkristalle teilweise schwach deformiert sind. Lösungssuturen verlaufen bevorzugt schichtparallel. In den Kalken wurden mitunter kleine authigene Albite beobachtet.

Deutung (Crinoidenkalk-Horizont): Die zu einem beachtlichen Teil aus organogenen Resten bestehenden Crinoiden-Korallenkalke dieses maximal 60 m mächtigen Horizontes bildeten sich unter marinen Bedingungen im bewegten Flachwasser. Eine Veränderung der Sedimentationsverhältnisse, vor allem aber ein Wandel in der Art der Besiedlung des Meeresbodens, ist im liegenden und hangenden Teil der Folge offensichtlich. Nach Übergang von der vorherrschend tonigen zur überwiegend kalkigen Sedimentation im Schwellenbereich waren die Lebensbedingungen für Echinodermen (v. a. Crinoiden) zunächst noch verhältnismäßig ungünstig, wahrscheinlich infolge noch stärkerer Zufuhr von tonig-siltigem Material, möglicherweise auch infolge mangelnder

Durchlüftung. Diese Verhältnisse änderten sich in der Folgezeit. Die Ausbildung der massiven Crinoiden-Korallen-Biosparite beweist, daß der Lebensraum reich besiedelt war und daß dort Echinodermen und tabulate Korallen die Hauptsiedler waren. Am häufigsten waren offenbar die zum Teil sehr robust gebauten Crinoiden. Sie müssen praktisch an Ort und Stelle, zumindest aber in unmittelbarer Nähe ihren Lebensort gehabt haben. Längere, noch zusammenhängende Crinoidenstielfragmente sind sicher nicht weit transportiert worden. Die mangelnde Sortierung der biogenen Reste, eine fehlende Abrollung und die unregelmäßige Einbettung sprechen ebenfalls für diese Annahme.

Bei den tabulaten Korallen überwiegen die ästigen bis teilweise buschig verzweigten Formen. Auch ihre Reste sind kaum umgelagert. Es darf angenommen werden, daß diese Formen in geringer bis mäßiger Wassertiefe gelebt haben. Auf zumindest zeitweise kräftigere Wasserbewegung deuten die teilweise auch massig-stockförmigen Wuchsformen tabulater Korallen (z. B. *Heliolites*). Als Bewohner dieses Lebensraumes konnten sich, wenn auch zahlenmäßig stark zurücktretend, auch rugose Einzelkorallen, Brachiopoden (Pentameriden) und Stromatoporen behaupten. Die Stromatoporen wuchsen fast ausschließlich in Form flachfladenförmiger Kolonien; sie sind im höheren Teil der Folge häufiger vertreten. Die Aktivität sedimentdurchwühlender Organismen weist auf einen gewissen Nährstoff- und Sauerstoffreichtum im Lockersediment. Schließlich sind die endolithischen Algen, denen als bohrenden Organismen große Bedeutung zukommt, ein sicherer Anzeiger für flaches und gut durchlichtetes Wasser.

Bei der Bildung der Kalke im obersten Abschnitt des Crinoidenkalk-Horizontes (Wende Eifel-/Givet-Stufe) kam es, wahrscheinlich infolge sich ändernder Strömungsverhältnisse (? Verflachung des Meeres) in diesem Bereich, zu einer Umstellung in der Besiedlung. Während die ausgedehnten Crinoiden-Wälder und Tabulaten-Rasen verschwinden, treten zunehmend stromatolithisch sowie tabular bis flachpolsterförmig wachsende Koloniebildner an ihre Stelle. Bei diesen handelt es sich um Organismen der oben bereits beschriebenen Typen A, B und C, die als autochthone Siedler den Meeresboden überzogen. Die extrem dünnen Laminite vom Typ A werden als Algenmatten gedeutet. Diese stromatolithischen Algenüberzüge (Spongiostromata) überzogen den frisch abgelagerten Kalkschlamm, so daß dieser nicht fortgeschwemmt werden konnte. Eine Beteiligung von Algen mit Eigenskelett („*orthostromatolites*“ sensu WOLF 1965, S. 114) ist nicht ausgeschlossen, aber bei Typ A nicht sicher nachweisbar. Die ebenfalls autochthonen Laminite vom Typ B umfassen Koloniebildner mit deutlichem Eigenskelett, die bevorzugt tabulare, teilweise aber auch konzentrisch-knollige Wuchsformen ausbildeten. Sie werden zum größten Teil als Algen gedeutet. Teilweise handelt es sich bei Formtyp B aber auch um Stromatoporen. Der Typ C wird gekennzeichnet durch Koloniebildner, die ein relativ grobzelliches Eigenskelett aufweisen und die bevorzugt tabulare bis flach-fladenförmige Wuchsformen entwickeln (Taf. 5, Fig. 3). Zu dieser Formengruppe gehören neben Algen und Stromatoporen mit gröberzelligem Aufbau auch tabulate Korallen und wahrscheinlich Bryozoen.

Als wichtigste ökologische Voraussetzung für ein Gedeihen von Crinoiden müssen neben ausreichender Sauerstoffversorgung und entsprechend starker Wasserbewegung ein konstanter Salzgehalt des Meereswassers und eine nicht zu starke Wassertrübung, etwa durch Sedimentzufuhr, angesehen werden. Auch stärker erodierende Strömungen sollen sich ungünstig auf das Wachstum von Crinoiden auswirken (RUHRMANN 1971). Diese Voraussetzungen dürfen auch für die Bildungszeit der Crinoiden-(Korallen-) Kalke angenommen werden, wobei Lebens- und Ablagerungsraum im wesentlichen zu-

sammenfielen. Nach ihrem Zerfall wurden die meist eckigen Skelettreste von autochthonen Koloniebildnern überwachsen und auch auf diese Weise im Sediment festgelegt. Beweisend für eine bereits im Frühstadium der Diagenese einsetzende Verfestigung von Kalkschlammen sind die unregelmäßigen Krusten, die an Ort und Stelle zu Klasten zerbrechen konnten (Taf. 3, Fig. 1–3); zwischen den Klasten konnte noch unverfestigter Kalkschlamm ausgewaschen werden. Hierzu reichten schwächere Strömungen aus.

4.1.1.2. Algenriffkalke (Massenkalk-Hauptlager des Stromberger Kalkes); Untere bis Obere Givet-Stufe.

Vorkommen am Hunsfels bei Stromberg, Kalksteinbruch der Rheinisch-Westfälischen Kalkwerke. Probennahme: östliche Bruchwand im Bereich der oberen Abbausohle zwischen R 11 790 H 35 425 und R 11 825 H 35 190. Blatt 6012 Stromberg.

Das Profil schließt unmittelbar an das des Crinoidenkalk-Horizontes (S. 10) an und reicht bis in die hangendsten Partien des hier mit ca. 280–290 m Mächtigkeit aufgeschlossenen Hauptlagers des Stromberger Kalkvorkommens; die massig entwickelten, im Bereich bis zu mehreren Metern gebankten Kalke liegen normal über der Folge des Crinoidenkalk-Horizontes. Die Massenkalken fallen hier mit durchschnittlich 55–65° SSE ein. Im unteren Teil ist das Massenkalklager wesentlich gröber gebankt als im oberen, ca. 80–90 m mächtigen Abschnitt, wo sich zum Hangenden hin zunehmend mergelig-schiefrige Lagen zwischen den Kalkbänken einschalten. Ungefähr 120 m im Hangenden des Übergangsbereiches Crinoidenkalk/Massenkalk kommt ein 1,5 m mächtiger Horizont vor, in welchem die Kalke durch mergelige Lagen stärker verunreinigt sind. Zwischen der unteren und der oberen Abbausohle sind im liegenden Drittel des Massenkalklagers die Kalke unregelmäßig dolomitisiert.

Die Kalke sind meist hellgrau bis weißlich, in einigen Partien trotz ihrer Reinheit auch mittel- bis dunkelgrau gefärbt. Die dunklere Färbung in den hangendsten Teilen des Lagers ist auf eine erhöhte Tonkomponente zurückzuführen. Im frischen Anbruch zeigen die Massenkalken im allgemeinen feinkörnig dichtes Gefüge; sie sind selten „spätig“ ausgebildet. Bereits makroskopisch ist vielfach eine feine schichtparallele Bänderung zu erkennen. Größere Biogene fehlen fast völlig; nur im basalen Teil sind solche noch häufiger eingestreut.

Schliff: In den vorherrschenden Mikriten bzw. Biomikriten (Proben-Nr. 5034–5037) kommen allenfalls untergeordnet dünne biosparitische Lagen vor. Die Korngröße liegt $< 0,01$ mm. Eine sehr feine schichtparallele Laminierung ist fast immer zu erkennen. Die äußerst dünnen Laminiae vom Typ A (S. 12) wechseln im allgemeinen mit den zelligen Lagen vom Typ B ab (Taf. 4, Fig. 1), während Lagen des Formentyps C darin nur untergeordnet vorkommen. Der Typ B baut bis mehrere cm dicke Lagen auf, die wellig-schichtparallel verlaufen (Taf. 5, Fig. 1–2) oder auch flach-polsterförmige Strukturen mit konzentrischem Innenbau (Taf. 4, Fig. 1) bilden. Der zellige Aufbau des Typs B ist teilweise nur undeutlich zu erkennen. Die Grenze zwischen Lagen, die abwechselnd aus Typ A und Typ B aufgebaut werden, kann sehr scharf sein (Taf. 4, Fig. 1–2). Ein enger Wechsel von Laminiae des Typs A mit biosparitischen Lagen ist im stratigraphisch tiefsten Teil des Massenkalklagers (Proben-Nr. 5034) zu beobachten. Die biosparitischen Lagen bestehen überwiegend aus Echinodermenresten (meist < 2 mm ϕ). Im mittleren Abschnitt des Massenkalklagers sind Biogene locker eingestreut oder auch lagenweise angereichert. Größere Klaste, wie sie im Übergangsbereich Crinoidenkalk-Horizont/Massenkalk-Hauptlager noch vorkommen, fehlen. Im Schliff läßt sich zwischen den dickerbankigen Kalken des Lagerkerns und den gut ge-

bankten Kalken im hangenden Drittel (Proben-Nr. 5038) kein wesentlicher Unterschied feststellen; die Typen A und B herrschen auch hier vor (Taf. 5, Fig. 4 u. Taf. 6, Fig. 4).

Vorkommen am Gollenfels bei Stromberg, Kalksteinbruch der Rheinisch-Westfälischen Kalkwerke: Probennahme: liegende Hälfte des Massenkalk-Hauptlagers, zwischen der oberen und der unteren Abbausohle.

Die Lagerungsverhältnisse sind hier die gleichen wie im Kalksteinbruch am Hunsfels (streichende Fortsetzung des Vorkommens). Der Crinoidenkalk-Horizont, der mit ca. 50–55° nach Süden einfällt, wird von den Massenkalken, die um 10–15° steiler nach Süden einfallen, überlagert. Die in derselben Weise wie am Hunsfels gegliederte, max. 300 bis 350 m mächtige Massenkalkfolge ist im Steinbruch nur etwa zur Hälfte aufgeschlossen. Die feinkörnig-dichten Kalke sind auch hier im liegenden Teil ein wenig dunkler gefärbt als im Hangenden, wo die weißlichgrauen, sehr reinen Kalke dominieren. Die Verunreinigung, die durch die schichtparallele Einlagerung meist nur mm- bis cm-dünner Tonschieferlagen bedingt ist (Untersuchungsbohrung „Gollenfels 1“ bei R 11 130 H 34 935, 250 m ü. NN; MEYER in: BIERTHER 1966), liegt größenordnungsmäßig bei wenigen zehntel Prozent. Sekundäre Ausscheidungen weißlich bis rötlich gefärbten Kalzits, häufig mit starker Roteisenimprägnation, sind bevorzugt an Schicht- und Kluftflächen gebunden.

Schliff: Die Ausbildung stimmt im wesentlichen mit der am Hunsfels beobachteten überein. Hier sollen deshalb nur zwei Proben näher beschrieben werden, die infolge stärkerer Anwitterung auf den Schichtflächen eindeutige organogene Strukturen erkennen ließen und den Typen B und C zuzuordnen sind. Das eine Stück (Nr. 561) zeigt in der Aufsicht auf die Schichtoberfläche eine netzartig durchbrochene Struktur mit rundlichen bis ovalen Poren, deren Abstand voneinander bei 0,5–0,6 mm liegt (Taf. 5, Fig. 3 u. Taf. 6, Fig. 1 u. 3). Die einzelnen Lagen sind 0,2 mm stark. Eine Zuordnung dieser Formen zu den Bryozoen (? Treptostomata) ist am wahrscheinlichsten. In der gleichen Probe sind auch Laminite vom Typ B vertreten, bei denen es sich um Algen oder Stromatoporen handeln dürfte. Auf der angewitterten Schichtfläche des anderen Stückes (Nr. 525) sind rasenartig gewachsene Koloniebildner zu erkennen. Die „Polypare“, die im untersten Abschnitt noch senkrecht zur Schichtfläche orientiert sind, schmiegen sich im oberen Teil radialstrahlig der Schichtfläche an. Im Schliff (ss) ist ein Lagengefüge mit zelligem Innenbau (Typ C) ausgebildet. Die gesamte Kolonie bildet ein flaches Polster.

Deutung (Massenkalk-Hauptlager): Die sehr reinen Massenkalken bildeten sich im marinen Milieu unter Bedingungen des Flachwassers. Die Strömungsverhältnisse müssen, vor allem in Abhängigkeit eines sehr ausgeglichenen Reliefs der Schwelle, ein stromatolithisches bzw. tabulares Wachstum verschiedener koloniebildender Organismen begünstigt haben. Die größte Bedeutung für das Riffwachstum während des Givet müssen, nach ihrem Anteil am Gesamtaufbau des Massenkalkes zu urteilen, Algen besessen haben, die als Rasen oder Krusten die Sedimentoberfläche überzogen. Unter den tierischen Gruppen haben daneben vor allem die Stromatoporen eine größere Rolle gespielt. Tabulate Korallen, Bryozoen und sonstige flachsiedelnde Koloniebildner dürften untergeordnet beteiligt gewesen sein. Auch Echinodermen müssen lokal existiert haben, doch war ihr Lebensraum im Vergleich zur Zeit während der oberen Eifel-Stufe stark eingeschränkt.

Die sehr fein laminierten Kalke vom Typ A werden als Algenmatten gedeutet. Die Algenrasen, die – wie man aus rezenten Beobachtungen weiß – aus sehr vielen Arten

(> 20) bestehen können, überzogen weitflächig als organischer Filz (Algenzellen und -filamente) den frischen, reinen Kalkschlamm. Auf diese Weise wurde eine Fortschwemmung feinsten Kalkpartikel oder Aragonitkristalle verhindert und eine frühzeitige Verfestigung des Kalkschlammes begünstigt. Die in unterschiedlicher Dicke verfestigten Kalkschlammkrusten konnten, dies zeigt das Vorkommen größerer Intraklaste, auch unterspült werden und infolgedessen zerbrechen. Anschließend wurden die Klaste wieder eingebettet. Die Algenmatten waren wahrscheinlich zum größten Teil aus Blaugrün- und Grünalgen zusammengesetzt. Inwieweit sich unter diesen auch kalkabscheidende Formen befanden, läßt sich nicht mit Sicherheit feststellen. Es wird vermutet, daß solche am Aufbau der Laminite vom Typ B bzw. C beteiligt waren.

Die Algenstromatolithe müssen weite Flächen der Riffplattform überdeckt haben. Die große Reinheit der Kalke und das Vorherrschen von Algen, die auf hohe Lichtintensität angewiesen sind, sprechen für eine Bildung der Massenkalken im höchsten Flachwasserstockwerk (Gezeitenbereich). Die in diesem Bereich möglichen Temperatur-, Salzgehalts- und Wasserstandsschwankungen können von Algen ertragen werden (vgl. BATHURST 1971, S. 217 ff.). Derartige Bedingungen würden auch die Artenarmut sonstiger Organismen bzw. deren Zurücktreten oder völliges Fehlen im Bildungsbereich der Massenkalken erklären. Nur Formen, die sich mit ihren Koloniebildungen dem flachen Meeresboden anpaßten (Stromatoporen, tabulate Korallen, Bryozoen), fanden noch geeignete Lebensbedingungen. Für bestimmte Tiergruppen, z. B. Crinoiden, waren diese Bedingungen nicht mehr oder in sehr stark eingeschränktem Maße gegeben. An mangelnder Reinheit des Meerwassers lag dies sehr wahrscheinlich nicht, denn feinste Tontrübe wurde nur sporadisch herangeführt, wie die insgesamt minimale Verunreinigung der Kalke beweist. Wäre klastisches Material (Tonsiltfraktion) in stärkerem Maße in den Bildungsraum gelangt, so hätte dieses genauso wie der feine Kalkschlamm von den organischen Algenüberzügen eingefangen und festgelegt werden müssen. Die Massenkalken entstanden also wahrscheinlich unter teilweise extremen Bedingungen auf einer mehr oder weniger ebenen Schwelle, die nur flach überflutet war und wegen der Gezeiten zeitweise trockenfallen konnte.

4.1.2. Schwellenkalken des älteren Oberdevons (Adorf-Stufe)

4.1.2.1. Crinoiden-Korallen-Riffschuttkalken (Hangende Bankkalken des Stromberger Kalkes); Untere Adorf-Stufe (do I α)

Vorkommen südlich von Warmstoth (1,5 km NNE Stromberg), in dem kleinen aufgegebenen Kalksteinbruch bei R 12 900 H 35 900, Blatt 6012 Stromberg. Probennahme an der ehem. Bruchwand. Alter: Unterste *asymmetricus*-Zone (D. E. MEYER 1969, S. 117 f.).

Das durch Quer- und Längsverwerfungen allseits begrenzte und vom Hauptvorkommen des Stromberger Kalkes im Westen getrennte kleine Kalkvorkommen gehört nach heutiger Kenntnis dem jüngsten stratigraphischen Niveau des Stromberger Kalkes an. Die hier mit mindestens 5–10 m Mächtigkeit aufgeschlossenen Kalke sind relativ gut gebankt und mittel- bis dunkelgrau gefärbt. Makroskopisch sind vor allem Reste von Echinodermen (zahlreich) und Bruchstücke ästiger tabulater Korallen zu erkennen.

Schliff: Biomikrite bzw. Biointramikrite mit z. T. sparitischer Matrix (Proben-Nr. 5028, 589). Anteil und Größe der eckigen bis rundlichen Biogene und Intraklasten können in weiten Grenzen schwanken. Größere biogene Reste, die meist völlig unsortiert in

der Matrix (z. T. bis 70%) schwimmen, sind verhältnismäßig häufig (Taf. 2, Fig. 3 u. Taf. 7, Fig. 5). Kleinere Biogene und Intraklaste kommen zu etwa gleichen Teilen vor. Als bestimmbare, häufig noch gut erhaltene Biogene sind vor allem zu nennen: Echinodermenreste (v. a. Crinoidenstielglieder), Fragmente ästiger, teilweise auch knolliger tabulater Korallen, sowie meist eckige Bruchstücke von Stromatoporen und rugose Einzelkorallen (Taf. 1, Fig. 5), vereinzelt kommen Reste von Gastropoden, Zweischalern, Bryozoen und Trilobiten vor. Im Lösungsrückstand fanden sich gut erhaltene Conodonten in großer Zahl. Sowohl die Echinodermenreste als auch die Korallenbruchstücke sind vielfach angebohrt und randlich mikritisiert. Die matrixreicheren Kalke weisen mitunter eine undeutliche Schichtung auf. Unregelmäßig verlaufende Spalten und Risse im Kalk sind mit granulärem Kalzit ausgefüllt.

Deutung: Die Kalke entstanden im oberen Flachwasserstockwerk unter vollmarinen Bedingungen. Die verschiedenen Organismen hatten ihren Lebensraum in unmittelbarer Nähe des Ablagerungsortes. Der Meeresboden war vor allem von Crinoiden und Korallen besiedelt, deren Reste kaum umgelagert wurden. Die faziellen Bedingungen waren ähnlich wie zur Zeit der Bildung der Crinoidenkalke im Liegenden der Massenkalk.

4.2. Beckenkalke

4.2.1. Beckenkalke des Mitteldevons

4.2.1.1. Graue Flaserkalke und Kalklinsen; Eifel-Stufe

Vorkommen am östlichen Hang des Guldenbachtals nördlich von Stromberg, hinter dem Fabrikgebäude der Rheinisch-Westfälischen Kalkwerke (ehem. Gebr. Wandesleben); Probennahme bei R 11 480 H 35 700. Vorkommen im Warmsrother Grund östlich Stromberg; Probennahme am Welschbachufer bei R 12 600 H 35 680, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Untere Eifel-Stufe (D. E. MEYER 1969, S. 98 f.).

In dunklen, allenfalls schwach siltig-sandigen Tonschiefern, die stellenweise kleine Kieselgallen führen, kommen kalkige Einschaltungen in Form flaserig-schieferiger Kalklinsen vor, deren Mächtigkeit meist im Bereich von wenigen dm liegt. Diese hell- bis dunkelblaugrauen Flaserkalke verzahnen sich mit Tonschiefern bzw. mergeligen Schiefern.

Schliff: In den verhältnismäßig feinkörnigen, biosparitischen Kalkareniten aus dem Guldenbachtal (Proben-Nr. 583) sind als sichere Biogene nur Echinodermenreste (v. a. Crinoiden) zu beobachten; die Sortierung ist schlecht. Die insgesamt sehr reinen biomikritischen bzw. biointramikritischen Flaserkalklinsen aus dem Welschbachtal (Proben-Nr. 586) führen neben der eindeutig biogenen Komponente (ca. 5–10%, v. a. Crinoidenreste) auch gröbere, nicht näher bestimmbare Kalkpartikel bis 0,7 mm Durchmesser (Taf. 7, Fig. 1). Diese Komponenten sind meist eckig und wenig sortiert. Die Matrix (du. 30–40%) ist schwach rekristallisiert. Vereinzelt eingestreute Quarzkörner sind randlich stark korrodiert. Die Biogene werden z. T. von einer dunklen Kruste umgeben; häufig sind sie auch im Innern auffällig dunkel gefärbt.

Vorkommen im Guldenbachtal am Hüttenkopf; Probennahme ca. 40 m nordöstlich der Bundesstraße 50 bei km 13,035 (R 10 630 H 36 230). Vorkommen am Schneidmühlenberg ca. 50 m nordöstlich der B 50 bei km 13,420 (R 10 350 H 36 510); Blatt 6012 Stromberg. Alter: Obere *bidentatus*- bis *kockelianus*-Zone (D. E. MEYER 1969, S. 104 f.).

In den dunkelgrauen, milden bis schwach feinsandigen Tonschiefern, in denen auch dünne, stärker sandige bis quarzitisches Lagen auftreten können, sind vereinzelt geringmächtige Kalklinsen eingelagert, deren Mächtigkeit selten mehr als 10–15 cm beträgt. Die Kalke sind hell- bis dunkelgrau gefärbt. Bereits makroskopisch lassen sich in ihnen biogene Reste erkennen.

Schliff: Biosparite und Biointrasparite bis -intramikrite. Die biosparitischen Kalklinsen vom Schneidmühlenberg (Proben-Nr. 484) führen reichlich Echinodermen- und Korallenreste, die aber auch in den intrasparitischen bis -mikritischen Kalken am Hüttenkopf (Proben-Nr. 5026; Taf. 10, Fig. 1) nicht fehlen (v. a. Reste von Crinoiden und tabulaten Korallen). Die Biogene sind häufig scharfkantig-eckig und ihr Durchmesser liegt meist unter 0,5 cm. Die Echinodermenreste zeigen deutliche Anbohrungen und mikritische Säume. Die Intraklaste bleiben meistens klein. Ein deutliches Schichtgefüge ist nicht zu erkennen. In einem pelsparitischen bis pelmikritischen Kalk (Hüttenkopf) wurden neben vereinzelten Echinodermenresten auch Radiolarien (?) beobachtet (Proben-Nr. 632).

Deutung: Der Bildungsraum der flaserigen und knollig-linsigen, bio-(intra-)sparitischen bis biointramikritischen Kalke lag unterhalb des bewegten Flachwassers im Becken. Wie vor allem die größeren biogenen Reste und ihre Beschaffenheit zeigen, stammt ein Teil des karbonatischen Materials aus dem Flachwasserbereich. Die gröbere bioklastische Komponente wurde über nicht allzu große Entfernung dem Becken zugeführt und dort vom feineren Kalkschlamm, der sich am Meeresboden abgesetzt hatte, aufgenommen. Für eine relativ geringe Transportweite spricht neben der Größe und Eckigkeit der Trümmer auch die im allgemeinen schlechte Sortierung. Ein küstennahes Liefergebiet kommt wegen der geringen terrigenen Verunreinigung nicht in Betracht.

4.2.2. Beckenkalke des älteren Oberdevons (Frasne)

4.2.2.1. Graue plattige Kalke, Kalklinsen und „Kellwasserkalk“; Untere Adorf-Stufe (do I α)

Vorkommen am Hüttenkopf im Guldenbachtal, Kurve der Bundesstraße 50 ca. 1,7 km NW Stromberg bei R 10730 H 36040, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Obere *hermanni-cristatus*- bis Untere *asymmetricus*-Zone (D. E. MEYER 1969, S. 119 f.).

In den sandarmen, dunkelgrauen Tonschiefern treten, stellenweise gehäuft, kleinere und größere Kalklinsen auf, die bis wenige dm mächtig und max. 1 m lang sind. Die im Randbereich stärker geschieferten, teilweise regelrecht zerscherten Linsen bestehen im Kern aus schwach verunreinigtem, feinkörnig-dichtem Kalk hell- bis dunkelgrauer Färbung. In einigen Linsen sind gröbere Reste von Echinodermen mit bloßem Auge erkennbar.

Schliff: Biointrasparite, Intrasparite bis Intramikrite mit geringer feinsandiger bis toniger Verunreinigung (Proben 5027, 577, 726). Als Biogene sind außer Echinodermenresten (v. a. Crinoiden) kleine bis größere Bruchstücke ästiger tabulater Korallen, vereinzelt auch Styliolinen zu beobachten (Taf. 10, Fig. 2). Die oft gut erhaltenen kleinen Crinoidenstielglieder sind teilweise angebohrt und von sparitischem Kalzit überwachsen. Die Sortierung der Intraklaste und Biogene ist schlecht; die größeren Kalkpartikel sind meist eckig. Teilweise werden die Biogene von schmalen tonigen Säumen umgeben.

Vorkommen am nördlichen Abhang des Hüttenkopfes im Guldenbachtal ca. 2 km NW Stromberg. Probennahme ca. 30 m und 55 m nordöstlich der Bundesstraße 50 bei km 13,045 an den Punkten R 10 620 H 36 240 und R 10 640 H 36 250, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Untere *asymmetricus*-Zone (D. E. MEYER 1969, S. 121 f.).

Den dunklen, milden Tonschiefern, in denen die ältesten Grauwackenbänke des Oberdevons vorkommen, sind untergeordnet Kalke eingeschaltet. Diese sind linsenförmig bis teilweise bankig-plattig entwickelt. Die Färbung der Kalke ist hell- bis dunkelgrau. Die Proben stammen aus einer 0,25 m mächtigen Bank dunkelgrauen Kalkes (5024) und aus einer insgesamt 1,5 m mächtigen Sequenz dünnplattig bis flachlinsig ausgebildeter, hell- bis mittelgrauer Kalke (Proben-Nr. 5025) mit tonigen Zwischenlagen. Diese Kalkfolge liegt etwa 7 m über der erstgenannten Bank.

Schliff: Biosparitische und intramikritische Kalke. Die 0,25 m mächtige Kalkbank besteht aus feinkörnigem Biosparit (Proben-Nr. 5024), der eine deutliche Feinschichtung aufweist (Taf. 10, Fig. 3). Es wechseln etwas gröberkörnige mit feinerkörnigen Lagen ab, wobei der Korndurchmesser bei du. 0,05–0,2 mm liegt. Die Sortierung ist gut. Die Feinsandfraktion besteht bis ungefähr zur Hälfte aus Echinodermentresten (max. 1 mm ϕ). Abgesehen von kugeligen Mikroorganismen konnten keine weiteren Fossilreste beobachtet werden. Die sparitische Matrix besteht zum größten Teil aus dem kalzitischen Überwuchs der Echinodermentrümmern. Die feinerkörnigen Lagen sind durch organische Substanz dunkler gefärbt; Pyrit kommt in feinsten Verteilung vor. Die Biogene weisen dunkle Überzüge auf. Die ziemlich reinen Kalke der 1,5 m mächtigen Kalkfolge im Hangenden (Proben-Nr. 5025) lassen hingegen nur wenige eindeutig biogene Reste (Echinodermenten) erkennen. Diese biosparitischen bis intramikritischen, insgesamt sehr feinkörnigen Kalke zeigen eine mehrfach gradierte Schichtung.

Vorkommen bei Eichmühle im Guldenbachtal ca. 3,5 km NW Stromberg. Probennahme am westlichen Bachufer, ungefähr 250 m südöstlich des Bahnhofes Stromberger Neuhütte, bei R 09 370 H 36 970, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Mittlere *asymmetricus*-Zone (D. E. MEYER 1969, S. 123 f.).

Die dunkelgrauen, sandarmen Tonschiefer dieses nördlichsten Oberdevonvorkommens im Guldenbachtal sind, vor allem zum Liegenden hin, partienweise schwarz-schieferartig entwickelt. Stellenweise sind geringmächtige, sandige Lagen und Grauwackenbänken eingeschaltet. In diesen Schiefern wurden vereinzelt Linsen schwärzlicher Dolomite und plattig-linsiger Kalke gefunden. Eine dieser Linsen (Proben-Nr. 498) war wenige dm lang und bis 10 cm mächtig. Lateral dünnte diese plattenförmige Linse aus und verzahnte sich mit schwärzlichen Tonschiefern. Das Gefüge des Kalkes war feinkörnig-spätig. Eine ungestörte Feinschichtung war gut erkennbar.

Schliff: Feinkörniger Biopelsparit (mikrospartisch). Die biogene Komponente (du. 0,05–0,3 mm, max. 2 mm) ist verhältnismäßig gut sortiert (Taf. 7, Fig. 2). Es überwiegen Echinodermentrümmern und Styliolinen (bis 20%). Häufig sind ferner Ostracoden und Conodonten (arten- und individuenreich!). Auch Fischzähnen (Selachier) und Schwammnadeln kommen vor. Die Pellets sind mikritisiert. In den Zwickeln zwischen den Körnern und im Randbereich größerer Kalzitkristalle ist bituminöse Substanz angereichert. Neben feinverteiltem Pyrit, der auch makroskopisch zu erkennen ist, wurden terrigener Quarz (selten) und authigene Albite beobachtet. Die Feinschichtung des Kalkes ist durch einen Wechsel von Lagen feineren und gröberen Korns bedingt.

Deutung der linsigen und bankig-plattigen Kalke der Unteren Adorf-Stufe: Die beschriebenen Vorkommen (1,7 km, 2 km und 3,5 km nordwestlich Stromberg) weisen Unterschiede auf, die sich – sieht man vom geringen Altersunterschied ab – in Abhängigkeit der Entfernung von einem im flacheren Wasser gelegenen Liefergebiet deuten lassen. Von dort muß die organodetritische bzw. gröbere biogene Komponente der tief-oberdevonischen Kalke abgeleitet werden, die sich im Becken bildeten. Die südlicher gelegenen Vorkommen weisen nicht nur einen höheren Anteil an eckigen Biogenen, sondern auch die relativ größten Fossilüberreste bei entsprechend schlechter Sortierung auf. Die Tatsache, daß koloniebildende Organismen bis mindestens in die Untere *asymmetricus*-Zone hinein im Schwellenbereich (vgl. 4.1.2.) gute Lebensbedingungen fanden, macht jedenfalls den erhöhten Anteil von Crinoiden-Resten und Bruchstücken ästiger tabulater Korallen in den der Stromberger Schwelle am nächsten gelegenen, gleichaltrigen Beckenkalken (Proben-Nr. 5027, 726, 577) verständlich. In der Folgezeit gelangten feinste Kalksande (Zerreibsel von Schalen u. ä.) durch turbiditische Vorgänge (Gradierung) in das der Schwelle nördlich vorgelagerte und in dieser Richtung sich vertiefende Becken. Die Einschüttungen wiederholten sich mehrfach. Auf ein zumindest vorübergehend starkes Absinken des Sauerstoffgehaltes am Meeresboden bzw. im Sediment, wo eine wühlende Fauna fehlte, sind die bituminösen, pyritführenden Kalke mit ihrer gut erhaltenen Feinschichtung (Proben-Nr. 5024, 498) ein deutlicher Hinweis. Das jüngste und zugleich am weitesten nördlich gelegene Vorkommen (Proben-Nr. 498) entspricht faziell völlig dem Typ des Kellwasserkalkes, für den u. a. feinkörnig-biosparitisches Gefüge, ungestörte Feinschichtung, Anreicherung von Sulfiden und organischer Substanz sowie Häufigkeit pelagisch freilebender Organismen bezeichnend sind (s. 5.).

4.2.2.2. Bunte Cephalopodenkalke mit *Stromatactis* und rote Styliolinen-Radiolarien-Kalke; Obere Adorf-Stufe (do I δ)

Vorkommen am Mühlenberg bei Daxweiler im Guldenbachtal 2,8 km NW Stromberg. Probennahme ca. 55 m nordöstlich der Bundesstraße 50 bei km 13,870 am Punkt R 09997 H 36780, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Oberste *gigas*- bis Untere *triangularis*-Zone (Conodonten-Probe 5019).

In dunkelgrauen, sandarmen Tonschiefern, denen auch matrixreiche Grauwacken eingeschaltet sind, tritt eine 0,95 m mächtige Kalkbank, die mit 73/50°S einfällt. Die untere Hälfte dieser Bank (Proben-Nr. 5019) besteht aus einem hellrötlich bis rötlich-grau gefärbten, feinkörnigen Kalk. Im hangenden Teil ist der Kalk hellgrau, teilweise aber auch hellrötlich bis weißlichgrau gefleckt. Die rötlichen Kalke im Liegenden sind stärker geschiefert. Auf den sehr unregelmäßig verlaufenden Schieferflächen ist serizitisch-chloritisches Material angereichert. Die fleckigen Kalke im Hangenden werden nur von wenigen Schieferungs- bzw. Lösungsbahnen durchsetzt. Die hellgrauen Kalke sind feingeschichtet. In den rötlichen Kalken lassen sich bereits makroskopisch reichlich kleine Cephalopoden und Styliolinen erkennen.

Schliff: Styliolinen-Radiolarien-Biomikrite im liegenden, biomikritische Goniatiten-Kalke im hangenden Teil der Bank (Proben-Nr. 5019). In den rötlichen biomikritischen Styliolinen-Radiolarien-Kalken der unteren Bankhälfte überwiegen die kleinsten Styliolinen (du. 1,5–3 mm lang), deren Anteil bis zu 10–20% betragen kann (Taf. 9, Fig. 1), sowie die Radiolarien, deren Gehäuse kalzifiziert sind. Verhältnismäßig zahlreich vertreten sind auch Ostracoden (ein- und zweiklappige Exemplare).

Diese weisen häufig Geopetalgefüge auf. Verstreut kommen ferner kleinwüchsige und sehr dünnchalige Gastropoden, winzige rugose Korallen (bis 3 mm Durchmesser) sowie Reste von Goniatischen, kleinen orthoconen Nautiloideen (Taf. 9, Fig. 2), Echinodermen und Trilobiten vor. Conodonten finden sich im Lösungsrückstand in guter Erhaltung. Die Echinodermenreste sind teilweise angebohrt. Eine Schichtung ist in diesen fossilreichen Kalken so gut wie gar nicht zu erkennen. Die Styliolinen liegen wirr, d. h. ohne jede Einregelung. Im Unterschied hierzu zeigt eine an Fossilresten arme, grau-gefärbte Lage im höheren Teil der Bank eine Feinschichtung.

Der obere Teil der Kalkbank, in welchem sich zum Hangenden zunehmend graue Farbtöne einstellen, wird im wesentlichen aus biomikritischen Cephalopoden-(Goniatischen-) Kalken mit *Stromatactis*-Strukturen aufgebaut. Außer Goniatischen (Taf. 7, Fig. 4), die zahlreich vorkommen, aber meist recht klein bleiben, wurden beobachtet: Orthoceren, Ostracoden (ein- und zweiklappige, z. T. berippte Formen), Trilobiten-Reste, Echinodermen-Fragmente (z. T. noch zusammenhängend), zartschalige Gastropoden, Bruchstücke dünnchaliger ? Muscheln, Radiolarien und Conodonten. Styliolinen fehlen im oberen Bankabschnitt hingegen völlig. Die in den Cephalopodenkalken zu beobachtenden *Stromatactis*-Strukturen (Taf. 7, Fig. 3 u. Taf. 9, Fig. 3–4) sind zum Teil mit ihrer längsten Achse parallel zur Schichtung orientiert. Die ursprünglichen Hohlräume sind sekundär hauptsächlich mit weißem bis klarem Kalzit gefüllt. Sie weisen häufig ein Geopetalgefüge auf. So läßt sich an der Basis der *Stromatactis*-Hohlräume feingeschichteter Mikrit erkennen, auf dem Kalzitkristalle aufgewachsen sind. Diese Kristalle wuchsen, an der Basis einen dichten Kristallrasen bildend und sich nach oben allmählich verdickend, in den unregelmäßig geformten Hohlraum hinein. In einigen *Stromatactis*-Strukturen wechseln solche Kalzitkristall-Rasen mehrfach mit mikritischen Kalklagen ab, in denen biogene Reste angereichert sein können. Manche der Hohlräume sind auch ohne Einfluß von Kalkschlammablagerungen in mehreren Generationen von allen Seiten aus gleichmäßig zugewachsen.

Deutung: Die Styliolinen-Radiolarien-Kalke und die Goniatischen-Kalke mit *Stromatactis*-Strukturen entstanden autochthon unter sehr ruhigen Bedingungen im offenen Meer. Es muß angenommen werden, daß sich diese Kalke unter Tiefwasser-Verhältnissen bildeten, d. h. unter Verhältnissen, die eine Kalkbildung zwar noch zuließen, andererseits aber eine Lösung von Kalk bereits begünstigten (*Stromatactis*-Hohlräume). Als Tiefenanzeiger wird, abgesehen vom Planktonreichtum, vor allem das Vorkommen zartschaliger Mollusken und sehr kleinwüchsiger Korallen vom Typ der Tiefwasser-Korallen gewertet. Während der Zeit, in der sich die rötlich gefärbten Biomikrite bildeten, haben sowohl im Meerwasser als auch im Sediment offenbar günstige Lebensbedingungen bestanden. Die rötlichen, teilweise aber auch die hellgrauen Kalke wurden in noch unverfestigtem Zustand von wühlendem Benthos völlig entschichtet. Lediglich die dunkelgrau gefärbten Kalke, die wesentlich fossilärmer sind und eine Feinschichtung aufweisen, geben einen Hinweis darauf, daß sich zeitweise – die Styliolinen waren bereits ausgestorben – auch Sauerstoffarmut in Meeresbodennähe eingestellt hat. Die auffällige Färbung der rötlichen Kalke dürfte primär auf Goethit zurückzuführen sein, der erst diagenetisch in Hämatit umgewandelt wurde.

Die Styliolinen, die im liegenden Teil des Kalkvorkommens noch gehäuft auftreten, im oberen Bankabschnitt aber völlig fehlen, gehören der Gruppe *Homoctenus tenuicinctus* (ROEMER) – *H. ultimus* ZAGORA an. Das plötzliche Aussetzen der sehr kleinwüchsigen, kaum skulptierten und teilweise schwach gekrümmten Formen dieser Gruppe im mitt-

leren Teil der Bank fällt hier mit dem auch andernorts festgestellten endgültigen Erlöschen dieser Tiergruppe, zu der die Tentaculiten und die kleinwüchsigen Styliolinen gehören, zusammen. Nach ZAGORA (1964, S. 1252 f.) stirbt die letzte Art *H. ultimus* an der Grenze *gigas-/triangularis*-Zone aus.

Zur Entstehung der *Stromatactis*-Strukturen in den Cephalopodenkalken, die sich hier, wie auch die enge Verknüpfung mit den Styliolinen-Radiolarien-Kalken zeigt, im tieferen Teil des Beckens bildeten, muß bemerkt werden, daß möglicherweise durch Endobenthos geschaffene Wühl- und Grabgänge durch selektive Kalklösung erweitert wurden. Die Lösungsfähigkeit kälteren Tiefenwassers kann bereits bestehende Hohlräume vergrößert haben, ehe diese in einem frühen Stadium der Diagenese mit feinem Kalkschlamm zumindest teilweise aufgefüllt wurden (vgl. HECKEL 1972). Das Auftreten von *Stromatactis* allein ist, wie der Nachweis auch in paläozoischen Flachwasserkalken beweist, kein Tiefenkriterium.

4.2.3. Beckenkalk des jüngeren Oberdevons (Nehden- bis Wocklum-Stufe)

4.2.3.1. Hellgraue Knollenkalke und dunkelgraue plattige Kalke; Nehden-Stufe (do II)

Vorkommen ca. 450 m ENE Füllenbacherhof im Guldenbachtal, ungefähr 2 km NW Stromberg, am westlichen Talhang oberhalb des Fahrweges bei R 10410 H 36090, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Obere *crepida-crepida*-Zone (ob. do II α ; D. E. MEYER 1969, S. 130).

Den milden, dunklen Tonschiefern ist ein 1,9–2,5 m mächtiger Horizont eingeschaltet, in dem Lagen und Linsen von Kalken mit schiefrig-mergeligen Lagen wechsellagern. Die Dicke der Kalklagen beträgt durchschnittlich 1–5 cm. Die Kalke sind hell- bis mittelgrau. Die knollig-linsigen Partien ähneln sehr den Knollenkalken vom Typ der „Kramenzelkalke“ (Proben-Nr. 5020). Nur wenige Meter entfernt ist den Schiefern eine geringmächtige Bank eines dunkelgrauen bis schwärzlichen Kalkes eingelagert (Proben-Nr. 5021).

Schliff: Die hellgrauen biomikritischen Knollenkalke (Proben-Nr. 5020), in denen größere Biogenreste fast völlig fehlen, führen Radiolarien (max. 5%), ferner Ostracoden und vereinzelt Trilobiten-Reste, darunter auch ein Häutungsexemplar mit SALTERScher Einbettung. Eine deutliche Feinschichtung fehlt. Im Unterschied zu diesem Kalk ist der dunkle plattige Kalk (Proben-Nr. 5021), der max. 10 cm mächtig ist, gut geschichtet (Gradierung). Dieser Kalk ist im Liegenden als Biosparit entwickelt (Taf. 10, Fig. 4). Zum Hangenden geht er in einen feinkörnigen Intrasparit bis Intramikrit über. Unter den Biogenen, die bis 5 mm Durchmesser erreichen, überwiegen Echinodermenreste (max. 10%). Es kommen auch Reste ästiger tabulater Korallen sowie Bruchstücke von Stromatoporen vor. Die zum Teil angebohrten Echinodermenreste (v. a. Crinoiden) zeigen mikritische Säume. Fein verteilt sind Pyrit und organische Substanz.

Deutung: Die hellen Biomikrite entstanden autochthon im offenen Meer unter ruhigen Ablagerungsbedingungen. Obwohl eine Durchwühlung stattgefunden hat, wurde der lagige Aufbau nicht völlig zerstört, wie die ziemlich reinen Kalklagen, die mit stärker kalkig-tonigen Lagen wechsellagern, erkennen lassen. Die Bank dunklen mikrosparitischen Kalks verdankt ihre Entstehung einer turbiditischen Einschüttung von Kalkdetritus aus einem flacheren Meeresbereich (allodapischer Kalk). Die Ausbildung des Kalks weist Anklänge an die Kellwasserkalkfazies auf (s. S. 18).

4.2.3.2. Graue dünnplattige Radiolarienkalke und Cephalopoden führende Netzkalke; Wocklum-Stufe (do VI)

Vorkommen am Mühlenberg östlich Junkermühle im Guldenbachtal, ca. 2,9 km NW Stromberg, Profil im Bereich 10–40 m NE Bundesstraße (13,835–13,860 km) zwischen R 09 980 H 36 720 und R 09 990 H 36 750, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Mittlere *costatus*-Zone (D. E. MEYER 1969, S. 140 f.).

In den grauackenführenden Tonschiefern kommen teils bankige, teils linsige Kalke vor, deren Mächtigkeit wenige dm beträgt. Die Proben wurden einer 0,35 m mächtigen Bank (5010) und Kalklinsen aus den Schiefern im Hangenden und Liegenden der Kalkbank entnommen (5011, 5013).

Schliff: Intramikrite bis feinkörnige Intrasparite (5010, 5013) und Biomikrite (5011). In den intramikritischen bzw. intrasparitischen Kalken, in denen eine Feinschichtung nur undeutlich zu erkennen ist, fehlen gröbere Biogene. Sie sind durch eine Feinsand/Silt-Komponente schwach verunreinigt. Die Korngröße der gut sortierten Karbonatfraktion liegt bei durchschnittlich 0,05–0,1 mm. Der feingeschichtete biomikritische Kalk (5011) enthält Radiolarien (bis 10^{0/0}) und führt Pyrit in feinsten Verteilung (Taf. 10, Fig. 6).

Vorkommen am Mühlenberg östlich Junkermühle im Guldenbachtal, ca. 2,9 km NW Stromberg, Profil ca. 70 m NE Bundesstraße (13,910 km) zwischen R 09 975 H 36 810 und R 09 980 H 36 810, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Mittlere bis Obere *costatus*-Zone (D. E. MEYER 1969, S. 141).

Den dunklen Tonschiefern sind in einem etwa 4 m mächtigen Bereich, in dessen Hangendem und Liegendem auch Grauackebänke vorkommen, insgesamt 5 Kalkbänke eingeschaltet. Die Folge fällt mit 35/50° normal nach Süden ein. Die unterste Kalkbank (mind. 0,5 m) wird aus mittelgrauen, dünnplattigen Kalken (Proben-Nr. 5017) und mergelig-tonigen Zwischenlagen aufgebaut. Darüber folgen 3 dünne Kalklagen (0,03–0,04 m), aus denen die Proben 5015 und 5016 stammen. Im Hangenden findet sich eine Bank (0,4–0,5 m), die aus grauen dünnplattigen bis schichtigen Kalken besteht, mit tonigen Zwischenlagen im basalen und oberen Bankabschnitt.

Schliff: Intrasparite bis Intramikrite. Diese arenitischen Kalke sind durch eine Feinsand-Grobsiltkomponente (v. a. Quarz) und Ton mehr oder weniger stark verunreinigt. Bis auf Conodonten (im Lösungsrückstand) fehlen eindeutige biogene Reste. Eine Schichtung ist schwach erkennbar. Im übrigen sind diese Kalke sehr einförmig ausgebildet (Taf. 10, Fig. 7).

Vorkommen am Mühlenberg östlich Junkermühle im Guldenbachtal, ca. 2,9 km NW Stromberg, Profil 20 m NE Bundesstraße (13,950 km) bei R 09 920 H 36 815, Blatt 6012 Stromberg. Alter: Mittlere bis Obere *costatus*-Zone (Conodonten-Probe 5006). Im Abstand von 1,8 m sind den hier anstehenden dunklen Tonschiefern 2 Kalkbänke eingelagert (40–45/70–75° S). Die untere Bank (0,55–0,60 m) ist im basalen Abschnitt dunkelgrau gefärbt; zum Hangenden zeigen die hier mehr linsig-flaserig ausgebildeten Kalke eine hellgraue Färbung (Proben-Nr. 5004–5006). Die obere, ca. 0,5 m mächtige Kalkbank (Proben 5007–5009) besteht aus einem mittel- bis dunkelgrau gefärbten, teilweise stark von sekundärem Kalzit durchsetzten Kalk.

Schliff: Der relativ feinkörnige Intrasparit (Korndurchmesser du. 0,05–0,2 mm) aus dem basalen Abschnitt (Proben-Nr. 5004) der unteren Kalkbank ist durch Quarz (Siltfraktion) schwach verunreinigt. Vereinzelt kommen Echinodermereste vor (Taf.

10, Fig. 8). Die mikritischen, noch etwas stärker durch Silt verunreinigten Kalke der Bankmitte (Proben-Nr. 5005) zeigen eine netzartige Struktur („Netzkalke“), die durch eine Auflösung des Kalkes in kleine Linsen bedingt ist (Taf. 8, Fig. 1). Fossilreste (Ostracoden, ? Radiolarien) sind selten. Dieser Teil der Bank weist Durchwühlungen auf. Kräftig durchwühlt ist der oberste Bankabschnitt (Proben-Nr. 5006), was im An-schliff des gebrannten Kalkes besonders gut gezeigt werden kann (Taf. 8, Fig. 2). Die Wühlgänge weisen z. T. Geopetalgefüge auf. Subsolutionsreste sind deutlich zu erkennen. Diese sehr reinen Biomikrite führen neben Ostracoden und Radiolarien auch kleine dünn-schalige Gastropoden, Orthoceren, Goniatiten, ferner vereinzelte Bruchstücke von Echinodermen und Reste von Trilobiten (Taf. 8, Fig. 3); Conodonten finden sich im Lösungsrückstand. In der oberen Bank (Proben-Nr. 5007–5009), die als Intramikrit bis feinkörniger Intrasparit (mit einzelnen biosparitischen Lagen im oberen Abschnitt) entwickelt ist, kommen nur sehr selten Echinodermen- und Trilobitenreste vor; eine Feinschichtung ist zu erkennen.

Deutung: Die Kalke der genannten Vorkommen aus den Wocklum-Schichten (Mittlere bis Obere *costatus*-Zone) am Mühlenberg, die zugleich die jüngsten im Untersuchungsgebiet bekannten Kalkvorkommen darstellen, kamen als feine, im allgemeinen gut sortierte Kalksande bzw. Kalkschlamme im Becken zum Absatz. Wie die vorherrschend planktonischen und nektonischen Faunen anzeigen, waren Bedingungen des offenen Meeres gegeben. Wühlende Organismen fanden zumindest zeitweise durchaus günstige Lebensbedingungen. Im Vergleich zu älteren Beckenkalken fällt der erhöhte Siltanteil (Quarz) auf, der unter gleichmäßig ruhigen Strömungsbedingungen in das Becken gelangte. Gröberklastische Einschüttungen (Grauwackensande), wie sie ebenfalls in den Schichten des höchsten Oberdevons zu verzeichnen sind, erfolgten aus östlicher Richtung (Turbidite).

4.3. Allochthone Riffkalk-Blöcke

In den oberdevonischen Beckensedimenten des Untersuchungsgebietes wurden zwei Vorkommen von allochthonen Blöcken nachgewiesen, die aus dem Schwellenbereich des Stromberger Riffes abzuleiten sind. Nach Art und Begrenzung der Vorkommen innerhalb der jung-oberdevonischen Schiefer ist an einer synsedimentären Einbettung der Blöcke kaum zu zweifeln. Für eine tektonisch bedingte Einschuppung gibt es an beiden Fundpunkten keinen näheren Anhalt.

Vorkommen am Nordufer des Schlammweiher im Seibersbachtal, ca. 350 m östlich des Füllenbacher Hofes bei R 10 320 H 35 980, Blatt 6012 Stromberg. Alter der Fundschichten: Nehden- bis Hemberg-Stufe; Alter des allochthonen Blocks: (?) Obere Eifel-Stufe (Mitteldevon).

In überwiegend milden, dunklen Tonschiefern, denen lokal kleinere Kalklinsen sowie wenige Quarzit- und Grauwackenbänke eingeschaltet sind, steht ein mehrerer Kubikmeter großer Kalkblock an, der in der Aufsicht einen dreieckigen Umriß aufweist. Die längste Kante dieses Blockes mißt etwa 8 m. Der Kalkklotz wird allseits von Schiefern umschlossen, auch wenn er aus diesem zum großen Teil herausgewittert ist. Der hellgraue, fein- bis grob-spätige Kalk läßt bereits makroskopisch reichlich Echinodermen-, aber auch Korallenreste erkennen. An der NW-Ecke des Blocks führt der Kalk zahlreich großwüchsige Pentameriden der Art *Zdimir rhenanus* (F. ROEMER). Zwischen diesem Kalk und dem Crinoiden-Korallenschuttkalk bestehen Übergänge.

Schliff: Crinoiden-Korallen-Biosparite mit mikritischer bis teils sparitischer Matrix (Proben-Nr. 5022–5023). Der Kalk ist sehr rein. Das Verhältnis Matrix/Komponenten schwankt. Bei Überwiegen des Matrixanteils ist der Durchmesser der Komponenten relativ kleiner. Unter den biogenen Resten, die meist eckig und schlecht sortiert sind, überwiegen die Echinodermenreste (v. a. Crinoidenstielglieder und -fragmente, du. 1–10 mm) und Bruchstücke ästiger tabulater Korallen (Taf. 2, Fig. 2) sowie polsterförmiger Kolonien von *Favosites* und *Heliolites*. Seltener sind rugose Einzelkorallen, Reste von Stromatoporen, Brachiopoden, Gastropoden und Trilobiten. Die Echinodermenreste weisen meist verhältnismäßig breite Mikritsäume auf; ein Teil der Reste ist angebohrt. Die Biogene sind z. T. von Algenkrusten umgeben (Taf. 1, Fig. 2). Die Hohlräume tabulater Korallen sind entweder mit hellem Mosaikkalzit oder mit dunklem mikritischem Kalkschlamme gefüllt (Taf. 1, Fig. 4). Fibröser Kalzit ist in meist unregelmäßige Hohlräume hineingewachsen. Der Kalk ist massiv; nur lokal ist eine Schichtung schwach angedeutet.

Vorkommen am Mühlenberg östlich Junkermühle im Guldenbachtal ca. 45 m NE Bundesstraße (13,840 km) bei R 10 005 H 36 750, Blatt 6012 Stromberg. Alter der Fundschichten: Wocklum-Stufe (Mittlere bis Obere *costatus*-Zone); Alter des allochthonen Blocks: (?) Obere Eifel-Stufe (Mitteldevon).

In den grauwackenführenden Tonschiefern des höchsten Oberdevons liegt ein eckiger Block von der Größe 1,1 x 1,2 m (in der Aufsicht). Der Kalkblock ist allseits scharf gegen die dunklen Tonschiefer abgesetzt. Der Kalk besteht zu einem großen Teil aus den massiven Schalen des Pentameriden *Zdimir rhenanus* (F. ROEMER), die z. T. sehr gut erhalten sind. Die Schalen liegen häufig so dicht, daß die übrigen Biogene, vor allem Crinoiden- und Korallenreste kaum in Erscheinung treten. Am Rand des Blocks besteht eine schmale Partie des Kalks, die hellgrau bis hellrötlich gefärbt ist, überwiegend aus Crinoidenschill.

Schliff: Biogenschuttkalk mit überwiegend mikritischer Matrix (Proben-Nr. 5012). Die Brachiopodenschalen liegen dicht übereinander gepackt; regellos liegen dazwischen die Reste v. a. von Crinoiden (Bruchstücke meist 0,5–2 mm). Ferner kommen größere Trümmer von tabulaten Korallen (ästige Formen; *Heliolites*, *Favosites*) und rugosen Einzelkorallen vor (Taf. 1, Fig. 1 u. 3). Die Komponenten sind auffallend schlecht sortiert. Größere Biogene bzw. Kluste sind teilweise von Stromatoporen umkrustet. Die Echinodermenreste weisen Anbohrungen und nicht selten starke randliche Anlösungserscheinungen auf. Lösungssutturen sind in dem Kalkblock häufig zu beobachten.

Deutung: Die beiden Kalkblöcke zeigen einen Aufbau, der im unmittelbaren Gegensatz zu den in der gleichen Schichtfolge jeweils vorkommenden Beckenkalke steht. Es ist ausgeschlossen, daß sich innerhalb eines Beckens, das durch typische Beckenkalke gekennzeichnet ist, die Ablagerungsbedingungen in so kurzer Zeit so grundlegend geändert haben könnten, daß sich derartige Kalke hier bzw. parautochthon hätten bilden können. Im übrigen spricht das Vorkommen von *Zdimir rhenanus* (F. ROEMER), der an der Wende Mittel-/Oberdevon aussetzt (BOUCOT & SIEHL 1962), für die Allochthonie der Vorkommen. Hinzu kommt, daß die fazielle Ausbildung beider Vorkommen den *Zdimir*-führenden Crinoiden-Korallen-Kalken aus dem Crinoidenkalk-Horizont des Stromberger Kalkes, deren Bildungsort im Flachmeerbereich lag, so weitgehend entspricht, daß eine Korrelation mit diesem Vorkommen angenommen werden muß. Demnach müßten sich die Kalkblöcke zur Zeit des Oberdevons aus dem Verband gelöst haben und in das Becken abgeglitten sein (vgl. Kap. 5).

5. Geochemische Untersuchungen

Die an ausgewählten Proben verschiedener Kalktypen aus dem Schwellen- und Beckenbereich durchgeführte Untersuchung auf Spurenelemente mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse¹⁾ sollte Hinweis auf eine mögliche Abhängigkeit der Spurenelementverteilung vom Bildungsraum der Kalke (Schwellen, Becken) liefern. Es wurden zu diesem Zweck möglichst wenig verunreinigte Kalke ausgewählt und in pulverisierter Form untersucht, wobei die unlösliche Komponente nicht abgetrennt wurde. Die Daten wurden halbquantitativ ausgewertet und zu vorliegenden chemischen Daten sowie den Schliffuntersuchungen in Beziehung gebracht. Neben Ca und Mg wurden in den Kalken nachgewiesen: K, Ba, Y, Sr, Fe, Mn, Zn, Cu, Ti, As, Pb, Zr und Rb. Die Verteilung dieser Elemente läßt, trotz geringer Probenzahl, eine teilweise deutliche Abhängigkeit vom Bildungsort der Kalke erkennen.

Die niedrigsten Spurenelementgehalte wurden bei den Schwellenkalken festgestellt. Die sehr reinen Algenriffkalke (Massenkalke), deren weißlichgrau gefärbte Varietäten durchschnittliche CaCO_3 -Gehalte von 98,0–98,7 % (max. 99,3 %) aufweisen und deren MgO-Gehalte im Mittel bei 0,3 % liegen (Bohrung Gollenfels 1; D. E. MEYER 1969, S. 295), zeigen absolut geringe Werte von Mn, Fe, Ti, Cu und Zn. Die vor allem durch tonige Substanz schwach verunreinigten Crinoiden-Korallen-Riffschutt-Kalken (CaCO_3 -Gehalt du. 96 %) weisen nur geringfügig erhöhte Werte der genannten Elemente auf. Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, daß die allochthonen Blöcke aus Riffschuttkalk (vgl. 6.3.) auch in ihren Spurenelementgehalten fast völlig mit den Proben aus dem Crinoidenkalk-Horizont übereinstimmen; lediglich die Werte von K und Y liegen höher.

Die autochthonen Beckenkalke weisen im Vergleich zu den Schwellenkalken meist erheblich höhere Werte an Spurenelementen auf. Durch relativ hohe Gehalte von Mn, Fe, Ti und Cu sowie durch Ba-Führung zeichnen sich die Proben Nr. 5019, 5017, 484 und 498 aus. Fe und Mn liegen um den Faktor 10–35 über den Vergleichswerten; einen sehr hohen Ti-Gehalt besitzt die Probe 5019. Bei diesen Proben handelt es sich um strukturell und entstehungsmäßig durchaus unterschiedliche Kalke der Beckenfazies von verschiedenem Alter (Eifel-, Adorf- und Wocklum-Stufe). Die Proben stammen jedoch sämtlich aus dem nördlichen Beckenabschnitt. Am deutlichsten zeigt sich die Schwellen-/Beckengliederung in der Mangan-Verteilung. Die Mangangehalte der Kalke nehmen von der Schwelle zum Becken hin erheblich zu (Abb. 2). Auf eine entsprechende Beziehung hat vor allem BUGGISCHE (1972, S. 28) bei den Kellwasserkalken der Adorf-Stufe hingewiesen. Den höchsten Mn-Wert, der um das 3- bis 4fache über dem der Proben 5019, 484 und 498 liegt, zeigt der Beckenkalk aus dem höchsten Oberdevon (Probe 5017). Erhöhte Mn-Gehalte gehen mit höheren Fe-Werten einher, wobei im allgemeinen der Pyrit, z. T. aber auch feinverteilter Hämatit (Probe 5019) für den höheren Fe-Gehalt verantwortlich ist. Die Sr-Gehalte liegen bei den untersuchten Schwellenkalkproben wesentlich niedriger als bei den Beckenkalkproben. In geochemischer Hinsicht unterscheidet sich der Kellwasserkalk (Probe 498) nicht von den typischen Kellwasserkalken (BUGGISCHE 1972).

¹⁾ Die Proben wurden freundlicherweise von Herrn Dipl.-Geol. J. THEIN untersucht, wofür wir ihm danken.

6. Paläogeographie und Faziesvergleich

6.1. Schwellenkalk-Fazies

Am Aufbau devonischer Riffkalke sind Algen fast überall nur untergeordnet beteiligt. Algenriffkalke von der Art, wie sie im Bereich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle – im eugeosynklinalen Südteil des Rheinischen Troges – vorkommen, sind bisher weder aus den Verbreitungsgebieten mittel- bis oberdevonischer Riffe im Rheinischen Schiefergebirge noch aus dem Harz beschrieben worden. Auch in Mittelböhmen, den Karnischen Alpen und in der Montagne Noire sind derartige Kalke nicht bekannt. Als autochthone Koloniebildner bestimmen im Devon überwiegend tabulate Korallen, Stromatoporen und Amphiporen den Aufbau im „Riffkern“. Im Bereich des Stromberg-Bingerbrück Riffs im Südhunsrück herrschen hingegen stromatolithische Algen und andere, bevorzugt flächig bis flach-fladenförmig aufwachsende Koloniebildner vor. Zu Beginn der Riffbildung sind Crinoiden die Hauptsiedler im Schwellenbereich. Die Crinoiden-Kalke sowie die darüber folgenden eigentlichen Massenkalk des Stromberger Riffes weisen im Vergleich zu benachbarten Massenkalk-Vorkommen gleichen Alters, aber auch zu Karbonatkomplexen in größerer Entfernung, bemerkenswerte Unterschiede auf.

Die Entstehung von Algen-Stromatolithen ist vor allem von LOGAN, REZAK & GINSBURG (1964), HOFMANN (1969) und MONTY (1967) eingehender untersucht worden. Danach müssen die meist sehr fein laminierten Algenstromatolithen als organo-sedimentäre Bildungen angesehen werden. Feinkörniges Sediment, wie beispielsweise feinkristalliner Kalkschlamm, wird durch mattenartige Überzüge aus filamentösen Algen eingefangen. Diese Algenmatten können den Meeresboden vollkommen überziehen und auf diese Weise verhindern, daß Sedimentpartikel, die sich einmal in den Algenfilamenten verfangen haben, fortgeschwemmt werden. So wird die Sedimentoberfläche in einem Maße stabilisiert, daß selbst Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 100 cm/sec nicht ausreichen, um den durch Algen festgelegten Kalkschlamm zu erodieren und fortzuführen (NEUMANN, GEBELEIN & SCOFFIN 1970). Nach GEBELEIN (1969) sind im allgemeinen die Algenmatten um so dicker, je geringer die Strömungsgeschwindigkeit am Meeresboden ist. Die Zahl der an der Bildung der Algenmatten beteiligten Arten kann sehr groß sein (> 20 Arten). Überwiegend handelt es sich, wie Beobachtungen gezeigt haben, um Grün- und Blaugrünalgen (Chlorophyta, Cyanophyta). Das Gedeihen dieser Algen ist an Flachwasserbedingungen gebunden.

Für eine Bildung der Stromberger Algenstromatolithen im Flachwasserbereich, d. h. auf jeden Fall oberhalb der 50-m-Tiefenlinie – vermutlich aber im Gezeitenbereich – gibt es Kriterien, die sich vor allem aus dem speziellen Aufbau und aus der Verbreitung dieser Kalke ergeben. Als kontrollierende Faktoren für das überaus gleichmäßige, weithin flächenhafte Aufwachsen der Algen und der mit ihnen vergesellschafteten, bevorzugt tabular wachsenden Koloniebildner (Stromatoporen, tabulate Korallen, Bryozoen) müssen – ein ausgeglichenes Meeresbodenrelief vorausgesetzt – eine geringe, mehr oder weniger gleichbleibende Wassertiefe, eine mäßige Strömungsgeschwindigkeit und eine von festländischen Liefergebieten völlig abgeschirmte Lage innerhalb des Geosynklinalraums angenommen werden. Das häufige Auftreten von „birdseyes“, wie sie auch im Stromberger Massenkalk beobachtet wurden (Taf. 4, Fig. 4), deutet auf Entstehungsbedingungen im Gezeitenbereich (SHINN 1968). Vor Florida sind Algenmatten im Gezeitenbereich bis ca. 2 m oberhalb der Niedrigwasserlinie anzutreffen (GINSBURG &

LOWENSTAM 1958), wobei ein zeitweises Trockenfallen und eine erhöhte Salinität von den Algen durchaus vertragen werden kann.

Die Annahme einer allenfalls leicht überfluteten Plattform mitten im offenen Meer, über die in gleichmäßig-laminarem Strom stärker erwärmtes Wasser hinweggeführt wurde, machte nicht nur die schichtparallel orientierten Wuchsformen der Koloniebildner der Typen A, B und C verständlich, sondern würde auch die auffällige Verarmung an höheren Organismen sowie die über einen größeren Zeitraum gleichbleibende Reinheit der Algenriffkalke im Bereich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle erklären. Ein weiterer Hinweis auf relativ flaches, gut durchlichtetes Wasser sind die durch endolithische Algen angebohrten biogenen Überreste, vor allem von Echinodermen, die man in den Algenriffkalken beobachten kann.

Die Koloniebildner des Stromberger Riffkalkes zeigen im Unterschied zu anderen Riffkalkvorkommen in Mittel- und Südeuropa, die sich zur gleichen Zeit bildeten, kein massiv stockförmiges bis polsterförmiges Wachstum, wie es in Anpassung an vorherrschend turbulente Wasserbewegung im Flachwasserbereich, häufig sogar bei bevorzugt biostromal wachsenden Riffen (z. B. in der Eifel), zu beobachten ist. Es ist daher die Frage, inwieweit der „Riff“-Begriff auf die stromatolithischen Bildungen im Bereich der als Hochgebiet zweifellos vorhandenen Stromberg-Bingerbrücker Schwelle angewandt werden kann, auch wenn die „riff“-bildenden Formen hier nicht den für wellenresistente Gerüstbildner typischen Aufwuchs zeigen. Die Entscheidung ist insofern nicht ganz einfach, als die Algen in den devonischen Kalkvorkommen, wo sie nur eine untergeordnete Rolle spielen, eine andere Stellung einnehmen als im Stromberger Riff. Der „Riff“-Begriff soll daher bei unseren Ausführungen immer im weiteren Sinne verwendet werden, ohne damit auf einen bestimmten Aufbau des Riffkörpers Bezug zu nehmen. Entscheidend ist die Lage auf einer Untiefe und deren Besiedlung durch autochthone Koloniebildner.

Algen kommen in den devonischen Kalken meist inkrustierend oder als Bindemittel von organogenem Detritus vor. So werden aus den mittel- bis oberdevonischen Riffkalken in den Ardennen in erster Linie inkrustierende Formen, darunter Girvanellen und Sphärocodien, erwähnt; seltener treten auch dünne Algen-Laminite auf (LECOMTE 1970, S. 49; FEDIAEVSKY 1972). Die Riffkalke bildeten sich dort im Flachwasser des Schelfmeeres. Die von BANDEL (1972, S. 33 ff. u. S. 62) aus dem Givet und Frasné der zentralen Karnischen Alpen beschriebenen Algenlaminite entstanden hingegen unter lagunären Bedingungen, d. h. unter Abschnürung vom offenen Meer und damit verbundener, zeitweiliger Austrocknung bzw. periodischer Überflutung. Als wellenresistente Gerüstbildner fungieren hier Stromatoporen und Korallen, während Algenkalke vom Stromberger Typ fehlen. Bei dem gut untersuchten „Atoll“ des Iberg-Winterberger Riffes im Harz sind nach FRANKE (1973) Algenmatten selten. Im zentralen Teil des devonischen Riffes von Konjprus in Mittelböhmen sind zwar krustige, kalkabscheidende Algen als Gerüstbildner wesentlich am Aufbau beteiligt; ihre Wuchsformen sind hier jedoch immer blumenkohlformig oder knollig (BANDEL 1969, S. 225). In den außereuropäischen Vorkommen devonischer Riffkalke sind Algenlaminite, soweit aus der Literatur ersichtlich, im wesentlichen auf lagunäre Bezirke beschränkt. Dies gilt auch für die kanadischen Vorkommen. Lokal treten dort Algen aber auch gemeinsam mit Stromatoporen („stromatoporida-algal consortium“) im „fore reef“-Bereich des Red-water-Komplexes auf (KLOVAN 1964).

Die Massenkalk-Vorkommen im Rhenohertzynikum werden nur zu einem Bruchteil aus wirklich autochthonen und zugleich wellenresistenten Gerüstbildnern aufgebaut. Es

überwiegen, wie KREBS (1971, S. 147) betont, Kalke des „back reef“ und „fore reef“, während der eigentliche Riffkern, der hauptsächlich aus Stromatoporen und tabulaten Korallen besteht, räumlich eng begrenzt ist. Die hellen massig-dickbankigen Massenkalk der „Dorp-Fazies“, die Biohermcharakter aufweisen, werden im nördlichen Rheinischen Schiefergebirge den biostromalen, meist dunkler gefärbten und gut gebankten Kalken der „Schwelm-Fazies“ gegenübergestellt. Die Kalke der „Dorp-Fazies“, die als Riffkalke s. str. eine betont horizontale Fazieszonierung (back reef, reef core, fore reef) aufweisen, bildeten sich – wie auch die Stromberger Algenstromatolithen – im gut durchlichteten Flachwasser. Die meist relativ feinkörnigen, bankigen Kalke der weitflächig verbreiteten „Schwelm-Fazies“ entstanden hingegen auf dem Schelf im Bereich unterhalb der Zone kräftiger Wellenbewegung (KREBS 1971, S. 47). Weder die Charakteristika der „Dorp“- noch der „Schwelm“-Fazies lassen sich auf die besondere Ausbildung des Stromberger Kalkes beziehen. Die Entwicklung der teilweise Brachiopoden führenden Crinoiden-Korallen-Kalke im liegenden Teil (Crinoidenkalk-Horizont) und im hangendsten Abschnitt des Stromberger Kalkes zeigt am ehesten Anklänge an die „Iberg-Fazies“, die im Schiefergebirge und im Harz am Ende der Riffbildung steht.

Der biostromale Charakter der „Massenkalk“ im Bereich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle, die Autochthonie der meisten beteiligten Koloniebildner und die Bildung der Kalke in geringer bis mäßiger Wassertiefe unter ausgeglichenen Strömungsverhältnissen läßt, im Vergleich mit den obengenannten Faziestypen, die besonderen Bildungsbedingungen der Stromberger Kalke („Stromberg-Fazies“) erkennen. Danach ist auch eine deutliche zonare Gliederung der Schwellenkalk in der Horizontalen, abgesehen von den Riffschuttbildungen in Randbereichen der Schwelle, kaum zu erwarten. Die starke tektonische Zerstückelung der Vorkommen und ihre Abtragung in postorogener Zeit lassen allerdings eine genauere faziesräumliche Untergliederung nicht mehr zu. Immerhin ist zu vermuten, daß bis zur Wende Eifel-/Givet-Stufe, womöglich aber auch im tiefsten Oberdevon eine zumindest schwache Gliederung quer zur Schwellen-Längserstreckung bestand, die den verschiedenen Organismen (v. a. Algen, Stromatoporen, Echinodermen, tabulaten und rugosen Korallen, Brachiopoden) unterschiedlich günstige Lebensbedingungen bot.

Die allmähliche Herausbildung der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle, ihre geotektonische Position im südlichen Teil der Rheinischen Geosynklinale und ihr Absinken zum Zeitpunkt des allgemeinen Riffsterbens im tiefen Oberdevon läßt eine konsequente Entwicklung erkennen (Abb. 2). Bereits im höheren Unterdevon, an der Wende Unter-/Oberems, beginnt sich im Gebiet zwischen Stromberg und Wald-Erbach innerhalb des Südhunsrücktroges ein Hochgebiet abzuzeichnen (Bildung oolithischer Rot- und Brauneisensteine). Aber erst im Verlauf des Mitteldevons (Obere Eifel-Stufe) tritt der Schwellencharakter deutlich hervor. Es kommt zur Bildung der bis 60 m mächtigen Crinoiden-Korallen-Kalke (Crinoidenkalk-Horizont) noch während der Oberen Eifel-Stufe. Die Besiedlung der Schwelle zu dieser Zeit gibt die Abb. 3 wieder. Spätestens von diesem Zeitpunkt ab wurde der Südhunsrücktrogtrog in zwei Teiltröge mit teilweise unterschiedlicher fazieller Entwicklung gegliedert. Die Schwelle verlief in Längserstreckung des Troges. Ihr Verlauf wird durch die Vorkommen des Stromberger Kalkes, die Kalkvorkommen bei Warmsroth und Wald-Erbach sowie durch die noch weiter östlich gelegenen Dolomitvorkommen von Waldalgesheim und Bingerbrück markiert. Diese Vorkommen zwischen Stromberg und Bingerbrück sind Relikte eines wahrscheinlich seit der Wende Eifel/Givet zusammenhängenden Karbonatkomplexes. Zu Beginn der Givet-Stufe traten die Crinoiden und tabulaten Korallen zugunsten von stromatolithi-

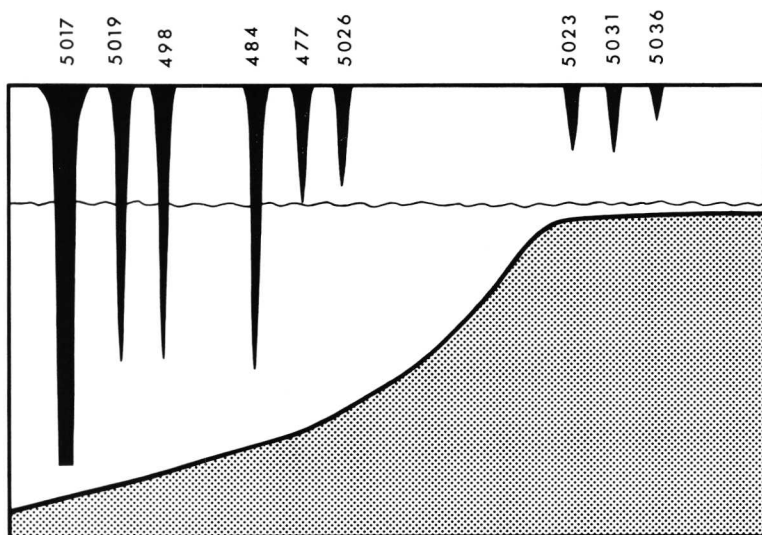


Abb. 2: Mangan-Verteilung in den Schwellen- und Beckenkalken in Abhängigkeit von der Bildungstiefe (Meeresbodenrelief) und der allmählichen Beckenvertiefung innerhalb der zeitlichen Abfolge vom Mitteldevon bis zum höchsten Oberdevon. Die von der Bildoberkante ausgehenden Zacken stellen den Relativgehalt an Mangan in den Kalkproben dar. — Meßwerte Mn $K\alpha_I$ (62,90) [Mo 60/45 / FIC: 1650 V / LiF / Range 4×10^3 / Lower Level = 100].

Schwelle (Riff-Fazies, zentraler Teil):

5036 Algenriffkalk (Massenkalk), Ob. Givet-Stufe;

Randfazies (nördlicher Teil):

5031 Crinoiden-Korallen-Riffkalk (Crinoidenkalk-Horizont), Ob. Eifel-Stufe;

5023 Crinoiden-Korallen-Riffkalk, allochthoner Block aus Ob. Eifel-Stufe.

Becken (rifftrand-nahe Becken-Fazies; Riffschutt):

5026 Biogenschuttkalk, Eifel-Stufe, Hüttenkopf;

477 Biogenschuttkalk, tiefste Adorf-Stufe, Hüttenkopf;

Schwellenrandferner Riffschutt:

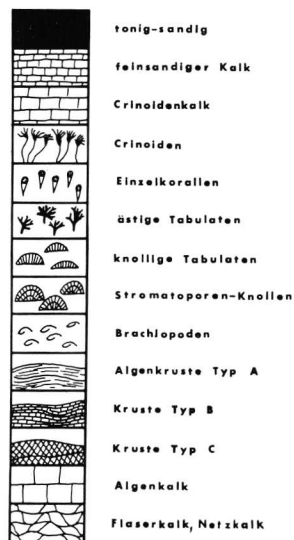
484 Biogenschuttkalk, Ob. Eifel-Stufe, Schneidmühlenberg.

Becken (pelagische Becken-Fazies, schwellenfern; Mühlenberg u. nördlicher):

498 Beckenkalk vom Kellwasser-Typ, Unt. Adorf-Stufe (ob. do Ia);

5019 Styliolinen-Radiolarien-Kalk, Ob. Adorf-Stufe (do Ib);

5017 Feinsandig-detritischer Kalk, Wocklum-Stufe (do VI).



Zeichenerklärung für Abb. 3—7

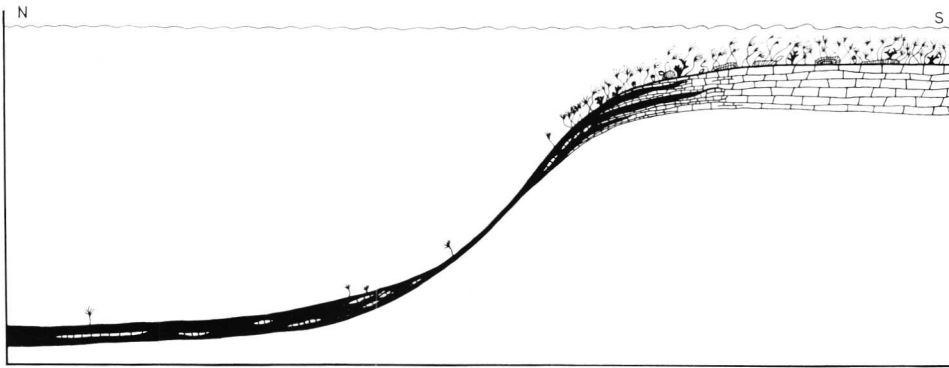


Abb. 3: Schwellen- und Beckenkalkfazies in der Oberen Eifel-Stufe nach Beginn der Riffbildung (Rekonstruktion).

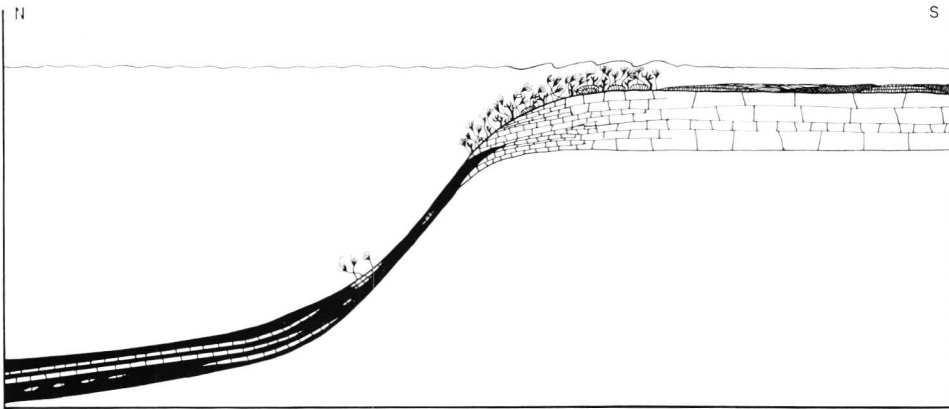


Abb. 4: Schwellen- und Beckenkalkfazies in der Givet-Stufe zur Zeit der Bildung der Algenriffkalke (Rekonstruktion).

schen Algen und tabular wachsenden Stromatoporen im Bereich der sich mehr und mehr zur Plattform entwickelnden Schwellenregion zurück; es kam zur Bildung der Massenkalk (Abb. 4). Ein Wandel in der Besiedlung vollzieht sich an der Wende Mittel-/Oberdevon. Ästige tabulate Korallen und Crinoiden besiedeln im tiefen Adorf zumindest Teile der wenig später absinkenden Schwelle (Abb. 5). Nach dem plötzlichen Absterben der Riffbewohner im tiefsten Oberdevon kommen auf der Schwelle, sieht man von ganz vereinzelt bituminösen Dolomitlinsen ab, nur noch tonige bis kieselige Sedimente zum Absatz (Abb. 6). Cephalopodenkalke fehlen völlig auf der abgesunkenen Hochschwelle. Das Schwellenrelief bleibt jedoch auch nach Absinken der Schwelle, randlich sogar zum Teil noch stärker akzentuiert, erhalten (Abb. 7).

Synsedimentär-tektonische Bewegungen, die zeitweise mit vulkanischen Vorgängen verknüpft waren, haben den Verlauf der Schwelle entscheidend mitbestimmt. Deutet man die Schwellenränder im N und S als aktive Störungslinien, an denen relative Auf- und Abwärtsbewegungen „en bloc“ abliefen, dann erscheint auch der mehrfache Aufstieg

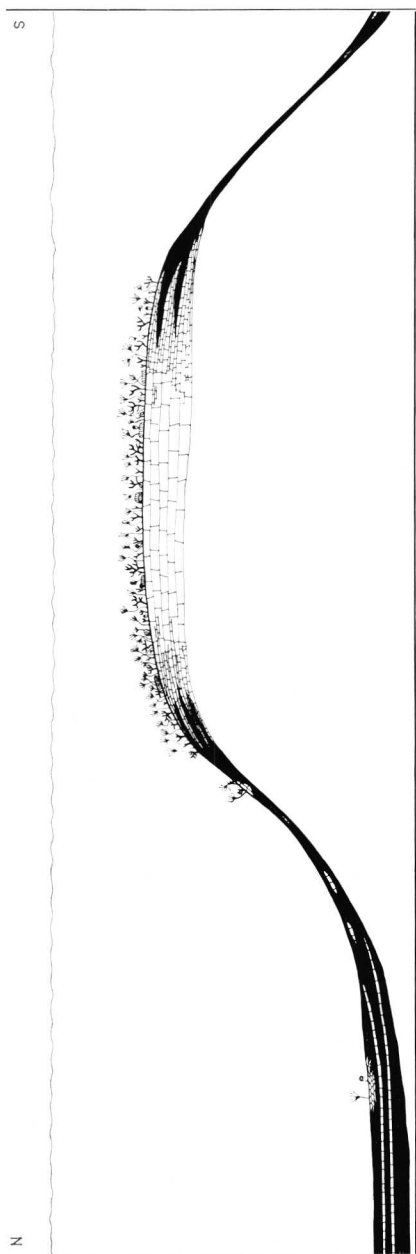


Abb. 5: Schwellen- und Beckenkalkfazies in der Unteren Adorf-Stufe, gegen Ende der Riffbildung (Rekonstruktion).

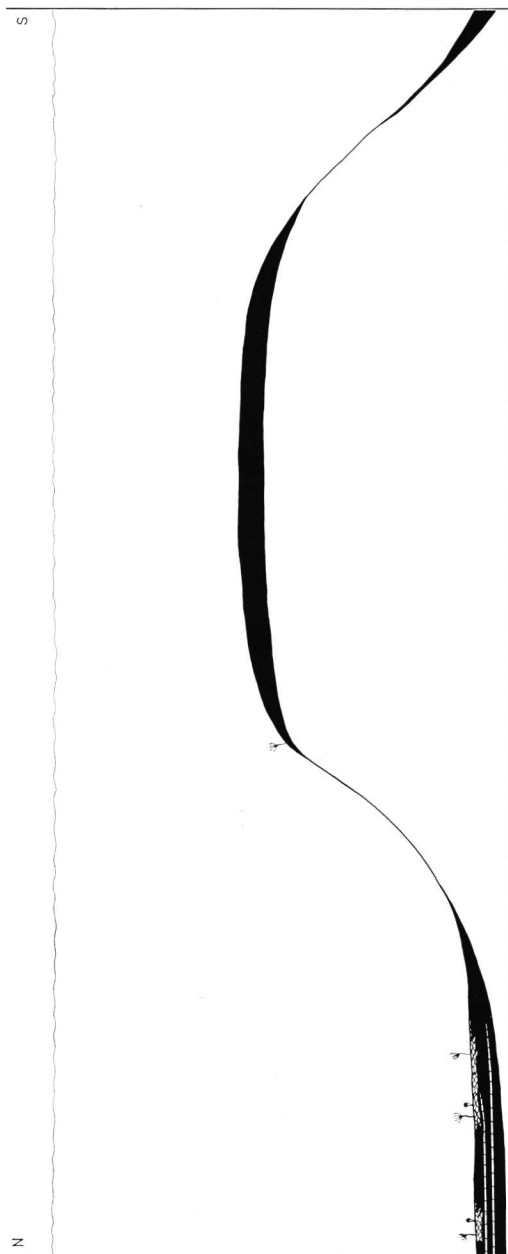


Abb. 6: Schwellenfazies und Beckenkalkfazies im älteren Oberdevon (Ob. Adorf-Stufe bis Nehden-Stufe), nach Absinken der Riffschwelle (Rekonstruktion).

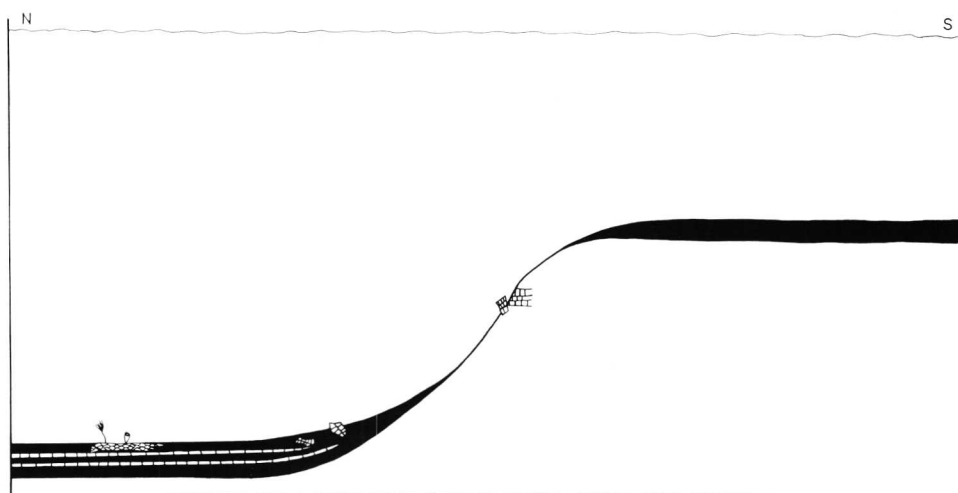


Abb. 7: Schwellenfazies und Beckenkalkfazies im jüngeren Oberdevon (Nehden-/Hemberg-Stufe bis Wocklum-Stufe), nach weiterer Trogvertiefung (Rekonstruktion).

vulkanischer Förderprodukte in der Nähe der Schwellenränder verständlich. Nach anfänglicher Förderung von Keratophyrtuffen im höheren Unterdevon, werden im Unteren Mitteldevon – am Nordsaum der Schwelle – Tuffe intermediärer bis basischer Zusammensetzung gefördert. Daß diese Schalstein-Förderung (max. wenige Zehner m), die zudem mehrfach unterbrochen und lokal begrenzt war, ausreichte, um eine Schwelle aufzubauen, ist nicht anzunehmen. Auch nach Absterben des Riffs wurden in vergleichbarer tektonischer Position während des jüngeren Oberdevons im Stromberger Gebiet saure Differentiate (Quarzkeratophyre) in Form von dünnen Tufflagen und auf Gängen gefördert. Das Aufreißen von Förderspalten in oberdevonischer Zeit könnte in engem Zusammenhang mit einer Einkippung der absinkenden Riffschwelle nach S stehen, wobei auch der nördliche Schwellenrand versteilt wurde (Abreißen von Riffkalkblöcken, vgl. 6.3.). Ein Vergleich der beiden vollständigen Karbonatkomplexe im Bereich der Schwelle – des Stromberger Kalkes und des Waldalgesheimer Dolomites (BOTKE 1969) – zeigt, daß, abgesehen von der Dolomitisierung des letztgenannten Vorkommens, die fazielle Entwicklung und die Absenkungsgeschwindigkeit so gut übereinstimmen, daß primär tektonische Bewegungen für den Schwellenverlauf und den insgesamt gleichsinnigen Bewegungsablauf verantwortlich gemacht werden müssen. Eine vulkanogene Schwellenentstehung, wie sie für zahlreiche Riffvorkommen im Lahn-Dill-Gebiet angenommen wird, ist für die Stromberg-Bingerbrücker Schwelle nicht zu belegen.

Es bleibt die Frage zu beantworten, ob die durch die heutige Verbreitung der Kalke erwiesene Erstreckung nicht doch größer war und sowohl in westlicher wie in östlicher Richtung über die Vorkommen von Stromberg bzw. Bingerbrück hinausreichte. Bezieht man die mitteldevonischen Massenkalken, die am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges im Raum Oberrosbach–Pohlgöns vorkommen, mit in diese Betrachtung ein, so ist ein unmittelbarer Zusammenhang dieser von WERDING (1967, S. 160) als lokale Erhebungen in einem reich gegliederten Flachmeer gedeuteten Massenkalkbildungen mit den Vorkommen im SE-Hunsrück nicht zu erkennen. Auch die Kalke in den phyl-

litischen Schiefern von Lorsbach am Südrand des Taunus (BIERTHER 1951), die auf eine Fortsetzung der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle in östlicher Richtung deuten können, bieten, zumal die dortigen geringmächtigen Kalkeinlagerungen nicht näher datiert werden konnten, für eine solche Annahme keinen sicheren Anhalt. Ähnliches gilt für eine mögliche Fortsetzung der Schwelle über die heutige tektonische Begrenzung hinaus nach Westen. Das kleine massenkalkartige Vorkommen bei Weitersborn im S-Hunsrück, das heute völlig abgebaut ist, läßt zwar die Möglichkeit offen, daß die Schwelle bis in dieses Gebiet nach Westen reichte, bewiesen werden kann dies aber infolge der verwickelten tektonischen Verhältnisse nicht.

Während man also davon ausgehen kann, daß sich die Stromberg-Bingerbrücker Riffschwelle über eine Entfernung von mindestens 10 km in Längsrichtung des Sedimentationsraumes erstreckte, stößt eine verlässliche Abschätzung der Breite dieser Schwelle auf größte Schwierigkeiten. Sicher ist aber, daß die Riffschwelle zu einem weiter im Süden gelegenen Becken abfiel (Abb. 5), in welches zumindest im tiefsten Oberdevon nur relativ wenig biogener Detritus aus dem nördlich gelegenen Schwellenbereich gelangt ist. Unter Berücksichtigung der starken Einengung des Ablagerungsraumes infolge Steilstellung der Schichten sowie intensiver Verschuppung und Spezialfaltung am Hunsrück-Südrand muß man, ausgehend von den bereits erläuterten Entstehungsbedingungen der stromatolithischen Algenkalke, auf eine Mindestbreite von 1–2 km schließen. Eine Breite von größenordnungsmäßig einigen Kilometern wäre durchaus denkbar. Die vor allem in den permischen Fanglomeraten der Waderner Schichten (Oberrotliegendes) längs des Hunsrück-Südrandes reichlich vorkommenden groben Kalkgerölle sind offenbar von einem südlichen, heute völlig abgetragenen Abschnitt des Stromberg-Bingerbrücker Riffes abzuleiten (D. E. MEYER 1975, S. 28).

Paläogeographische Vorstellungen, die von der vermeintlichen Existenz einer „Hunsrück-Taunus-Schwelle“ ausgingen und infolgedessen die Massenkalke am Südrand des Schiefergebirges als Saumriffe einordneten (JUX 1960, S. 328 f.; RIETSCHEL 1966, S. 50), sind heute nicht mehr aufrechtzuerhalten. Auch die Deutung, daß sich die Riffe an ein südliches Hochgebiet – die Mitteldeutsche Schwelle – anlehnten, ist nicht vertretbar, denn diese Schwelle trat im Mittel- und Oberdevon hier nicht in Erscheinung. So bleibt nur die Deutung einer troginternen Schwellenstruktur, deren Bewegungsablauf mit synsedimentären Schollenbewegungen an früh angelegten und möglicherweise tiefgreifenden Schwächezonen in Zusammenhang gebracht werden muß. Daß das offene Meer zur Zeit der Riffbildung weit nach Süden, sehr wahrscheinlich bis an den Rand der Oberrheinischen Massive (Schwarzwald–Vogesen) reichte, wird auch durch die Ergebnisse der Tiefbohrung „Saar 1“ bei Neunkirchen im Saargebiet bestätigt. Diese Bohrung, die ca. 80 km SSW des Stromberger Gebietes liegt, hat eine etwa 500 m mächtige Folge mariner Karbonate („Untere Kalkfolge“) angetroffen, die vom mittleren Givet bis in das tiefe Oberdevon reicht. Bei den givetischen Kalken handelt es sich um Flachwasserabsätze, die vor allem Amphiporen, ästige Stromatoporen und z. T. auch inkrustierende Algen führen. Diese Kalke wurden von KREBS (1971, S. 470 f.) teils als Ablagerungen des offenen Schelfmeeres, teils als lagunäre Bildungen gedeutet. Es fällt auf, daß hier Äquivalente des Stromberger Crinoidenkalk-Horizontes ebenso fehlen wie stromatolithische Algenriffkalke vom Stromberger Typ. Bemerkenswert ist ferner, daß die Mächtigkeit des Karbonatkomplexes in der Bohrung „Saar 1“, trotz geringeren Altersumfanges der Kalkfolge, größer ist als die bei 370–400 m liegende Mächtigkeit der Kalke bzw. Dolomite im Bereich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle. Es kommt also in einem wesentlich weiter südlich gelegenen Abschnitt des Geosynklinalraums zu stär-

kerer Absenkung von Krustenteilen als im S-Hunsrück. Da zwischen diesen beiden Verbreitungsgebieten mittel- bis tiefoberdevonischer Flachwasserkarbonate keine unmittelbare Verbindung bestand, sondern im Zwischengebiet – wie die Verhältnisse im südlichen Hunsrück beweisen – vorherrschend tonige Beckensedimente zum Absatz kamen, kann zu dieser Zeit die Mitteldeutsche Schwelle weder als Abtragungsgebiet noch als submarine Schwelle wirksam gewesen sein. Die vor allem aufgrund der Verhältnisse in der Bohrung „Saar 1“ von KREBS (1970, 1971) abgeleitete Existenz eines „internen Schelfs“ im Süden läßt sich, nicht zuletzt aus Mangel an zuverlässigen Daten aus diesem Bereich, keineswegs hinreichend belegen. Der Entwurf eines allgemeingültigen Gliederungsschemas für den Meeresraum zwischen dem heutigen Schiefergebirgssüdrand und dem zweifellos küstennahen Ablagerungsraum in den N-Vogesen zur Zeit der Mitteldevons ist kaum möglich. Es ist darüber hinaus sehr fraglich, ob sich in diesem Bereich längsgerichtete Strukturzonen, seien es Schwellen oder Becken, über größere Distanz verfolgen lassen. Vielmehr wird angenommen, daß zeitlich und räumlich differenziert ablaufende Hebungs- und Senkungsvorgänge auch in diesem Teil der Geosynklinalen ein Schollenmosaik schufen, das recht uneinheitlich gegliedert war (vgl. D. E. MEYER 1974).

6.2. Beckenkalk-Fazies

Die Ablagerungen der Becken-Fazies im Südhunsrücktrogl stehen in ihrer gesamten faziellen Ausbildung in auffälligem Gegensatz zur Schwellen-Fazies. Den vorherrschend dunklen, meist sandarmen Tonschiefern des Mittel- und Oberdevons sind, abgesehen von Einlagerungen relativ geringmächtiger Sandstein- und Grauwackenbänke, vor allem kalkige Sedimente eingeschaltet. Nach der Art ihres Auftretens in den Tonschiefern lassen sich bankige bis plattige Kalke, Kalklinsen („Kalkknollenschiefer“), Knollenkalke (Typ der „Kramenzelkalke“), Netzkalke und Flaserkalke unterscheiden. Als kalkführende Sedimente treten daneben mergelige Tonschiefer, kalkige Grauwacken und Kalksandsteine auf. Die größte Verbreitung besitzen im SE-Hunsrück die isoliert oder in Horizonten gehäuft auftretenden Kalklinsen. Kalkbänke können lateral in Kalklinsen übergehen. Linsig-flaserige Kalke stehen meist im engsten Verband mit mergeligen Schiefern. Trotz ihrer weiten Verbreitung in den mittel- bis oberdevonischen Beckenablagerungen bleibt die Mächtigkeit der meisten Kalkeinlagerungen und ihr mengenmäßiger Anteil an der Gesamtabfolge sehr gering.

Der Erhaltungszustand (Gefüge, Fossilinhalt) der Kalke ist, mit Ausnahme der in den stärker phyllitischen Schiefern am Südrand vorkommenden Einlagerungen, erstaunlich gut. Primäre Sedimentstrukturen sind meist einwandfrei zu erkennen. Kalkige Beckenablagerungen finden sich hauptsächlich nördlich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle. Im westlichen Teil des Hunsrücks sind Kalke vor allem südlich der Schwellenregion verbreitet. Es wäre jedoch angesichts der stark gestörten Lagerungsverhältnisse reiner Zufall, wenn die heutige oberflächliche Verbreitung mit der ursprünglichen Verbreitung übereinstimmen würde. Dennoch ist in einigen stratigraphischen Niveaus eine deutliche Veränderung in der Ausbildung der Beckenkalke in Abhängigkeit von der Entfernung zur Schwelle und damit von der Beckenmorphologie festzustellen. Diese Verhältnisse lassen sich am klarsten im Stromberger Gebiet verfolgen.

Die Beckenkalke im Südhunsrück sind teils als autochthone pelagische Kalke, deren Entstehung allein unter Beckenbedingungen erfolgte, teils aber auch als allodapische Kalke ausgebildet, deren Komponenten durch turbiditische Einschüttung aus Flachwassergebieten zugeführt wurden. Die Färbung der Kalke reicht von hellgrauen bis

bläulichgrauen Tönen bis zu dunkelgrauer bzw. schwarzer Färbung; teilweise kommen auch rötliche Kalke vor. Folgende Haupttypen können unterschieden werden:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| a) Styliolinen-Radiolarien-Kalke | d) Feinsandig-detritische Beckenkalke |
| b) Radiolarien-(Ostracoden-)Kalke | e) Biogenschuttkalke |
| c) Cephalopodenkalke | f) Kalke der Kellwasserkalk-Fazies |

Während die Beckenkalk-Typen überwiegend oder ausschließlich aus autochthonen, im offenen Meer abgelagerten Kalkschlammen hervorgegangen sind, werden die beiden letztgenannten Kalk-Typen zu einem großen Teil aus feineren bis teilweise größeren Trümmern von Flachwasser-Biogenen aufgebaut, wobei der Anteil der allochthonen Komponente stark schwanken kann. Zwischen biosparitischen und biomikritischen Kalken gibt es häufig Übergänge. Insgesamt überwiegen vom höheren Mitteldevon bis zum tiefen Oberdevon gröberkörnige, sparitische Kalke in der schwellenrandnahen Becken-Fazies, während im höheren und höchsten Oberdevon mikritische Karbonate innerhalb des Beckens vorherrschen. Die obengenannten Kalktypen sind nicht auf ein bestimmtes stratigraphisches Niveau beschränkt.

Der pelagische Charakter der Kalke kommt vor allem im Anteil der freischwimmenden, d. h. planktonischen, pseudoplanktonischen und nektonischen Faunen zum Ausdruck. Bei diesen handelt es sich in erster Linie um kugelige Mikroorganismen, Radiolarien, Ostracoden, Styliolinen, Conodonten, orthocone Nautiloideen und Goniatiten. Die bodenbezogene Fauna setzt sich in den Beckenkalken vor allem aus Ostracoden, Muscheln, Brachiopoden, dünnchaligen Gastropoden, Trilobiten und anderen sedimentfressenden bzw. durchwühlenden Organismen sowie aus Echinodermen (v. a. Crinoiden) und kleinwüchsigen rugosen Einzelkorallen zusammen. Die teilweise bis zur völligen Entschichtung reichende Durchwühlung einerseits sowie eine nicht selten absolut ungestörte Feinschichtung der Karbonate andererseits zeigen, daß die Lebensbedingungen des Endobenthos während der Kalkbildung sehr wechselhaften Bedingungen unterworfen waren. Die Biogene, die aus dem bewegten Flachwasserbereich stammen und in das Becken eingeschwemmt wurden, sind vor allem Reste von Echinodermen, insbesondere Crinoiden (mit Anbohrungen und mikritisierten Randsäumen), koloniebildenden tabulaten Korallen und Stromatoporen. Die Entstehungsbedingungen der Beckenkalke des südlichen Hunsrücks, ihre Verbreitung und die Unterschiede, die sich zu ähnlich entwickelten Kalken innerhalb des variszischen Geosynklinalraums feststellen lassen, sollen im folgenden erörtert werden.

Die oberdevonischen Styliolinen-Radiolarien-Kalke bzw. Radiolarien-(Ostracoden-) Kalke, die zumeist als graue bis teilweise rötlich gefärbte biomikritische Kalke entwickelt sind, zeichnen sich durch eine rein pelagische Fauna aus. Sie sind ebenso wie die mit ihnen teilweise eng verknüpften feinkörnigen Cephalopodenkalke (mit Goniatiten und planktonischer Mikrofauna) ein sicherer Beweis dafür, daß im südlichen Teil der Rheinischen Geosynklinale auf jeden Fall bis zur Wende Devon/Karbon, und wahrscheinlich darüber hinaus, Bedingungen des offenen Meeres geherrscht haben. Pelagische Beckenkalke sind im Südhunsrück nördlich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle sowohl im älteren Oberdevon (Adorf-Stufe) als auch im höheren Oberdevon (Nehden-bis Wocklum-Stufe) verbreitet (Abb. 5–7). Die Schwelle war zu dieser Zeit bereits stärker abgesunken. Im Gegensatz zum Schwellenbereich, wo nach dem Absterben des Riffs extrem sandarme, mitunter buntgefärbte, tonige Sedimente zum Absatz gelangten, wurden im Becken dunkle bis schwärzliche Tonschiefer abgelagert, denen sporadisch im Oberdevon auch Grauwacken eingeschaltet sind. Während auf der Schwelle kalkige

Absätze fehlen — es kommen dort allenfalls lokal schwarze Dolomitlinsen vor —, sind Kalke im Becken weit verbreitet.

Insgesamt gesehen müssen die Styliolinen-Radiolarien-Kalke und deren jüngere Äquivalente sich unter sehr ruhigen Strömungsverhältnissen im tieferen Teil des Beckens gebildet haben. Bei über längere Zeit anhaltender Zufuhr feinsten Kalktrübe bzw. dem Absatz von Resten freischwimmender Mikroorganismen (v. a. Kalk- und Kieselschaler) konnten bis zu mehreren dm mächtige Bänke entstehen. Wahrscheinlich lagerten sich diese Kalke nach Art der heutigen Pteropoden-Globigerinen-Schlamme in größeren Meerestiefen ab. Aus einer vorsichtigen Abschätzung ergibt sich für den Bildungsraum der radiolarienführenden Beckenkalke zur Zeit des jüngeren Frasn eine Meerestiefe von mindestens 400–500 m im Bereich unweit nördlich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle. Diese Schätzung stützt sich vor allem auf die Tatsache, daß sich die tonigen Ablagerungen über dem abgesunkenen Riffkalk-Komplex unterhalb des bewegten Flachwasserstockwerks bildeten, und daß ferner im jüngeren Oberdevon tiefste Teile des abgestorbenen Riffs submarin exponiert gewesen sein müssen (vgl. 6.3.). Wassertiefen von größenordnungsmäßig bis 1000 m sind, da sich das Becken nach N vertiefte, im Hunsrück durchaus möglich. Das mehrfache Auftreten von Schwarz- bzw. Alaunschiefern im höheren Devon des südlichen Hunsrücks ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß zumindest zeitweise sauerstoffarme bis euxinische Verhältnisse am Meeresboden herrschten, dies vermutlich infolge mangelnder Tiefenwasserzirkulation. Als weiteres Indiz für Tiefwasserbedingungen können Lösungsvorgänge gelten, die zur Bildung von *Stromatactis*-Hohlräumen (vgl. 4.2.2.2.) und von Subsolutionsresten (vgl. 4.2.3.2.) in den Cephalopodenkalken führten. Kalke mit derartigen Lösungserscheinungen sind im S-Hunsrück unmittelbar mit den Styliolinen und Radiolarien führenden Kalken verknüpft. Die Radiolarien-Flaserkalke aus dem Oberdevon der Karnischen Alpen (Pal Grande, Wolayer See) weisen sehr ähnliche *Stromatactis*-Strukturen auf (BANDEL 1972, S. 54 f.). Die dortigen styliolinenreichen grauen Flaserkalke, die faziell völlig den Styliolinen-Radiolarien-Biomikriten im S-Hunsrück entsprechen, sowie die — ähnlich wie im Stromberger Gebiet — mit Goniatiten-Kalken wechsellagernden Radiolarien-Flaserkalke werden von BANDEL (1972, S. 43–49; 1974) als Bildungen in Tiefen zwischen 200–4000 m gedeutet.

Die im frühen Stadium der Diagenese einsetzenden Lösungsvorgänge, die auf relativ CO₂-reiches Tiefenwasser schließen lassen, setzen eine verhältnismäßig rasche, synsedimentär-frühdiaenetische Verfestigung der feinkörnigen Kalkschlamme voraus. Unter diesen Bedingungen, wahrscheinlich auch begünstigt durch vorherige Verwühlung des kalkigen Sediments, dürfte die Auflösung von ursprünglich schichtig abgelagerten Karbonatbänken zu Kalkknollen bzw. isolierten Kalklinsen eingesetzt haben. Gleiches gilt für die Anlage netzförmig verlaufender Lösungssuturen in den cephalopodenführenden „Netzkalken“. Daß auch andere, insbesondere tektonische Vorgänge, bei der Kalkknollenbildung eine Rolle gespielt haben, soll hier nur angedeutet werden (vgl. WEBER 1965). Auf die Bedeutung von Lösungsvorgängen für die Entstehung von „Knollenkalken“ hat vor allem HOLLMANN (1962) hingewiesen.

Die im Becken nördlich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle gemeinsam mit den Styliolinen-Radiolarien-Kalken auftretenden Cephalopoden-Kalke mit teilweise überaus reicher Goniatitenführung zeigen, daß die Vorstellung, Cephalopodenkalke seien im Rhenohertzynikum auf submarine Schwellen (z. T. abgesunkene Riffschwellen) fixiert, nur eingeschränkt Gültigkeit hat (vgl. RABEN 1956; TUCKER 1973, 1974). So

nimmt TUCKER (1973, S. 325 f.) an, daß die pelagischen Cephalopodenkalke auf submarinen Schwellen in einigen zehn bis einigen hundert Metern Tiefe gebildet wurden. Bemerkenswert ist, daß Cephalopodenkalke auf dem morphologisch wesentlich höher gelegenen Riffkomplex, auf dem die Sedimentation im Oberdevon weitergeht, völlig fehlen, während sie im tieferen Teil des nördlich vorgelagerten Beckens – und hier offenbar nicht auf Tiefschwellen – vorkommen.

Die Biogenschuttkalke, die zum großen Teil aus biogenen Resten bestehen und die vor allem in den mittel- bis tiefoberdevonischen Beckensedimenten vorkommen, sind meist als Biosparite und Biointrasparite bzw. Biointramikrite ausgebildet. Als vielfach linsige bis flaserige, z. T. auch bankige Einschaltungen von oft nur wenigen dm Mächtigkeit sind diese hell- bis dunkelgrau gefärbten Kalke im gesamten SE-Hunsrück verbreitet. Ihr Vorkommen nördlich und südlich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle, die im Norden deutliche Abnahme der Größe der Biogene mit zunehmender Entfernung von der Schwelle sowie die fast immer zu beobachtenden mikritischen Säume oder Anbohrungen an den biogenen Resten weisen ebenso wie die stratigraphische Verbreitung der Schuttkalke, die im wesentlichen mit der Zeit des Riffwachstums (Ob. Eifel-Stufe – Unt. Adorf-Stufe) zusammenfällt, auf eine Herkunft des Materials aus dem Flachwasserbereich der Schwellenregion. Diese Annahme wird auch dadurch gestützt, daß die biogenen Reste (v. a. Echinodermen, tabulate Korallen) der Flachwasserbesiedlung im Riffbereich entsprechen und daß ihr Anteil beckenwärts in gleichalten Kalken abnimmt. Auch die Mächtigkeit der Kalkbänke nimmt entsprechend ab. Dies wird besonders in den Kalken aus der Oberen Eifel-Stufe und von der Wende Mittel-/Oberdevon deutlich. Fraglich bleibt hingegen die Herkunft von stark zerkleinerten Flachwasserbiogenen, die als feiner Karbonatdetritus dem Becken im Laufe des höheren Oberdevons, also nach dem allgemeinen Absterben der Riffe, zugeführt werden. Für diese Zeit müssen Einschüttungen aus weiter entfernten Flachwassergebieten angenommen werden. Obwohl eine deutlich gradierte Schichtung in den Biogenschuttkalken meistens fehlt, dürfte eine Einschüttung des allochthonen Biogenschutts durch turbiditische Vorgänge erfolgt sein (allodapische Kalke sensu MEISCHNER 1964).

Eine vergleichbare Stellung nehmen die im östlichen Teil des Rheinischen Schiefergebirges als „Flinzkalke“ bezeichneten Kalke ein, die sich dort – als zeitgleiche Äquivalente der Riffe – mit den dunklen Schieferen des Beckens verzahnen. Die „Flinzkalke“ bestehen ebenfalls zu einem großen Teil aus Komponenten, die aus dem Flachwasserbereich abzuleiten sind. Bemerkenswert ist das Vorkommen von Biogenschuttkalken, die meist aus Echinodermenschill aufgebaut werden, am Schiefergebirgs-südrand. Am Kammerfels im Hahnenbachtal sind sogar bis 1 m mächtige Linsen dunkelgrauer Kalke den dortigen Grünschiefern eingeschaltet (D. E. MEYER 1969, S. 158). Ähnliche Vorkommen von Echinodermenschuttkalken sind von KREBS (1972, S. 471 ff.) auch aus den tiefoberdevonischen Schieferen noch weiter westlich (Grube Eisen bei Sötern) am Südrand des Hunsrücks beschrieben worden. Die Biogenschuttkalke, die vor allem in Form von geringmächtigen Linsen innerhalb der metamorphen Zone zwischen Hahnenbachtal und Guldenbachtal vorkommen, werden von der nördlich gelegenen Stromberg-Bingerbrücker Schwelle bzw. deren westlicher Fortsetzung (vgl. 6.1.) abgeleitet, zumal auch in südlicher Richtung mit einer Vertiefung des Beckens gerechnet werden muß. Für ein Flachwassergebiet, das sich unmittelbar südlich anschließt, fehlen Hinweise. Ein Riffgürtel, wie er aufgrund der Verhältnisse in der Bohrung „Saar 1“ von KREBS (1972) im Süden gefordert und für die Schüttung der Echinodermenschuttkalke im westlichen Hunsrück verantwortlich gemacht wurde, ist jedenfalls weiter im Osten nicht nachweisbar.

In der Beckenfazies treten im südlichen Hunsrück lokal auch schwarze, bituminöse Kalke auf, die in litho- und biofazieller Hinsicht den sog. Kellwasserkalken entsprechen. Die Kellwasserkalke sind im Rhenoharzynikum vor allem im Harz und im NE-Teil des Rheinischen Schiefergebirges verbreitet. Die Vorkommen im Stromberger Gebiet sind plattig-linsig ausgebildet. Diese intramikritischen bis intrasparitischen Kalke sind hier allerdings etwas älter bzw. jünger als die beiden Hauptniveaus der Kellwasserkalke, die nach neuen Untersuchungen durch BUGGISCHE (1972, S. 16) dem höchsten Teil der Unteren *gigas*-Zone (do I_γ = älterer KWK-Horizont) sowie dem obersten Teil der Oberen *gigas*-Zone (do I_δ = jüngerer KWK-Horizont) angehören. Die Vorkommen im Hunsrück stehen stratigraphisch in der Unteren Adorf-Stufe (Mittlere *asymmetricus*-Zone = ob. do Ia) und in der Unteren Nehden-Stufe (Obere *crepida-crepida*-Zone = do IIa). Dabei ist interessant, daß sich das ältere Vorkommen altersmäßig sehr gut mit den Kellwasserkalk-Äquivalenten vom Grottenberg (Briloner Sattel) im nordöstlichen Schiefergebirge, das jüngere mit Äquivalenten im Raum Grevenbrück (Attendorn-Elsper Doppelmulde) im Sauerland und von Romkerhall im Oberharz parallelisieren läßt (s. BUGGISCHE 1972, S. 17 u. S. 58–63). Dies zeigt, daß trotz der Begrenztheit dieser Vorkommen in entfernt voneinander liegenden Abschnitten der Geosynklinale zu gleicher Zeit sehr ähnliche Bildungsbedingungen gegeben waren.

Die Kellwasserkalke bzw. ihre Äquivalente zeichnen sich durch eine reiche planktonische und nektonische Fauna aus; bodenbezogene Siedler fehlen. Der relativ hohe Gehalt von Kohlenwasserstoffen, Pyrit und Schwermetallsulfiden sprechen nach RABIER (1956, S. 56 f.) für H₂S-Milieu und eine relativ geringe Sedimentationsrate. Sauerstoffarmut am Meeresboden wird im S-Hunsrück auch durch die begleitenden Schwarzschiefer angezeigt, die sich im tieferen Teil des Beckens nördlich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle ablagerten. Es fällt auf, daß das Auftreten der ältesten Kellwasserkalk-Äquivalente in der Unteren Adorf-Stufe zeitlich etwa mit dem Absterben der Riffe in diesem Raum sowie mit dem Einsetzen erster Grauwackenschüttungen zusammenfällt. Die gemeinsame Ursache könnte in einer verstärkt einsetzenden epirogenen Absenkung des Meeresbodens zu suchen sein. Auch in den übrigen Teilen der Rheinischen Geosynklinale, in den Karnischen Alpen, in der Montagne Noire, in Belgien, Kanada und in Nordafrika sterben die seit dem Mitteldevon aufgewachsenen Riffe bis Ende der Mittleren Adorf-Stufe ab.

6.3. Allochthone Blöcke in der Beckenfazies

Isolierte Riffkalkblöcke, wie sie in den Beckenablagerungen des Südhunsrücktroges gefunden wurden, erlauben nicht nur Rückschlüsse auf die allgemeine Morphologie des Meeresbodens, sondern bei Kenntnis des Alters der Fundschichten und der stratigraphischen Zugehörigkeit der Blöcke selbst, auch Angaben über absolute Höhenunterschiede. Weit- aus schwieriger hingegen ist es, zuverlässige Aussagen über die Ursachen zu machen, die zum Absturz der Blöcke in größere Meerestiefen führten. Außerdem ergeben sich aus Zusammensetzung und Struktur der abgestürzten Blöcke wertvolle Hinweise auf den Aufbau des Schwellenrandes, vor allem dann, wenn der Grenzbereich Riffschwelle/ Becken durch jüngere Störungen stark überprägt wurde, wie dies hier der Fall ist.

Die in eindeutig oberdevonischen Schiefen liegenden allochthonen Rollblöcke, deren Größe bis mehrere m³ beträgt, müssen, wie bereits oben ausgeführt wurde (4.3.), vom Stromberger Riff abgeleitet werden. Nach der Ausbildung der Kalke und ihrer faunistischen Zusammensetzung, stammen die in jedem Fall mitteldevonischen Blöcke sehr

wahrscheinlich aus dem höheren Abschnitt des Crinoidenkalk-Horizontes des Stromberger Kalkes (Ob. Eifel-Stufe). Demnach müßten die Abbruchstellen an der inzwischen versteilten Nordflanke des abgesenkten Riffkomplexes, auf dessen Top während des Oberdevons weiterhin Sedimente abgelagert wurden, weit unterhalb des Meeresspiegels gelegen haben, zumal die Ablagerungen auf dem Schwellentop unterhalb der Zone des bewegten Flachwassers gebildet wurden. Nimmt man an, daß die Wassertiefe über der Schwelle bei etwa 100 m lag, und der Crinoidenkalk-Horizont, aus dem die Blöcke abzuleiten sind, von ca. 300 m Massenkalk und weiteren 30 m tonigen Sedimenten des tieferen Oberdevons überlagert wurde, dann muß die Abbruchstelle der Blöcke in 450–500 m Wassertiefe gelegen haben. Nimmt man ferner an, daß der Hang, den die Blöcke hinunter gerollt sind, ca. 20 Grad Gefälle hatte und der zurückgelegte Weg des am weitesten gerollten Blockes mindestens 3 km lang war, so müssen weitere 1100 m Tiefe hinzugerechnet werden. Bei einer Hangneigung von nur 10 Grad läge der Punkt, an dem dieser Block zur Ruhe kam, immerhin 500 m tiefer als die Abbruchstelle, d. h. in etwa 1000 m Meerestiefe. Daß die Blöcke über den Hang bei dieser Mindestneigung gerollt – und nicht bei noch geringerer Neigung hinabgeglitten sind –, ist auch nach der Form der Blöcke sehr wahrscheinlich. Isolierte Rollblöcke im „fore reef“-Bereich sind von MOUNTJOY et al. (1972, S. 178) aus dem Oberdevon W-Australiens (Canning Basin) beschrieben worden, wo bei guter Überschaubarkeit der Hangneigung – zwischen 10–35° – Rollweiten bis zu 4 km ermittelt wurden. Diese Transportweiten liegen demnach in der gleichen Größenordnung wie im Südhunsrück. Aus dem Oberdevon (Kanada) sind Einzelblöcke von Kalken bekannt, die dort mit Megabrekzien in Verbindung stehen (Cook et al. 1972). Derartige Riffkalk-Brekzien könnten auch im Stromberger Gebiet den unteren Schwellenhang bedeckt haben; sie sind aber nicht überliefert. Die Lockerung und der schließliche Absturz von größeren Blöcken kann infolge Spaltenbildung längs einer schwellenrandparallelen Störungszone, wie sie für den Nordrand der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle auch aus anderen Gründen wahrscheinlich ist, verursacht worden sein. Möglicherweise war mit diesen Bewegungen im Oberdevon auch eine Einkippung des abgesunkenen Riffkörpers in südlicher Richtung verbunden. Die submarinen Felsstürze können letztlich durch Erd- bzw. Seebeben ausgelöst worden sein.

Der Aufbau der allochthonen Blöcke aus unsortiertem gröberen Riffschutt (v. a. Crinoiden, tabulate und rugose Korallen, Stromatoporen) und teilweise autochthonen großwüchsigen Brachiopoden (Pentameriden) zeigt, daß die Kalke am Rand der Schwelle ähnlich ausgebildet waren wie die Pentameriden führenden Crinoiden-Korallen-Kalke im liegenden Abschnitt des Stromberger Kalkes (Crinoidenkalk-Horizont). Auffällig ist die wesentlich hellere Färbung der allochthonen Blöcke im Vergleich mit dem heutigen Anstehenden sowie das teilweise massenhafte Auftreten von Pentameriden in einem der Blöcke. Die Zementation der Kalke muß im Oberdevon – ehe die Blöcke in das Becken gelangten – völlig abgeschlossen gewesen sein. Es hat, wie die Verteilung der Spurenelemente beweist, auch kein wesentlicher Austausch zwischen den Kalkblöcken und der späteren Umgebung (Meerwasser, Sediment) mehr stattgefunden.

7. Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß sich die fazielle Entwicklung im Südtail der Rheinischen Geosynklinale mit Hilfe der Schwellen- und Beckenkalke vom Mitteldevon bis zur Wende Devon/Karbon nicht nur in den Grundzügen, sondern auch in vielen Einzelheiten rekonstruieren läßt. Anhand dieser Ergebnisse kann die Trogentwicklung

schrittweise verfolgt werden (Abb. 3–7). In Übereinstimmung mit dem übrigen Sedimentationsablauf, der auch die turbiditische Einschüttung von Grauwacken umfaßt, sowie den Ereignissen eines submarinen Initialvulkanismus in diesem Abschnitt der variszischen Geosynklinale spricht die Entwicklung der pelagischen Beckenkalke für eugeosynklinale Bedingungen.

Die Bildung der mächtigen stromatolithischen Algenriffkalke weist auf besondere fazielle Bedingungen, die offenbar nur in diesem Teil der Geosynklinale gegeben waren. Die Riffe wuchsen auf küstenfernen Untiefen auf. Die Küstenlinie hat im Mittel- und Oberdevon wesentlich weiter im Süden gelegen, als dies bisher allgemein angenommen wurde. Die Ausbildung der pelagischen Beckenkalke, die sich nördlich und südlich der Stromberg-Bingerbrücker Schwelle bildeten, zeugt von Bedingungen des offenen Meeres. Cephalopodenkalke bildeten sich nicht auf der abgesunkenen Riffschwelle, sondern mitten im Becken. Vermittelnd zwischen Schwellenkalken und autochthonen Beckenkalken stehen die aus biogenem Schutt der Riffe angebauten Kalkbänke, die ihre Entstehung teilweise turbiditischen Einschüttungen verdanken.

Im Oberdevon müssen Beckentiefen von 1000 m und mehr angenommen werden. Die troginterne Stromberg-Bingerbrücker Schwelle, deren Anlage das Ergebnis synsedimentär-tektonischer Bewegungen ist, wird im Oberdevon von steiler geböschten Flanken begrenzt. Vom unteren Teil des Steilhangs lösten sich größere Kalkblöcke, die bis über 3 km weit in das Becken hineingerollt sein müssen. Diese Tatsache läßt eine ziemlich genaue Angabe über die minimale Meerestiefe, am Einbettungsort der Blöcke, von 1000 m zu.

Im nordöstlichen Teil des Rheinischen Schiefergebirges kommen den Beckenkalken im Süden ähnliche Kalke nur auf Tiefschwellen vor. Dies mag darauf zurückzuführen sein, daß dort der terrigene Einfluß in den Becken stärker ist. Gleichartige Beckenkalke wie im südlichen Hunsrück charakterisieren hingegen die Beckenablagerungen in den Karnischen Alpen und der Montagne Noire.

Schriften

- BANDEL, K. (1969): Feinstratigraphische und biofazielle Untersuchungen unterdevonischer Kalke am Fuß der Seewarte (Wolayer See: zentrale Karnische Alpen). — Jb. geol. Bundesanst., **112**, S. 197–234, 1 Abb., 8 Taf., Wien.
- (1972): Paläökologie und Paläogeographie im Devon und Unterkarbon der zentralen Karnischen Alpen. — *Palaeontographica*, Abt. A, **141**, S. 1–117, 82 Abb., 10 Taf., Stuttgart.
- (1974): Deep-water limestones from the Devonian-Carboniferous of the Carnic Alps, Austria. — *Spec. Publ. internat. Assoc. Sedimentol.*, **1**, S. 93–115, 16 Abb., Oxford, London, Edinburgh, Melbourne.
- BATHURST, R. G. C. (1971): Carbonate Sediments and their Diagenesis. — *Dev. in Sedimentol.*, **12**, 620 S., 359 Abb., 24 Taf., Amsterdam, London, New York (Elsevier).
- BIERTHER, W. (1951): Devon ? am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges bei Lorschbach im Taunus. — *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.*, (VI) **2**, S. 15–21, Wiesbaden.
- (1953): Zur Stratigraphie und Tektonik der metamorphen Zone im südlichen Rhein. Schiefergebirge. — *Geol. Rdsch.*, **41**, S. 173–181, 1 Abb., Stuttgart.
- (1955): Zur Stratigraphie der Stromberger Mulde und ihre Bedeutung für den südlichen Hunsrück. — *Decheniana*, **108**, S. 45–54, Bonn.
- (1966): Gutachten über den „Kalksteinbruch Gollenfels“ in Stromberg/Hunsrück. 21 S., 7 Anl., Bonn (unveröff.).
- BOTTKE, H. (1969): Die Eisenmanganerze der Grube Dr. Geier bei Bingen/Rhein als Verwitterungsbildungen des Mangans vom Typ Lindener Mark. — *Mineral. Deposita*, **4**, S. 355–367, 6 Abb., 7 Tab., Berlin.
- BOUCOT, A. & SIEHL, A. (1962): *Zdimir* BARRANDE (Brachiopoda) Redefined. — *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **90**, S. 117–131, Taf. 15–20, Wiesbaden.
- BUGGISCH, W. (1972): Zur Geologie und Geochemie der Kellwasserkalke und ihrer begleitenden Sedimente (Unteres Oberdevon). — *Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **62**, 68 S., 19 Abb., 6 Tab., 13 Taf., Wiesbaden.
- COOK, H. E., McDANIEL, P. N., MOUNTJOY, E. W. & PRAY, L. C. (1972): Allochthonous Carbonate Debris Flows at Devonian Bank („Reef“) Margins Alberta, Canada. — *Bull. Canad. Petrol.-Geol.*, **20**, S., Alberta.
- FALKE, H. (1957): Zur Geologie der Umgebung von Stromberg (Hunsrück). — *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **85**, S. 75–113, 7 Abb., Taf. 5, Wiesbaden.
- FEDIAEVSKY, A. (1972): Quelques cas de Laminites Devoniennes du Bassin Franco-Belge. — 24th Internat. geol. Congr., Sect. 6 (Stratigraphy and Sedimentology), S. 262–269, 7 Abb., Montreal.
- FLÜGEL, E. & WOLF, K. H. (1969): „Spaerocodien“ (Algen) aus dem Devon von Deutschland, Marokko und Australien. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, S. 88–103, 4 Abb., Stuttgart.
- FOLK, R. L. (1959): Practical Petrographic Classification of Limestones. — *Bull. Amer. Assoc. Petrol. — Geol.*, **43**, S. 1–38, 41 Abb., Tulsa.

- FRANKE, W. (1973): Fazies, Bau und Entwicklungsgeschichte des Iberger Riffes (Mitteldevon bis Unterkarbon III, NW-Harz, W-Deutschland). — Geol. Jb., A 11, 127 S., 15 Abb., 8 Tab., 9 Taf., Hannover.
- GEBELEIN, C. D. (1969): Distribution, morphology and accretion rate of recent subtidal algal stromatolites, Bermuda. — J. Sedimentol. Petrol., 39, S. 49–69, 19 Abb., Tulsa.
- GINSBURG, R. N. & LOWENSTAM, H. A. (1958): The influence of marine bottom communities on the depositional environment of the sediments. — J. Geol., 66, S. 310–318, 1 Taf., 3 Abb., Chicago.
- HECKEL, Ph. H. (1972): Possible inorganic origin for *Stromatactis* in calcilutite mounds in the Tully Limestone, Devonian of New York. — J. Sedimentol. Petrol., 42, S. 7–18, 6 Abb., Tulsa.
- HOFMANN, H. J. (1969): Attributes of stromatolites. — Geol. Surv. Canada, Paper 69–39, 58 S., 22 Abb., 16 Taf., Ottawa.
- HOLLMANN, R. (1962): Über Subsolution und die „Knollenkalke“ des Calcare Ammonitico Rosso Superiore im Monte Baldo (Malm; Norditalien). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., S. 163–179, 8 Abb., Stuttgart.
- JUX, U. (1960): Die devonischen Riffe im Rheinischen Schiefergebirge. — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., 110, S. 186–392, 25 Abb., Taf. 9–13, Stuttgart.
- KLOVAN, J. E. (1964): Facies analysis of the Redwater reef complex, Alberta, Canada. — Bull. Canad. Petrol.-Geol., 12, S. 1–100, 20 Abb., 8 Tab., 9 Taf., Alberta.
- KREBS, W. (1970): Nachweis von Oberdevon in der Schwerspat-Grube Eisen (Saargebiet) und die Folgerungen für die Paläogeographie und Lagerstättenkunde des linksrheinischen Schiefergebirges. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., S. 465–480, 3 Abb., 2 Tab., Stuttgart.
- (1971): Devonian Reef Limestones in the Eastern Rhenish Schiefergebirge. — In: Sedimentology of parts of Central Europe. — Guidebook, VIII. Internat. Sedimentol. Congr. (Edit. G. MÜLLER), S. 45–81, 32 Abb., Frankfurt a. M.
- KREBS, W. & MOUNTJOY, E. W. (1972): Comparison of Central European and Western Canadian Devonian Reef Complexes. — 24th Internat. geol. Congr. Sect. 6 (Stratigraphy and Sedimentology), S. 294–309, 8 Abb., Montreal.
- LECOMPTE, M. (1970): Die Riffe im Devon der Ardennen und ihre Bildungsbedingungen. — Geologica et Palaeontologica, 4, S. 25–71, 20 Abb., 3 Tab., 4 Taf., Marburg.
- LOGAN, B. W., REZAK, R. & GINSBURG, R. N. (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites. — J. Geol., 72, S. 68–83, 5 Abb., Chicago.
- MEISCHNER, D. (1964): Allodapische Kalke, Turbidite in Riff-nahen Sedimentationsbecken. — In: Turbidites. Dev. in Sedimentol., 3, (Edit. BOUMA, A. H. & BROUWER, A.), S. 156–191, 5 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Amsterdam (Elsevier).
- MEYER, D. E. (1966): Mittel- und Oberdevon im Guldenbachtal (SE-Hunsrück, Rheinisches Schiefergebirge). Vorläufige Mitteilung über neue Ergebnisse zur Stratigraphie. — Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch., 94, S. 302–309, Wiesbaden.
- (1969): Stratigraphie und Fazies des Paläozoikums im Guldenbachtal/SE-Hunsrück am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges. Diss., 307 S., 70 Abb., 1 Kte., Bonn.

- MEYER, D. E. (1974): Zur Strukturgeschichte der Mitteldeutschen Schwelle. — *Nachr. deutsch. geol. Ges.*, **11**, S. 33–35, Hannover.
- (1975): Geologischer Überblick über den südöstlichen Hunsrück und Beschreibung einer Exkursionsroute. — *Decheniana*, **128**, S. 87–106, 1 Abb., 3 Tab., Bonn.
- MILLIMAN, J. D. (1974): Marine Carbonates. — *Recent Sedimentary Carbonates*, Part 1, (Edit. MILLIMAN, J. D., MÜLLER, G. & FÖRSTNER, U.), 375 S., 94 Abb., 39 Taf., Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- MONTY, C. (1967): Distribution and structure of recent stromatolitic algal mats, Eastern Andros Island, Bahamas. — *Ann. Soc. géol. Belgique, Bull.*, **90**, S. B 56–B 98, Liège.
- MOUNTJOY, E. W., COOK, H. E., PRAY, L. C., MCDANIEL, P. N. (1972): Allochthonous Carbonate Debris Flows. — *Worldwide Indicators of Reef Complexes, Banks or Shelf Margins*. — 24th Internat. geol. Congr., Sect. 6 (Stratigraphy and Sedimentology), S. 172–189, 6 Abb., Montreal.
- NEUMANN, A. C., GEBELEIN, C. D. & SCOFFIN, T. P. (1970): Composition, structure and erodability of subtidal mats, Abaco, Bahamas. — *J. Sedimentol. Petrol.*, **40**, S. 274–297, Tulsa.
- RABIEN, A. (1956): Zur Stratigraphie und Fazies des Oberdevons in der Waldecker Hauptmulde. — *Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **16**, 83 S., 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Wiesbaden.
- RIETSCHEL, S. (1966): Die Geologie des mittleren Lahntroges. Stratigraphie und Fazies des Mitteldevons, Oberdevons und Unterkarbons bei Weilburg und Usingen (Lahnmulde und Taunus, Rheinisches Schiefergebirge). — *Abh. senckenberg. naturforsch. Ges.*, **509**, 58 S., 10 Abb., 8 Tab., Frankfurt a. M.
- RUHRMANN, G. (1971): Riff-nahe Sedimentation paläozoischer Krinoiden-Fragmente. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Abh.*, **138**, S. 56–100, 22 Abb., 3 Tab., Stuttgart.
- SHINN, E. A. (1968): Practical significance of birdseye structures in carbonate rocks. — *J. Sedimentol. Petrol.*, **38**, S. 215–222, 13 Abb., Tulsa.
- TUCKER, M. E. (1973): Sedimentology and diagenesis of Devonian pelagic limestones (Cephalopodenkalk) and associated sediments of the Rhenohercynian Geosyncline, West Germany. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Abh.*, **142**, S. 320–350, 24 Abb., 1 Taf., Stuttgart.
- (1974): Sedimentology of Palaeozoic pelagic limestones: the Devonian Griotte (Southern France) and Cephalopodenkalk (Germany). — *Spec. Publ. internat. Assoc. Sedimentol.*, **1**, S. 71–92, 18 Abb., (Edit. Hsü, K. J. & JENKYN, H. C.), Oxford, London, Edinburgh, Melbourne.
- WEBER, P. (1965): Bildung und Regelung von Kalkknollengefügen. Untersuchungen im Oberdevon des Rheinischen Schiefergebirges. — *Decheniana*, **118**, S. 55–84, 47 Abb., Bonn.
- WERDING, L. (1967): Kalkig entwickeltes Mittel- und Oberdevon im östlichen Taunus. — *Senck. leth.*, **48**, S. 147–161, 4 Abb., 4 Tab., Frankfurt a. M.
- WOLF, K. H. (1965): Petrogenesis and Paleoenvironment of Devonian Algal Limestones of New South Wales. — *Sedimentology*, **4**, S. 113–178, 40 Abb., Amsterdam.
- ZAGORA, K. (1964): Tentaculiten aus dem thüringischen Devon. — *Geologie*, **13**, S. 1235–1273, 2 Tab., 9 Taf., Berlin.

Anschriften der Verfasser:

Dr. KLAUS BANDEL, Paläontologisches Institut der Universität, D-5300 Bonn, Nußallee 8
Dr. DIETHARD E. MEYER, Universität Essen Gesamthochschule, Fachbereich 9, D-4300
Essen 1, Unionstr. 2

Manuskript eingegangen am 13. 8. 1975

Tafel 1

Nitrozelluloseabzüge 6 ×

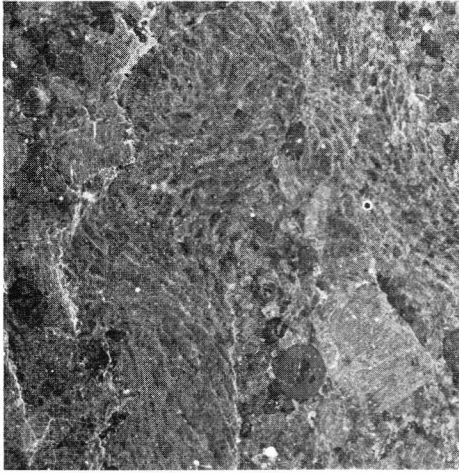
Fig. 1: Biogenschuttkalk mit angeschnittener ästiger tabulater Koralle, eingelagert in unsortierter Matrix, reich an Crinoidenresten.
Allochthoner Riffkalkblock, Nr. 5012.

Fig. 2: Crinoiden-Korallen-Biosparit; Biogene von Algenkrusten und Mikritsäumen umhüllt.
Allochthoner Riffkalkblock, Nr. 5022.

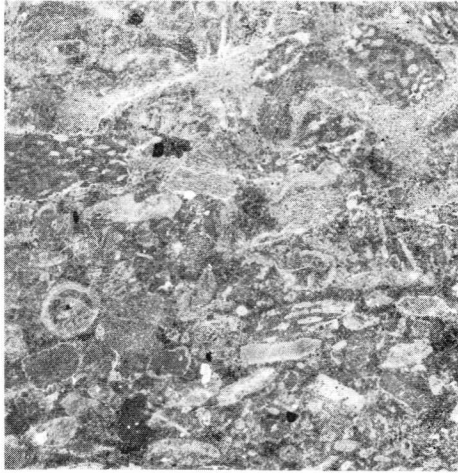
Fig. 3: *Heliolites*-Kolonie im Riffschuttkalk.
Allochthoner Riffkalkblock, Nr. 5012.

Fig. 4: *Favosites*-Kolonie, von Lösungssutur zerschnitten; links mit Spat verfüllte, rechts teilweise mit Kalkschlamm verfüllte Polypare.
Allochthoner Riffkalkblock, Nr. 5022.

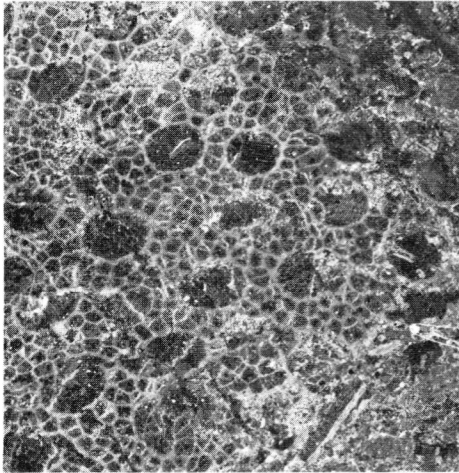
Fig. 5: Biointrapelsparit mit angeschnittener großer rugoser Einzelkoralle.
Hangende Bankkalke des Stromberger Kalkes, Unt. Adorf-Stufe, Nr. 5028.



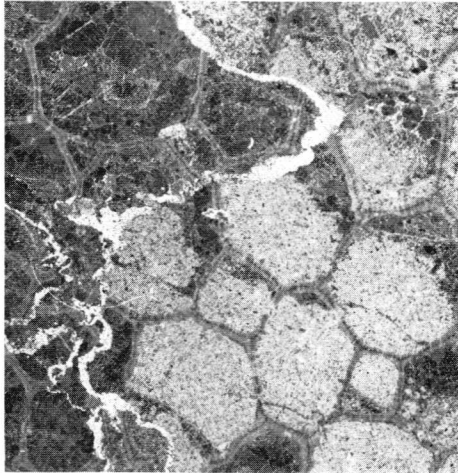
1



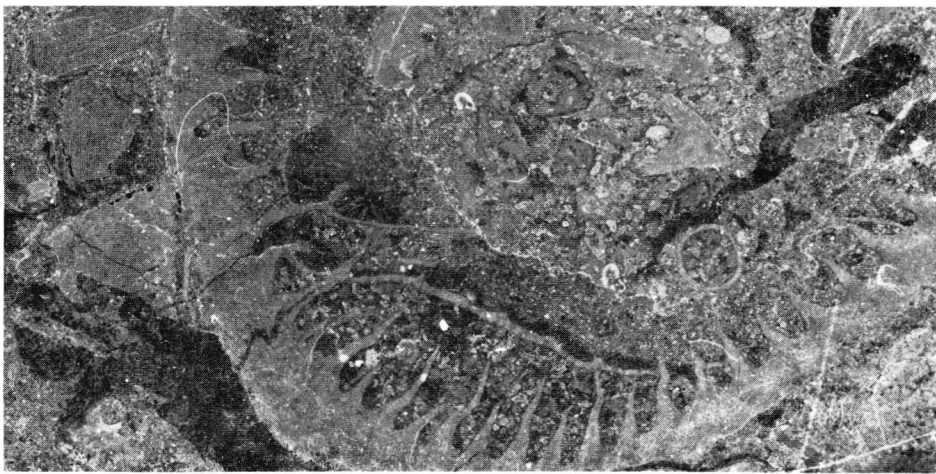
2



3



4



5

Tafel 2

Nitrozelluloseabzüge 4,5 ×

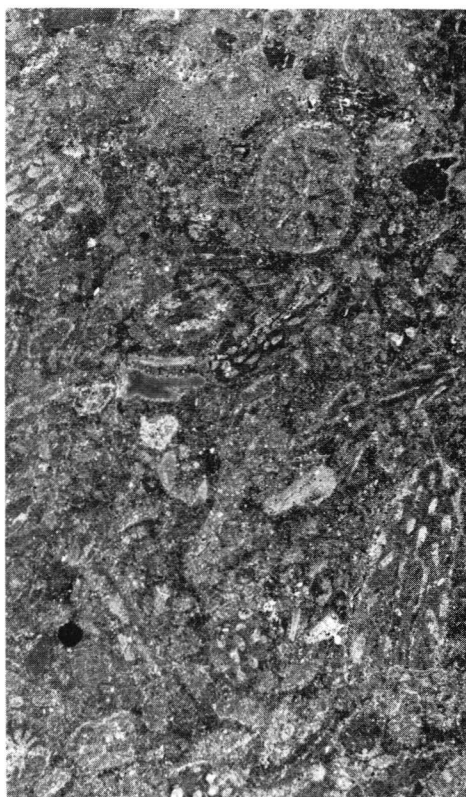
Fig. 1: Biosparit mit größtenteils dolomitisierter Matrix. Biogene: ästige tabulate Korallen, Echinodermenreste, Brachiopodenschale. Schichtung horizontal.
Crinoidenkalk-Horizont des Stromberger Kalkes, Ob. Eifel-Stufe, Nr. 5039.

Fig. 2: Biosparit mit ästigen tabulaten Korallen und Echinodermenresten; Biogene, meist mit mikritischem Saum und mikritischer Füllung.
Allochthoner Riffkalkblock, Nr. 5023.

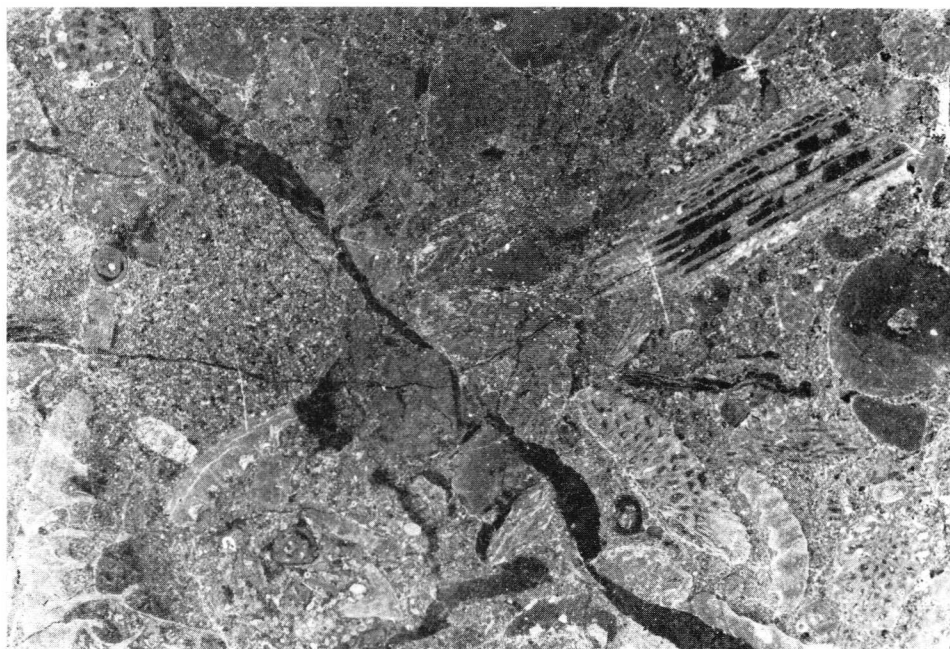
Fig. 3: Biopelsparit, unsortiert. Biogene: rugose Einzelkorallen, tabulate Korallen, Echinodermenreste (z. T. zerbohrt).
Hangende Bankkalke des Stromberger Kalkes, Unt. Adorf-Stufe, Nr. 5028.



1



2



3

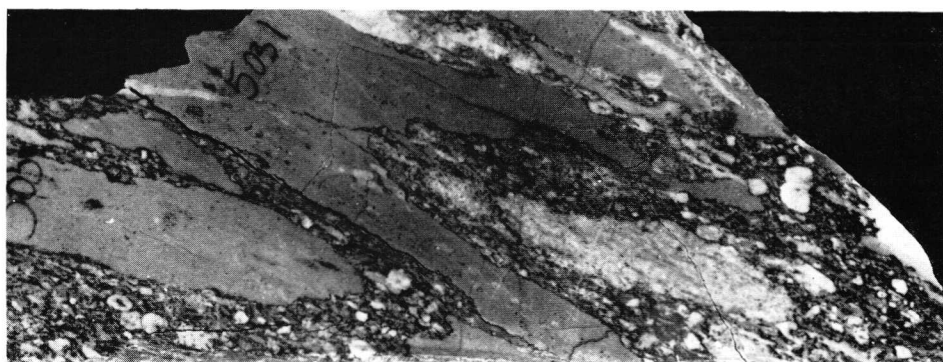
Tafel 3

Crinoidenkalk-Horizont des Stromberger Kalkes, Obere Eifel-Stufe

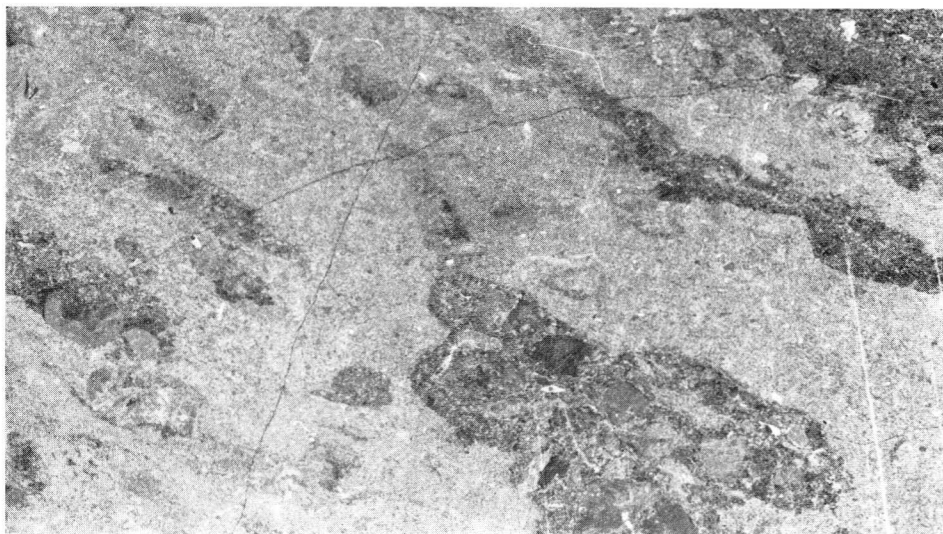
Fig. 1: Intraklastkalk mit $\pm$ parallel zur Schichtung ausgerichteten, fladenförmigen, feinkörnigen Klasten in gröberkörnigem Crinoidenschutt. Nr. 5031, Anschliff gebrannten Kalks (Oberfläche lackiert), 1,25 $\times$.

Fig. 2: Feinkörniger Klast, von Wühlgängen durchsetzt, die mit gröberkörnigem Crinoidenschutt gefüllt sind. Nr. 5032, Nitrozelluloseabzug, 4,2 $\times$.

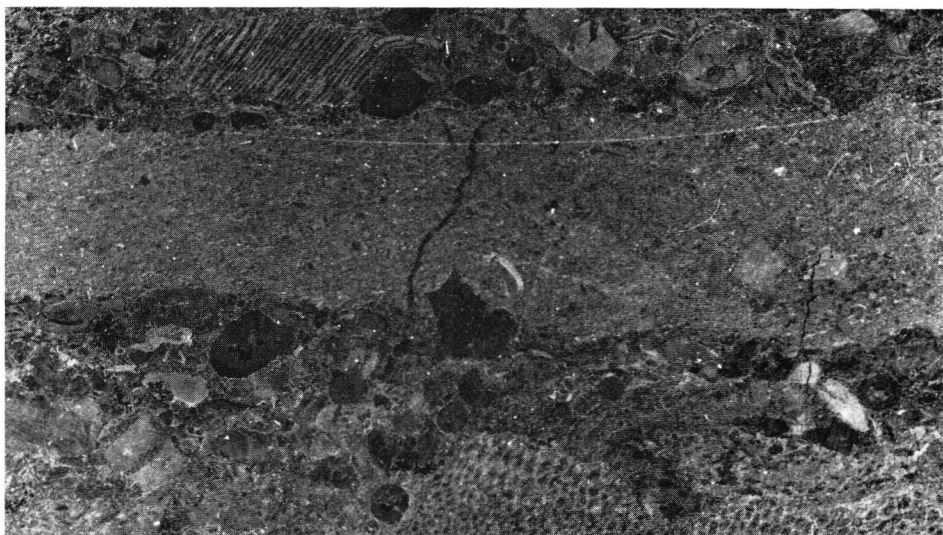
Fig. 3: Biosparit mit Einlagerung eines feinerkörnigen Klastes (Gesamtlänge 5,5 cm); Biogene unsortiert. Nr. 5032, Nitrozelluloseabzug, 4,2 $\times$.



1



2



3

Tafel 4

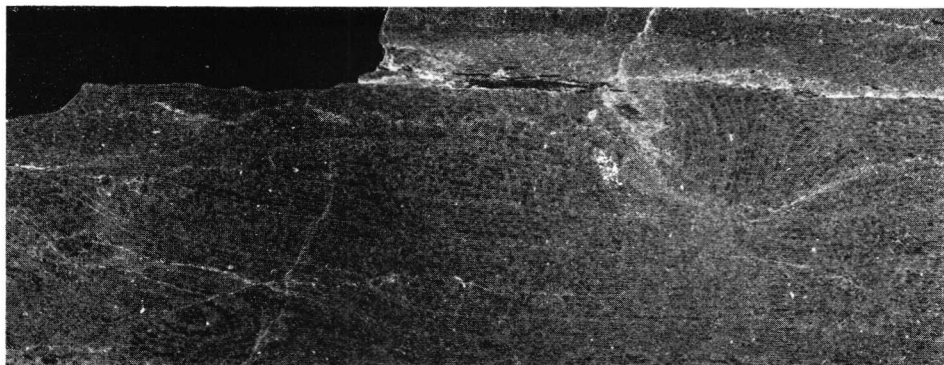
Nitrozelluloseabzüge der Algenriffkalke der Givet-Stufe

Fig. 1: Krustenbildner des Typs B (unterhalb der schichtparallelen Lösungssutur), teilweise flach-knolliges Wachstum; darüber stromatolithische Krusten des Typs A.
Nr. 5034, 4 $\times$.

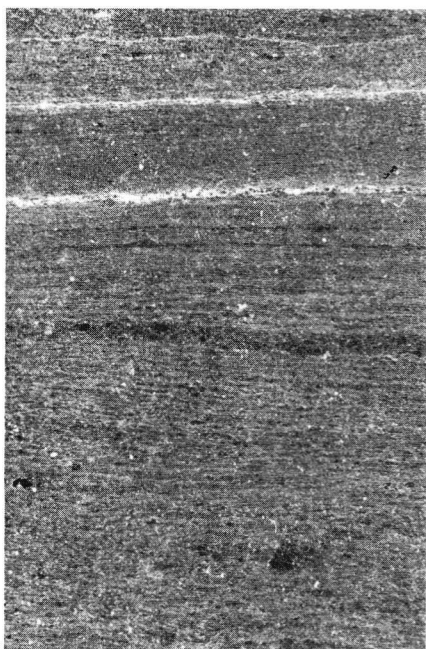
Fig. 2: Krustenbildner des Typs A (obere Bildhälfte) und des Typs B (untere Bildhälfte) in straff schichtparallelem Aufwuchs.
Nr. 5033, 6 $\times$.

Fig. 3: Dünne Krusten des Typs C, schichtparallel aufgewachsen auf Krusten vom Typ A, in denen zahlreiche Echinodermenreste eingewachsen sind.
Nr. 5033, 4,2 $\times$.

Fig. 4: Schichtparallel orientierte Algenkrusten des Typs A mit „birdseyes“.
Nr. 5033, 4 $\times$.



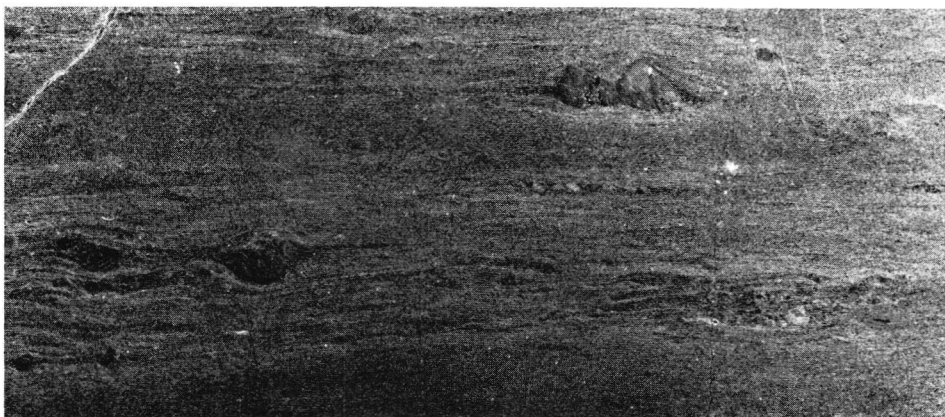
1



2



3



4

Tafel 5

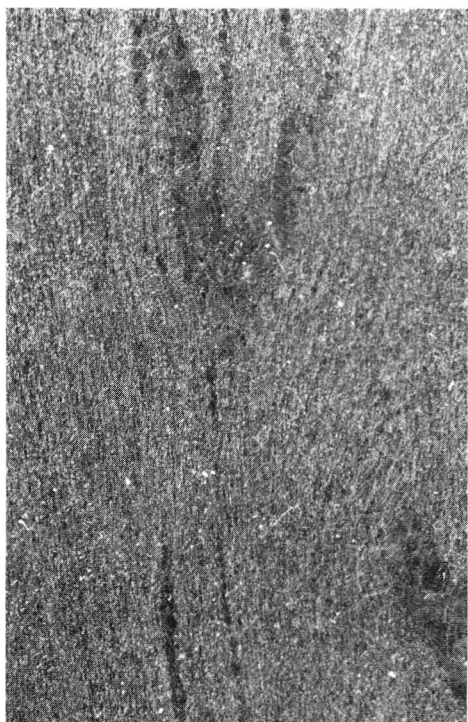
Nitrozelluloseabzüge der Algenriffkalke der Givet-Stufe (Schichtung vertikal orientiert)

Fig. 1: Krusten des Typs B, leicht wellig gewachsen.
Nr. 5034, 6 ×.

Fig. 2: Krusten des Typs B, straff schichtparallel aufgewachsen.
Nr. 5034, 6 ×.

Fig. 3: Krustenbildner des Typs C, $\pm$ schichtparallel aufgewachsen. Nr. 561, 6 ×.

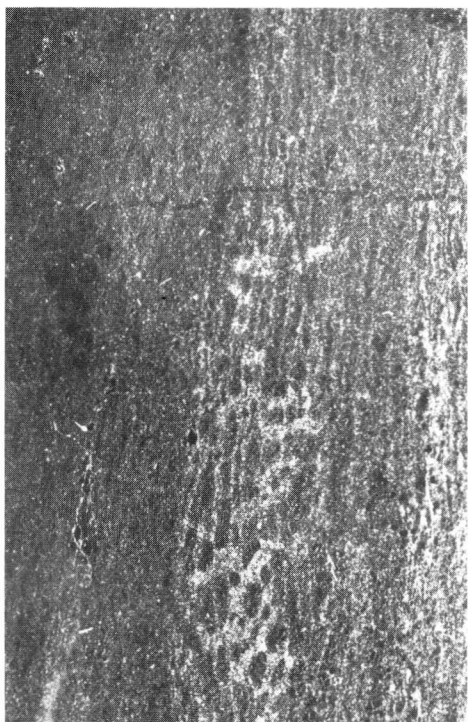
Fig. 4: Krustenbildner des Typs A (links) und des Typs B (rechts). Nr. 5038, 10 ×.



1



2



3



4

Tafel 6

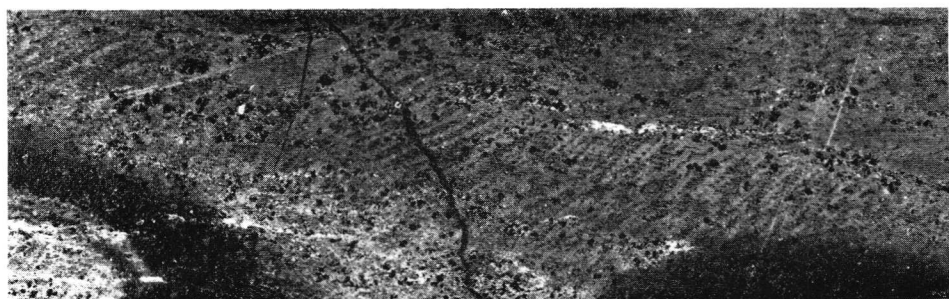
Algenriffkalke der Givet-Stufe.

Fig. 1: Tektonisch verzerrte Krusten des Typs C, eingelagert in Krusten des Typs A; Anschnitt senkrecht zur Schichtung.
Nitrozelluloseabzug, Nr. 561, 4,5 $\times$.

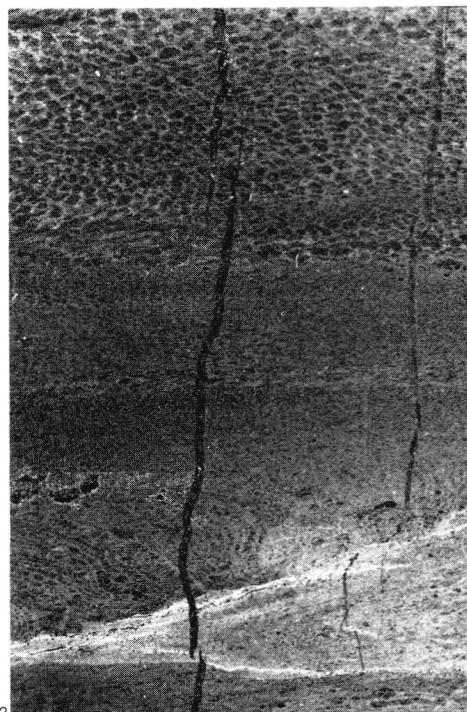
Fig. 2: Wechsellagerung der 3 verschiedenen Krustenbildner: Typ A (Mitte), Typ B (unten) und Typ C (oben); Anschnitt senkrecht zur Schichtung.
Nitrozelluloseabzug, Nr. 5033, 4,2 $\times$.

Fig. 3: Aufsicht auf Oberfläche von angewitterten Krusten des Typs C.
Handstück, Nr. 561, 2,7 $\times$.

Fig. 4: Algenriffkalk mit schichtparallelen bis teilweise flachknollig aufgewachsenen Krusten.
Polierter Anschliff, Nr. 5038, 2 $\times$.



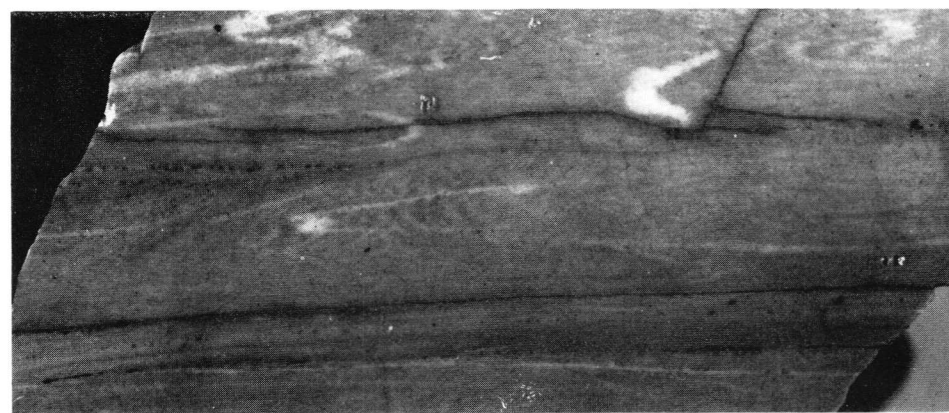
1



2



3



4

Tafel 7

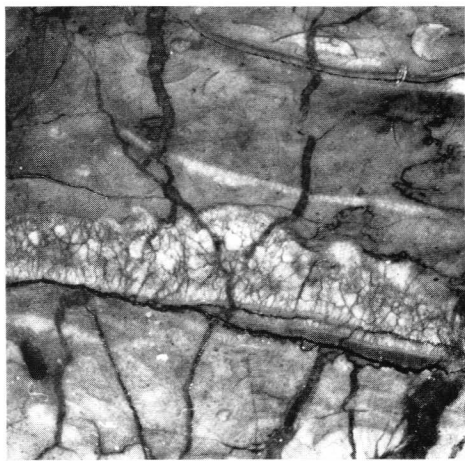
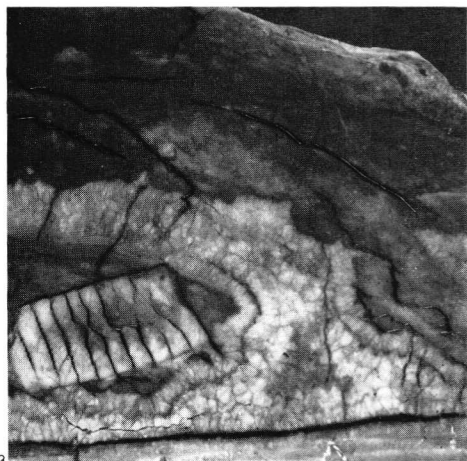
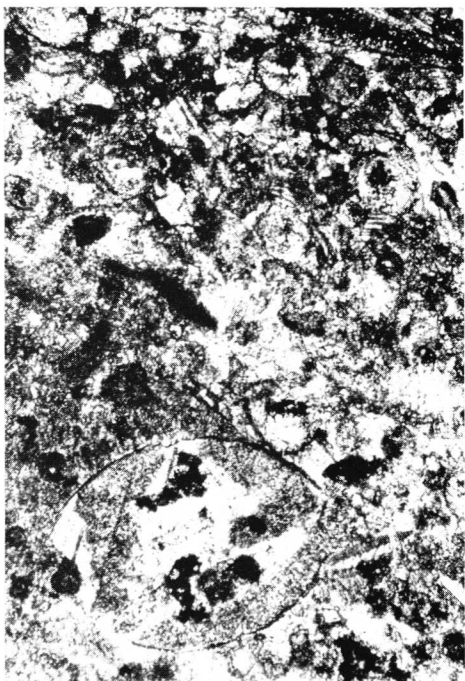
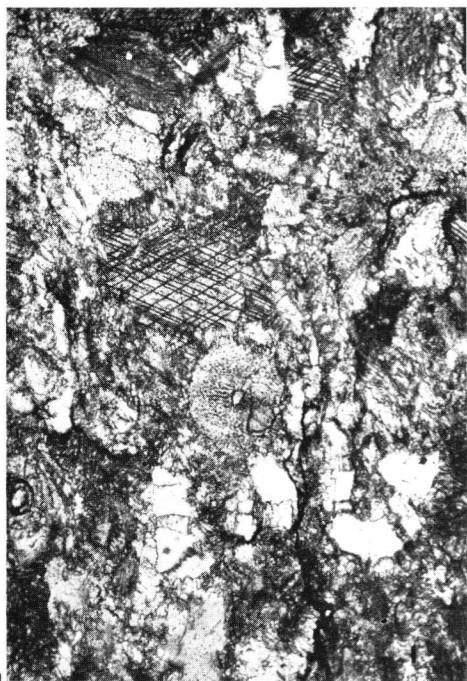
Fig. 1: Crinoidenbiosparit, schlecht sortiert, mit teils völlig umkristallisierten, teils gut erhaltenen Echinodermenresten. Vereinzelte, randlich stärker korrodierte Quarzkörner (hell). Kalklinse, tief. Teil der Eifel-Stufe.
Dünnschliff (Nic. //), Nr. 586, 35 $\times$.

Fig. 2: Pelsparit mit Ostracoden und Styliolinen als Biogenen; Dunkelfärbung bedingt durch bituminöse Substanz und Pyrit (schwarz).
Kellwasserkalk, Untere Adorf-Stufe.
Dünnschliff (Nic. //), Nr. 498, 42 $\times$.

Fig. 3: *Stromatactis*-Kalk; Hohlräume mit Kalzitrasen und Crinoidenfragment. Hohlraumdach unregelmäßig ausgebrochen; an der Basis feingeschichtete Kalkschlammlagen.
Obere Adorf-Stufe.
Anschliff gebrannten Kalks (Oberfläche lackiert), Nr. 5019, 2 $\times$.

Fig. 4: *Stromatactis*-Kalk, reich an Biogenen (v. a. Goniaticten), Obere Adorf-Stufe. Anschliff gebrannten Kalks (Oberfläche lackiert), Nr. 5019, 2,4 $\times$.

Fig. 5: Biointramikrit mit zahlreichen biogenen Resten: ästige tabulate Korallen, rugose Einzelkorallen, Crinoidenreste und Stromatoporenkrusten; völlig unregelmäßig und unsortiert. Hangende Bankkalke des Stromberger Kalkes, Unt. Adorf-Stufe.
Polierter Anschliff, Nr. 5028, 2 $\times$.



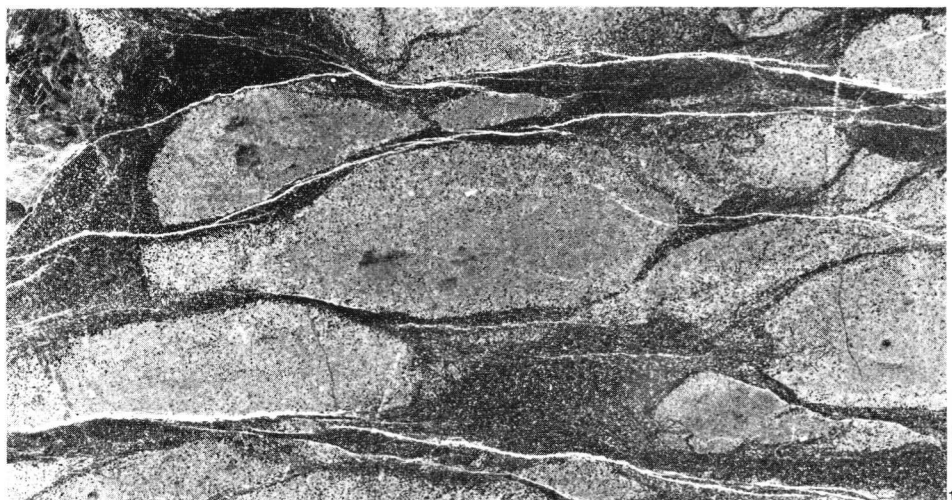
Tafel 8

Netzkalke der Wodkum-Stufe

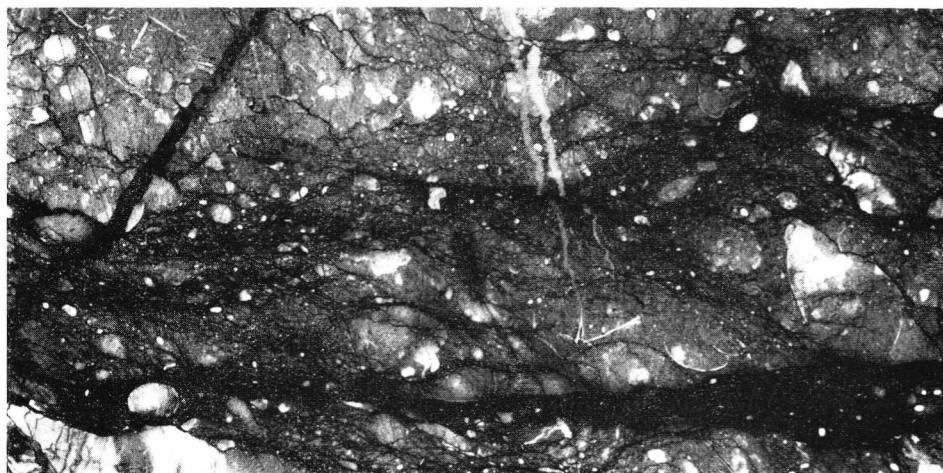
Fig. 1: Feinkörniger Intrasparit, siltig-tonig, durchsetzt von Lösungssuturen („Netzstruktur“); Durchwühlungen z. T. mit fossilen Wasserwaagen.
Nitrozelluloseabzug, Nr. 5005, 4,5 $\times$.

Fig. 2: Biomikritischer Subolutionskalk, von zahlreichen Lösungssuturen durchsetzt. Neben größeren Fossilresten (v. a. Cephalopoden, Zweischaler) kleine Lösungsklasten. Anschliff gebrannten Kalks (Oberfläche lackiert), Nr. 5006, 2,3 $\times$.

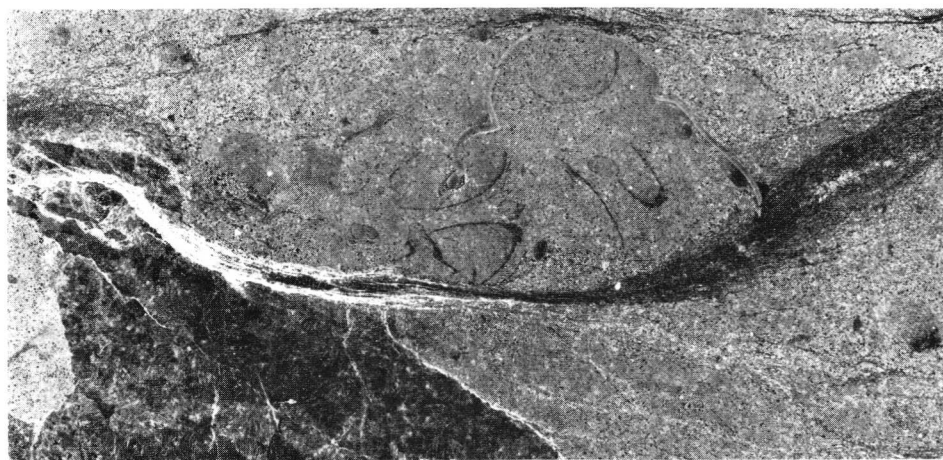
Fig. 3: Biomikrit mit zahlreichen Mikrofossilien, mit Goniatiten (linke Bildhälfte), Orthoceren (Mitte) und Trilobiten (oben, Bildmitte); Kalk von Lösungssuturen und spatgefüllten Spalten durchsetzt.
Nitrozelluloseabzug, Nr. 5006, 4 $\times$.



1



2



3

Tafel 9

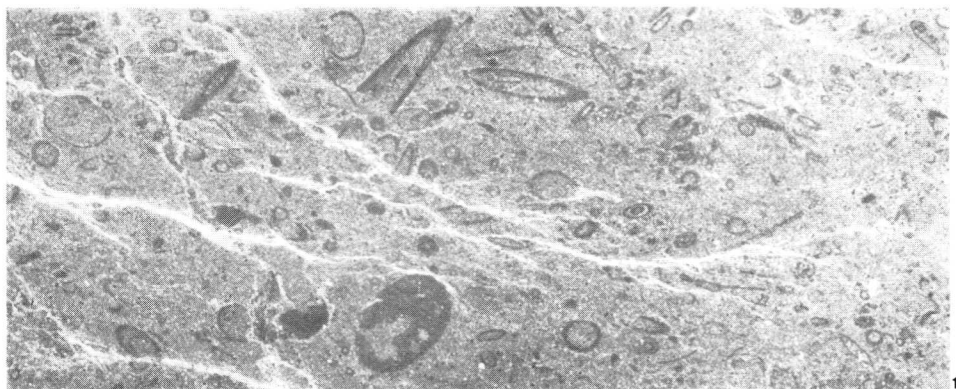
Nitrozelluloseabzüge der Cephalopodenkalke mit *Stromatactis* und der Styliolinen-Radiolarien-Kalke

Fig. 1: Biomikrit mit zahlreichen unregelmäßig liegenden Styliolinen; vereinzelt angebohrte Crinoidenreste. Nr. 5019, 10 $\times$.

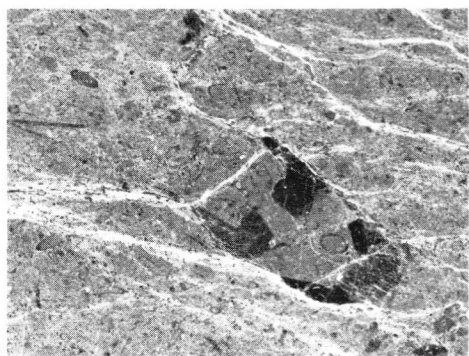
Fig. 2: Biomikrit mit einem Orthocerenrest, dessen Begrenzung von Lösungsbahnen gebildet wird. Nr. 5019, 6 $\times$.

Fig. 3: Biomikrit mit *Stromatactis*-Hohlraum; an der Basis mehrere Kalkschlammlagen; oben mit granulärem Kalzit gefüllt. Nr. 5019, 6 $\times$.

Fig. 4: Radiolarien-Biomikrit mit *Stromatactis*-Hohlräumen und Fossilien (mit Geopetalgefüge). Das unregelmäßige Dach der Hohlräume ist gut erkennbar, wie auch der regelmäßige, schichtparallele Bodenbelag. Nr. 5019, 6 $\times$.



1



2



3



4

Tafel 10

Nitrozelluloseabzüge 6 ×.

Fig. 1: Intrasparit bis Intramikrit mit unsortierten eckigen Biogenen (nicht größer als 5 mm). Eifel-Stufe, Nr. 5026.

Fig. 2: Biosparit mit kalkig-sandiger Grundmasse (v. a. Echinodermentrümmer), in der auch größere Biogene schwimmen (ästige tabulate Korallen, Crinoidenreste). Tiefste Adorf-Stufe, Nr. 5027.

Fig. 3: Gut sortierter Biosparit (Kalksand) mit Feinschichtung (horizontal). Adorf-Stufe, Nr. 5024.

Fig. 4: Biosparit mit grobem Kalksand (Grundmasse), in welchem unregelmäßig größere Biogene liegen: ästige Tabulate, Trümmer rugoser Korallen, Crinoidenreste. Nehden-Stufe, Nr. 5021.

Fig. 5: Lutitischer bis arenitischer Kalk mit vereinzelt Biogenen (favositide Koralle rechts oben); Schichtung horizontal. Höheres Oberdevon, Nr. 5001.

Fig. 6: Radiolarien-Biomikrit mit feinverteilten Pyritkriställchen; Schichtung horizontal. Wocklum-Stufe, Nr. 5011.

Fig. 7: Sehr einförmiger, feinkörniger Kalksand mit Quarzsandkomponente. Wocklum-Stufe, Nr. 5017.

Fig. 8: Sparit, siltig, mit zahlreichen Biogentrümmern, v. a. von Echinodermen. Wocklum-Stufe, Nr. 5004.

