

Abhandlungen
der Geologischen Landesuntersuchung
am Bayerischen Oberbergamt
Heft 6

Das Fichtelgebirger Algonkium
und seine Beziehungen zum
Algonkium Mitteleuropas

Von

Adolf Wurm, Würzburg

Mit 1 Tafel



Untersuchungen
über fränkische Schwammriffe

Von

Paul Dorn, Erlangen

Mit 1 Karte und 5 Tafeln

Herausgegeben vom Bayerischen Oberbergamt
München 1932

Das Fichtelgebirger Algonkium und seine Beziehungen zum Algonkium Mitteleuropas

Von

Adolf Wurm, Würzburg

Mit 1 Tafel

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	1
Zur Petrographie des Fichtelgebirger Algonkiums	3
Gliederung	6
Die präkambrische Faltung	6
Der Vergleich mit anderen Gebieten	7
Zusammenfassung	11
Schriftquellen	12

EINLEITUNG

Im kristallinen Rahmen des Fichtelgebirges sind in neuerer Zeit von der Bayerischen Geologischen Landesuntersuchung Aufnahmen durchgeführt worden. Eine der wichtigsten Fragestellungen war die nach dem Alter der mächtigen Hüllserien, in welche die variskischen Fichtelgebirgsgranite eingedrungen sind. Von vorneherein bestehen zwei Möglichkeiten für die Altersstellung dieser Serien. Man kann die Phyllite und Phyllitquarzite des Fichtelgebirges als metamorph verändertes Paläozoikum auffassen oder als Unterbau des Paläozoikums, als Präkambrium.

Schon im Jahre 1923 und später, im Jahre 1925 in meiner „Geologie von Nord-Bayern“ hatte ich aus Analogieschlüssen ein algonkisches Alter des Phyllitmantels angenommen. Die Lagerungsverhältnisse an sich geben darüber keine entscheidende Auskunft. Am Nordostrand des Fichtelgebirges, in der Zone von Schönwald-Rehau herrscht fast durchweg ein Einfallen nach Nordwesten, und aus der Zone der Glimmerschiefer und Phyllite im Süden gelangt man mit ganz allmählich abklingender Metamorphose in die Zone der untersilurischen Phykodenschiefer. Es ist unmöglich, nachzuprüfen, ob hier eine normale stratigraphische Gesteinsfolge vorliegt oder ob die Zone in sich verschuppt und tektonisch gemischt ist.

Für die Entscheidung der Altersfrage von versteinerungslosen metamorphen Sedimenten sind die petrographische Fazies und ein Vergleich

mit angrenzenden nichtmetamorphen Serien des Paläozoikums von ausschlaggebender Bedeutung. Diese Methodik soll zunächst im Fichtelgebirge ihre Anwendung finden.

Die Phyllitserien des Fichtelgebirges durchzieht ein mächtiges durchlaufendes Band von Kalk- und Dolomitmarmor. In zwei Oberflächenausstrichen läßt es sich von Mehlmeisel über Tröstau, Wunsiedel, Göpfersgrün nach Hohenberg und im Süden von Unter-Wappenöst über Pullenreuth, Redwitz, Arzberg nach Schirnding und von da weiter nach Böhmen in die Gegend von Haslau verfolgen. Die Mächtigkeit des Kalkbandes kann bei Wunsiedel auf etwa 200 m veranschlagt werden (vergl. Tafel, Fig. 1).

Ein außerordentlich bezeichnendes Merkmal dieses hochkristallinen Kalkes ist seine Graphitführung. Wie sich in den Brüchen bei Hohenbrunn und bei Sinatengrün prachtvoll erkennen läßt, durchziehen den Kalk staubförmig fein verteilte Graphitlagen; auch da, wo der Kalk der Schichtfugen entbehrt, lassen sie deutlich die Schichtung erkennen. Im alten Lang'schen Bruch in Hohenbrunn kam der Graphit in bis nußgroßen Knollen vor. Die genauere Aufnahme hat ergeben, daß dem Kalk häufig Graphitphyllite ein- oder angelagert sind. Eine wenigstens 5—6 m mächtige Einlagerung beobachtet man im Dolomitbruch am Zitronenhaus bei Sinatengrün. Eben diese Graphitphyllite begleiten den Kalk in den Brüchen bei Göpfersgrün.

Für die Frage der Altersstellung dieses Marmors ist nun ein genauer petrographischer Vergleich mit paläozoischen Kalken wichtig, die weiter nördlich im bayerischen Frankenwald anstehen. Wir kennen im Paläozoikum größere Kalkeinlagerungen im Obersilur, im Oberdevon und im Unterkarbon. Im Obersilur der thüringischen Fazies tritt der sog. Ockerkalk auf, in der bayerischen Fazies der Orthoceratenkalk. Der Ockerkalk ist als Flaserkalk schwarzen Kieselschiefern und Alaunschiefern des Obersilurs zwischengeschaltet. Der Orthoceratenkalk bildet örtliche linsenartige Einschaltungen im Obersilur. Über seine Verbandsverhältnisse wissen wir wenig. Man könnte nun daran denken, den Wunsiedler Kalk als metamorphen Obersilurkalk anzusprechen. Die stratigraphische Verbindung mit Kohlenstoff-führenden Schiefen ist in beiden Fällen gegeben. Die kohligen Alaunschiefer würden dann in Graphitphyllite umgewandelt sein. Aber eine genauere Untersuchung ergibt die Unmöglichkeit dieser stratigraphischen Einstufung. Das nächstgelegene Vorkommen von Ockerkalk liegt bei Wartenfels im Zeidlitz-Grund (Blatt Wallenfels 1:25000). Hier hat der Ockerkalk nur eine Mächtigkeit von ein paar Metern und wird von Alaunschiefern überlagert. Weiter im Norden, in Thüringen, hat der Ockerkalk eine Mächtigkeit von 25 bis 30 Metern. Schon der große Unterschied in der Mächtigkeit spricht gegen eine stratigraphische Gleichstellung. Auch ist für den Ockerkalk

in der thüringischen Fazies der unmittelbare Verband mit schwarzen Kieselschiefern charakteristisch. Solche Kieselschiefer fehlen in der Nachbarschaft der Fichtelgebirgskalke. Für einen Kenner des Frankенwald-Paläozoikums kann ein obersilurisches Alter der Marmorkalke gar nicht in Frage kommen.

Ein Vergleich mit oberdevonischen Kalken muß aber ebenso abgelehnt werden. Die oberdevonischen Kalke bleiben zunächst an Mächtigkeit weit hinter den Marmorkalken zurück (Mächtigkeit 30—50 m). Im bayerischen Frankенwald bilden die oberdevonischen Kalke vielfach nur linsenartige Einschaltungen in der Schieferfazies. Man müßte auch annehmen, daß die Flaserkalktextur der oberdevonischen Kalke im metamorphen Zustand irgendeine Abbildung erfahren hätte. Auch kennen wir in Oberdevonkalken keine Einlagerungen von kohligem Schiefer, die zur Entstehung von Graphitschiefern hätten Anlaß geben können.

Es bleiben nur mehr die unterkarbonischen Kohlenkalke der bayrischen Fazies für einen Vergleich übrig. Sie haben mit den Wunsiedler Marmorkalken die Kohlenstoff-Führung gemeinsam, auch finden sich in beiden nicht selten klastische Quarzkörner. Aber Kalkeinlagerungen von solcher Mächtigkeit wie in den Phyllitserien fehlen im Unterkarbon durchaus. Die Unterkarbonkalke schwellen linsenartig an und keilen immer wieder aus. Die Kohlenkalke stehen weiter fast immer mit grobklastischen Gesteinen, Grauwacken und Konglomeraten, in Verband, die wir in den Phyllitserien vergeblich suchen. Es kann deshalb als sicher angenommen werden, daß der Marmorkalk aus unterkarbonischen Kohlenkalken nicht hervorgegangen sein kann.

Paläozoische Kalke kommen für einen Vergleich mit den Marmorkalken also nicht in Frage. Und so bleibt nur der Ausweg, dem Marmorkalk ein höheres präkambrisches Alter zuzuschreiben. Auf Grund dieser Überlegungen stellen wir die graphitführenden Marmorkalke des Fichtelgebirges ins Algonkium.

Zur Petrographie des Fichtelgebirger Algonkiums.

Die beiden Kalkbänder sind die petrographisch am meisten hervortretenden Einlagerungen im Algonkium. Kalkige Schichten fehlen aber auch sonst nicht. Eine breite Zone von mergeligen Gesteinen, die durch Granitkontakt in Kalksilikate umgewandelt ist, zieht aus der Gegend von Schönbrunn über Wunsiedel, Sinatengrün nach Göpfersgrün. O. von Göpfersgrün wird sie durch den Granit abgeschnitten. Sie begleitet das Wunsiedler Kalkband im Norden. Sonst kennt man kalkige Einschaltungen aus der Gegend von Ebnath und von der Mittelmühle S. von Stemmas.

Die Hauptmasse des Fichtelgebirger Algonkiums besteht, wie allgemein bekannt, aus Phylliten, Phyllitquarziten und Quarzitschiefern.

Reine Quarzitschiefer kommen an vielen Orten in mächtigen Paketen vor (Luisenburg, Kohlwald), im allgemeinen wechsellagern sie aber so innig mit Phylliten, daß ihre kartistische Ausscheidung schwierig ist. Die Quarzite sind durchaus feinklastisch entwickelt, gröberklastische Bildungen, ebenso Konglomerate, fehlen ganz. Es liegen hier die Ablagerungen eines algonkischen Flachmeeres vor, in das hauptsächlich sandig-tonige Massen eingespült wurden. Auch der Kalkmarmor führt häufig klastische Quarzkörner.

Ein wichtiges Kennzeichen des Fichtelgebirger Algonkiums sind Einlagerungen von Graphitschiefern. Von den Graphitschiefern im Verband mit den Kalkmarmoren war bereits die Rede, aber auch im Phyllit sind solche Graphitschiefer weit verbreitet. Die Kartierung von Blatt Wunsiedel konnte einen Graphitschieferzug feststellen, der sich von Schönbrunn in ostnordöstlicher Richtung über Wunsiedel hinaus verfolgen ließ. Außerdem kennt man Graphitschiefer vom Wiesauer Kreuzberg, von Arzberg, vom Mühl-Berg bei Schirnding, vom Sauerbrunnen bei Hohenberg u. a. a. O.

Stofflich verwandt mit diesen Graphitschiefern sind Einlagerungen von schwarzen kohligem Kieselschiefern. Sie fehlen aber im Norden im Fichtelgebirge und treten erst südlich einer Zone auf, die vom Südabfall des Steinwaldes von Wetzeldorf über Fuchsmühle nach Leonberg zieht. Besonders reich an Kieselschieferinlagerungen ist die Phyllit-scholle von Wetzeldorf am Südrand des Steinwaldes bei Erbdorf (DE TERRA 1925). Einige kontaktmetamorph veränderte Kieselschieferschollen gibt schon GÜMBEL aus dem Steinwaldgranit in der Umgebung von Voienthann an. Ich habe Kieselschiefer in gleicher Weise am Kreuz-Berg bei Wiesau und an der Straße von Wiesau nach Otto-Bad beobachtet. Am besten sind sie aufgeschlossen in einem Steinbruch, $\frac{1}{2}$ km NO. von Dobrigau bei Mitterteich. Wenn diese algonkischen Lydite auch makroskopisch den paläozoischen Kieselschiefern ähnlich werden, so lassen sie sich doch mikroskopisch durch ihre feinquarzitische Grundmasse von diesen sofort unterscheiden. Es sind Metakieselschiefer im Sinne SCHEUMANN'S.

Mit dem bayerischen Algonkium ist eine Vergesellschaftung von Magmen verbunden, die in ihrem Chemismus die stratigraphische Sonderstellung der Phyllitserien bestätigen. Den Phyllitserien sind am Westrand des Fichtelgebirges und des Steinwaldes, aber auch in der Wunsiedler und Waldsassener Gegend Porphyroide eingeschaltet, die GÜMBEL als Gneisphyllite bezeichnet hat. Sie liegen wohl meist konkordant in den Phylliten, bilden z. T. mächtige Lager, z. T. nur meterdicke Einlagerungen. Wie die NIGGLI'schen Parameter zeigen, sind es sehr kalireiche Magmen (vergl. die chem. Analyse auf S. 5).

Man darf es als wahrscheinlich bezeichnen, daß diese Magma-bewegung zeitlich ins Algonkium fällt, wenn es auch nicht ausgeschlossen

ist, daß sie an einzelnen Stellen, ähnlich wie in Thüringen, noch ins tiefere Untersilur heraufreicht.

Neben diesen sauren Magmen kommen auch basische vor, die in Form von Amphibolitschiefern und Chloritamphibolitschiefern in den Kalken und in den Phylliten aufsetzen (WURM 1925). Sie haben meist die Raumerfüllung von mächtigen Lagergängen, in der Wunsiedler Gegend haben sie nicht selten die Form von zusammengesetzten Gängen, indem zwei Amphibolitschiefergänge einen Gang von Chloritamphibolitschiefer einschließen (vergl. Tafel, Fig. 2). Der Chemismus der Amphibolite deckt sich durchaus mit dem von Diabasen, der Chemismus der Chloritamphibolite entspricht dem der hornblenditisch-peridotitischen Magmen NIGGLI's (vergl. Analyse). Ich glaube nicht, daß es sich bei den Amphiboliten ausschließlich um geschieferte Diabasdurchbrüche des Paläozoikums handelt. In einzelnen Zonen durchschwärmen diese Gänge in ungeheuren Massen den Phyllit, z. B. auf Blatt Wunsiedel oder im Wondreb-Tal S. von Leonberg.

Porphyroid, aus Phyllit, Wilfersreuth
(Analyse von Dr. U. SPRINGER).

SiO ₂	67,95		
TiO ₂	0,40		
Al ₂ O ₃	15,47		NIGGLI'sche Werte.
Fe ₂ O ₃	1,13	si	345
FeO	1,25	al	46,3
MnO	0,05	fm	16,7
CaO	1,60	c	8,8
MgO	0,90	alk	28,2
K ₂ O	6,85	k	0,8
Na ₂ O	1,22	mg	0,4
P ₂ O ₅	0,31	qz	132
H ₂ O (105°)	0,38		
H ₂ O (Rotglut)	2,02		
	<hr/>		
	99,53 %		

Amphibolit, Kalkmarmorbruch Holenbrunn
(Analyse von Dr. A. SPENGLER).

SiO ₂	48,42		
Al ₂ O ₃	17,16		
Fe ₂ O ₃	14,18		NIGGLI'sche Werte.
CaO	9,59	si	100
MgO	6,88	al	22,7
K ₂ O	0,44	fm	47,1
Na ₂ O	3,01	c	23,1
H ₂ O (105°)	0,06	alk	7,1
H ₂ O (>105°)	0,19	k	0,09
	<hr/>	mg	0,5
	99,93 %	qz	— 28

Chloritamphibolit, Kalkmarmorbruch Hohenbrunn
(Analyse von Dr. G. ABELB).

SiO ₂	44,35		
TiO ₂	2,00		
Al ₂ O ₃	8,15	NIGGLI'sche Werte.	
Fe ₂ O ₃	2,90	si	83,4
FeO	9,28	al	9,0
MnO	0,20	fm	72,3
CaO	9,05	c	18,2
MgO	18,92	alk	0,5
K ₂ O	0,06	mg	0,74
Na ₂ O	0,22	k	0,15
P ₂ O ₅	0,19	qz	— 18
H ₂ O (105°)	0,09		
H ₂ O (Rotglut)	4,29		
	99,70%		

Die Phyllitserien nehmen also sowohl ihrer petrographischen Zusammensetzung wie ihrer Magmabewegung nach eine Sonderstellung ein. Die nahe räumliche Beziehung, in der diese Serien zu dem gut durchforschten Paläozoikum des bayerischen Frankenwaldes stehen, erlaubt es, ihre stratigraphische Stellung schärfer einzuengen und zu fixieren als anderswo.

Die Metamorphose der algonkischen Serien ist im allgemeinen die der Epizone. Überdeckt wird diese regionale Metamorphose durch eine jüngere Kontaktmetamorphose in der Umrandung der Granitmassive.

Gliederung.

Für eine Gliederung des Fichtelgebirger Algonkiums lassen sich kaum sichere Anhaltspunkte finden. Die Serien sind petrographisch zu eintönig entwickelt; es fehlen, mit Ausnahme der Kalke, gute Leit-horizonte.

Die präkambrische Faltung.

Es ist seit langem bekannt, daß in Zentralböhmen das Algonkium mit einer bedeutenden Faltung seinen Abschluß fand. An verschiedenen Stellen, namentlich in der Gegend von Příbram im Litavka-Tal liegen die unterkambrischen Sedimente diskordant dem stark gefalteten Algonkium auf. Es ist sicher, daß die ältere algonkische Faltung in Böhmen die spätere variskische an Intensität bedeutend übertroffen hat. Von maßgebenden tschechischen Geologen wird neuerdings angenommen, daß die algonkische Faltung stellenweise bis zur Deckenbildung geführt hat (KODYM 1927).

Es hat deshalb Interesse, zu untersuchen, ob sich diese präkambrische Faltung auch am Westrand der böhmischen Masse nachweisen läßt.

Im Fichtelgebirge kann man keine Diskordanz zwischen Algonkium und Paläozoikum erkennen. Die Verbandsverhältnisse sind am Nordrand des Fichtelgebirges in der Selb-Rehauer-Zone leidlich aufgeschlossen, und hier ist Konkordanz vorhanden, die allerdings vielleicht nur unter dem Einfluß der späteren variskischen Faltung mechanisch erzwungen ist. Auch ein Hiatus in der Metamorphose läßt sich nicht feststellen.

Gewisse Anzeichen von prävariskischen Gebirgsbildungen fehlen aber auch im Fichtelgebirge und Frankenwald nicht. Die Gerölle in unterkarbonischen Konglomeraten geben darüber Aufschluß. Im Unterkarbon des Frankenwaldes kommen Gerölle von Porphyroiden vor, die deutliche Schieferung aufweisen (Poppengrün bei Naila, Bastels-Mühle bei Teuschnitz). Im unterkarbonen Konglomerat des Remschlit-Grundes bei Zeyern sind Glimmerschiefer, im Titschendorfer Konglomerat sind Muskovitgneise und im Teuschnitzer Konglomerat Amphibolite beobachtet worden. Die Metamorphose dieser Gerölle fällt wohl in die präkambrische Gebirgsbildung.

Der Vergleich mit anderen Gebieten.

Der Nachweis einer algonkischen Serie im Fichtelgebirge wirft die Frage auf, ob ähnliche durch Marmore, Kieselschiefer und Graphit-schiefer gekennzeichnete Serien sich auch an anderen Stellen in Mitteleuropa feststellen lassen. Wenn wir zunächst die südliche Nachbarschaft des Fichtelgebirges daraufhin untersuchen, so zeigt sich, daß Graphitgneise nördlich von Tirschenreuth zwischen Groß- und Klein-Klenau vorkommen. Bezeichnenderweise liegen ganz in der Nähe kalkige Einlagerungen, die zu Kalksilikatfelsen verändert wurden.

Weiter im Süden, im Moldanubicum der böhmischen Masse, interessiert uns die Glimmerschieferzone des sog. Künischen Gebirges in der Gegend von Lam, die neuerdings durch GEORG FISCHER eine moderne Bearbeitung erfahren hat (1929). FISCHER betont, daß im Glimmerschiefer häufig kieselsäurereiche, graphitreiche Schichten aufsetzen, Graphitquarzite, und vermutet, daß der Chemismus dieser kieselsäurereichen Graphitgesteine schon vor der Metamorphose derselbe war, mit anderen Worten, daß wir es hier mit metamorphen Kieselschiefern zu tun haben. An einzelnen Stellen kommen auch kieselsäurearme, glimmerreiche Meta-Alaunschiefer vor. Alle diese Gesteine bilden normale Glieder der sedimentären Schichtfolge. Die Hauptgesteine sind Glimmerschiefer und quarzreiche Glimmerschiefer; grobklastische Bildungen fehlen ganz. Kalkeinlagerungen sind sowohl in Bayern bei Tretting und Rittsteig wie in Böhmen bei Neuern bekannt. Die Kalke sind durch Graphitoid grau gefärbt. Abgesehen von der verschiedenen Stufe der Metamorphose entsprechen alle diese Gesteinsserien stofflich genau dem Fichtelgebirgs-Phyllitmantel. Ich glaube deshalb, daß die Glimmerschieferzone, und vielleicht auch die Injektionsgneise im Westen algon-

kisches Alter besitzen. Von einzelnen Gneisschollen innerhalb des Gabbromassivs von Neukirchen nimmt auch FISCHER unteralgonkisches Alter an und glaubt, daß sie schon präkambrisch vor der Umhüllung durch den Gabbro vergneist wurden. Sie gehen ganz allmählich in das phyllitische Unteralgonkium der Umgebung von Neumark in Böhmen über.

Es liegt nahe, in diesem Zusammenhang auch an die Kalkeinlagerungen des südlichen Bayerischen Waldes und des Böhmerwaldes zu denken, die ja aufs innigste mit Graphitlagerstätten vergesellschaftet sind (WEINSCHENK 1899). Es kann zunächst keinem Zweifel unterliegen, daß die Passauer Graphitlagerstätten demselben stratigraphischen Horizont angehören wie die in Böhmen bei Krumau und Schwarzbach. Die Graphite treten in Paragneisen und Glimmerschiefern auf, denen eben die kristallinen Kalke eingelagert sind. Die Kalke z. B. am Steinhag bei Oberzell erinnern sehr an die Wunsiedler Marmore. Die stoffliche Zusammensetzung muß eine sehr ähnliche gewesen sein. Die Kontaktminerale, die aus den Marmoren auskristallisiert sind, sind an beiden Orten die gleichen (Forsterit, Phlogopit, Chondroit). In beiden Kalkzügen finden sich dieselben eozoonartigen Bildungen. Die Kalke im südlichen bayerischen Wald treten als Einlagerungen in Cordieritgneisen auf, das sind stark injizierte Paragneise. Ich halte in Bayern das algonkische Alter der dortigen Gneisformation für wahrscheinlicher als ein ober-silurisches.

Ich weiß sehr wohl, daß diese Anschauung nicht die herrschende ist. K. HINTERLECHNER (1911) hat vor allem die Auffassung vertreten, daß die moldanubischen graphitführenden Gesteine Südböhmens silurisches Alter besitzen. Dieser Meinung haben sich in letzter Zeit tschechische und österreichische Forscher angeschlossen. Es scheint mir aber, daß der stratigraphische Verband, in dem die südböhmische Graphitformation auftritt, nicht für Obersilur spricht. Man könnte die Graphitformation selbst wohl nur mit *ea*-Schichten des Barrandiens parallelisieren. Nur in *ea*-, den Liteschichten sind Alaunschiefer mit Einlagerungen von Kalken vorherrschend; in *eβ* und *eγ* ist die Kalkfazies weit überwiegend. Und diese mächtige Kalkfazies scheint in Südböhmen doch zu fehlen. Man müßte schon zu der Annahme seine Zuflucht nehmen, daß *eβ* und *eγ* im Moldanubischen faziell ganz anders entwickelt sind. Auch unter den böhmischen Geologen macht sich neuerdings das Bedenken geltend, die Graphitformation Böhmens ausschließlich dem Paläozoikum zuzuteilen (ULRICH 1930).

Schon lange bekannt ist Algonkium in Zentralböhmen. Über das böhmische Algonkium sind wir durch KETTNER (1917) gut unterrichtet. Er hat drei Stufen unterschieden, eine vorspilitische, kristalline Stufe in Westböhmen, eine mittlere, wenig metamorphe Stufe mit Spiliten, Kiesel-schiefern und Alaunschiefern und eine obere, wenig metamorphe Stufe, in der Spilite fehlen und ein Konglomerathorizont auftritt. Vergleichs-

momente ergeben namentlich die Alaun- und Kieselschiefer und die Spilite Böhmens, die man den Graphitschiefern, den Kieselschiefern und Amphiboliten des Fichtelgebirges an die Seite stellen kann. Kalkige Einlagerungen kommen in Böhmen z. B. im Südostflügel des Barrandiens wohl vor, spielen aber doch eine untergeordnete Rolle. Die Fazies ist im allgemeinen in Böhmen gröber klastisch als im Westen, im Fichtelgebirge. Mittelkörnige Grauwacken sind in Böhmen verbreitet. Sie wechseln mit grauen Tonschiefern ab.

Nach neueren Aufnahmen DEUBEL's kann man nicht mehr zweifeln, daß auch in Westthüringen echtes Algonkium vorhanden ist. Wie in Böhmen ist die Metamorphose dieser Schichtserien zum Teil gering. DEUBEL (1925) hat schon in einer Mitteilung aus dem Jahre 1925 einen Überblick über ihre stratigraphische Entwicklung im Schwarzburger Sattel gegeben. Wichtig ist auch hier die Einschaltung von Graniten, Granitgneisen, Porphyroiden, Uralitdiabasen und Amphiboliten, besonders aber auch von Alaun- und Kieselschiefern. Unter der freundlichen Führung von Herrn DEUBEL hatte ich Frühjahr 1931 Gelegenheit, diese Serien auf einer Exkursion von Gillersdorf, Neustadt, Großbreitenbach nach Massermühle, Masserberg, Goldistal kennen zu lernen. Mächtige Komplexe von grauen und schwarzen Kieselschiefern kommen hier im Hohenwalde und im Königswalde bei Großbreitenbach zutage. Auch schwarze Alaunschiefer sind von Großbreitenbach bekannt. Im Langenberg-Quarzit des tiefsten Untersilurs finden sich bereits Gerölle von den Kieselschiefern. Die fazielle Ausbildung der Sedimente ist im allgemeinen grobklastischer als im Fichtelgebirge. Feldspatreiche Grauwacken sind, ebenso wie in Böhmen, nicht selten. In Thüringen und in Böhmen lagen jedenfalls die Abtragungsgebiete den Sedimentationsräumen näher als im Fichtelgebirge. Kalkige Lagen kommen nach mündlicher Mitteilung DEUBEL's in wahrscheinlich algonkischen metamorphen Schichten bei Schmiedefeld (Thüringer-Wald) vor.

Die Aufnahmen DEUBEL's und GÄRTNER's auf Blatt Großbreitenbach und Blatt Masserberg ergaben folgende Schichtgliederung:

Tremadoc: Phykodenschichten.

tiefstes Tremadoc:	{	Quarzitzone, ca. 800 m, nach der bei Siegmundsburg gefundenen Obolus-Fauna Zone der Dictyograptus-Schiefer	{	Übergangsschichten, Obere Quarzitzone, Wechselagerung von Schiefern u. Quarziten, Untere Quarzitzone.
Algonkium:	{	Goldistaler Schichten, Katzhütter Schichten mit Einlagerungen von Kieselschiefern, Porphyroiden, Amphiboliten und Uralitdiabasen.		

Zwischen dem Algonkium und dem tiefsten Tremadoc liegt wahrscheinlich eine Diskordanz. Kambrium scheint zu fehlen. Die Porphyroide sind nicht auf das Algonkium beschränkt, sondern reichen stellenweise noch in die Quarzzone des Tremadoc hinauf. Die Hauptmasse der Magmabewegung dürfte aber doch wohl dem Algonkium angehören. Nach GÄRTNER (1931) ist der Granit von Glasbach sicher prävariskisch und gehört wahrscheinlich in die algonkische Eruptivphase hinein.

Horizonte des Algonkiums scheinen weiter am Nordflügel des Erzgebirges vorzukommen. H. BECKER (1927) berichtet im Frankenberger Zwischengebirge von einer Serie von grauen und schwarzen, manchmal feinquarzitisch gebänderten Tonschiefern mit Einlagerungen von kiesel-schieferartigen Graphitquarziten, von einzelnen Kalklagern und von Konglomeraten. Er bezeichnet diese Schichten als Niederwiesauer-Serie. „Die Kalke treten als mehrere Meter mächtige Einlagerungen in stark abfärbenden Graphitschiefern, -quarziten und -kalken auf. In der Umgebung von Chemnitz bei Rottluff und anderen Punkten, ferner nördlich von Hainichen.“ Diese Niederwiesauer Serie findet sich sowohl auf dem Nordflügel des Erzgebirges wie am Südrand des Granulitgebirges, wo ihr auch die von SCHEUMANN beschriebenen Metakieselschiefer angehören.

Nach BECKER sollen typische Silurlydite unter den Metakieselschiefern fehlen. Schon BECKER hat das vorsilurische Alter der Schichtfolge erkannt. Es kann kaum ein Zweifel sein, daß die ganzen Serien mit den Fichtelgebirgsserien weitgehend petrographisch übereinstimmen und deshalb auch ins Algonkium gestellt werden müssen.

Es ist möglich, daß in der Phyllit-Tonschiefergruppe des Erzgebirges und des Granulitgebirges noch ähnliche Serien verborgen liegen. Sie lassen sich aber zunächst noch nicht genauer abgrenzen. KOSSMAT (1925) vermutet in den Wesensteiner und Clanschwitzer Grauwacken und Schiefern und in den bekannten Geröllgneisen des Erzgebirges präkambrische Serien. Die Serizitgneise von Döbeln am Nordostrand des Granulitgebirges und die Chloritgneise im Elbtalschiefergebirge sind den Fichtelgebirger Gneisphylliten ähnliche Porphyroide. Es ist ein besonderes Verdienst SCHEUMANN's, auf das prävariskische Alter dieser Gesteine hingewiesen zu haben.

Algonkium ist weiter vor ein paar Jahren von E. PICARD (1928) von Blatt Liebenwerda am Rotsteiner Felsen, östlich von Torgau an der Elbe, bekannt gemacht worden. Das Gestein ist ein schwarzer Kieselschiefer, stellenweise ein hellgrauer Quarzit mit untergeordneten Einlagerungen von Alaunschiefern und Grauwacken. Das Gestein stimmt nach PICARD völlig mit den algonkischen Kieselschiefern des Sarka-Tales bei Prag überein. Über die Lagerungsverhältnisse ließen sich hier keine weiteren Feststellungen machen.

Ob in den Westsudeten in der Umrandung des Iser- und Riesengebirges und in den Ostsudeten petrographisch ähnlich gekennzeichnete

Serien vorkommen, das zu entscheiden, muß erst einer genaueren Durcharbeitung dieser Gebiete vorbehalten bleiben. In dem kristallinen Schiefermantel, den G. BERG (1912) vom Ostrande des Riesengebirges beschreibt, sind den Glimmerschiefern auch Kalke und Graphitschiefer eingeschaltet.

Die körnig-streifigen Gneise des Spessarts, die sich aus Glimmerschiefern, Granatglimmerschiefern, Amphiboliten, Kalksilikatfelsen und Marmoren zusammensetzen, gehören wohl nicht in den Rahmen dieser alten Serien. Sie besitzen jüngeres paläozoisches Alter.

Schon 1925 habe ich in meiner „Geologie von Nordbayern, Frankenswald und Fichtelgebirge“ (S. 17) die nahen faziellen Beziehungen des Fichtelgebirger Algonkiums zu der algonkischen Brettstein-Serie der steirischen Zentralalpen hervorgehoben (SCHWINNER 1923). Wir treffen dort Glimmerschiefer, Marmore, oft sehr quarz- und kohlereich, grüne Gesteine, Amphibolite und Granatamphibolite. Die kalkige Fazies tritt stärker hervor als im Fichtelgebirge. Es ist ein deutlicher Hiatus in der Metamorphose zwischen dem Algonkium und dem Paläozoikum vorhanden. Die Schichten erlitten eine Faltung an der Wende von Algonkium und Paläozoikum. SCHWINNER macht darauf aufmerksam, daß diese Falten z. T. nach Nordwesten, zur böhmischen Masse hinweisen.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Arbeit bezweckt eine schärfere Charakterisierung der ältesten Sedimentserien, die wir in Mitteleuropa haben. Ausgangspunkt ist die Frage nach der Altersstellung der Schiefer, Phyllite und Phyllitquarzite des Fichtelgebirges und des Steinwaldes. Ein petrographischer Vergleich dieser Serien mit dem räumlich benachbarten Paläozoikum, in dem alle Formationen vom Kambrium bis Unterkarbon fossilführend vertreten sind, ergibt mit Sicherheit, daß paläozoisches Alter nicht in Frage kommen kann. Die Serien können nur präkambrisches, algonkisches Alter besitzen. Petrographisch ist das Fichtelgebirger Algonkium gekennzeichnet durch tonig feinsandige Ablagerungen mit Einschaltung von graphitführenden Marmoren, von Graphitphylliten und Kieselschiefern. Für die algonkische Magmenbewegung bezeichnend sind saure Porphyroide und basische Eruptiva von diabasischem bis pikritischem Charakter.

Eine ganz ähnliche petrographische Fazies treffen wir im Moldanubicum in der von G. FISCHER (1929) beschriebenen Glimmerschieferzone des Künischen Gebirges im Süden des Hohen Bogen und auch im Passauer Graphitgebiet. Auch für diese Serien ist algonkisches Alter wahrscheinlich. Überhaupt scheint Algonkium im Moldanubicum weiter verbreitet. Vergleiche mit präkambrischen Serien von Böhmen, Thüringen, dem Erzgebirge, der Provinz Sachsen und Steiermark ergeben mancherlei Vergleichsmomente und lassen die stratigraphische Selbständigkeit

und große Verbreitung dieser alten präkambrischen Graphitformation erkennen. Wie in den kambrischen Meeren macht sich auch hier eine auffallende Konstanz der Fazies über große Flächenräume bemerkbar.

Das Auftreten einer so alten graphitführenden Formation verlangt auch vom Standpunkt der Entwicklung des Lebens auf der Erde besonderes Interesse. Die graphitische Substanz kann nur organischen Ursprungs sein. Wahrscheinlich handelt es sich um Umwandlungsprodukte von mariner Algenvegetation.

Schriftquellen.

- BECKER, H.: Die Kieselschiefer und Konglomerate im Kambrium Westthüringens und ihre Gegenstücke in Sachsen. — Zentralbl. f. Min. usw., Abt. B, S. 246—250, Stuttgart 1927.
- BERG, G.: Die kristallinen Schiefer des östlichen Riesengebirges. Abh. Preuß. Geol. L.-A., N. F., Heft 68, Berlin 1912.
- DEUBEL, F.: Orogenetische und magmatische Vorgänge im Paläozoikum Thüringens. — Beitr. z. Geol. v. Thüringen. 1, S. 19ff., Jena 1925.
- FISCHER, Gg.: Die Gabbroamphibolitmasse von Neukirchen a. hl. Bl. und ihr Rahmen. — N. Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 60, Abt. A, S. 251—362, Stuttgart 1929.
- GÄYTNER, H. R.: Über den Nachweis von Algonkium in Thüringen. — Sitzungsber. Preuß. Geol. L.-A. 6, S. 39, Berlin 1931.
- HINTERLECHNER, K.: Geologische Mitteilungen über ostböhmisches Graphite und ihre stratigraphische Bedeutung für einen Teil des kristallinen Territoriums der böhmischen Masse. — Verh. Geol. R.-A., S. 366, Wien 1911.
- KETTNER, R.: Versuch einer stratigraphischen Einteilung des böhmischen Algonkiums. — Geol. Rundsch., 8, S. 169—188, Berlin 1917.
- KODYM, O.: Compte rendu sur les levées géologiques effectuées dans la section sud-ouest de la feuille Kladno (3952—III, en 1927). — Zvláštní otisk z věstníku státního geologického ústavu Československé Republiky. Čís. 6, Praha 1927.
- KOSSMAT, F.: Übersicht der Geologie von Sachsen. S. 47, 50, 51, Leipzig 1925.
- PICARD, E.: Das Algonkium von Rotstein bei Liebenwerda im Vergleich mit demjenigen im Sarkatal bei Prag und über Kambrium bei Dobrilugk. — Z. d. D. Geol. Ges., 80, Monatsber. S. 27, Berlin 1928.
- SCHWINNER, R.: Die Niederen Tauern. — Geol. Rundsch., 14, S. 34, Berlin 1923.
- DE TERRA, H.: Die Umgebung von Erbendorf. — N. Jahrb. f. Min. usw., Beilage-B. 51, S. 366, Stuttgart 1925.
- ULRICH, F.: Quelques remarques sur la tectonique de la Bohême Centrale. — Zvláštní otisk z věstníku státního geologického ústavu Československé Republiky, Roč. VI, Č. 4—6, S. 21, Praha 1930.
- WEINSCHENK, E.: Zur Kenntnis der Graphitlagerstätten. — Abh. d. math.-phys. Kl. d. b. Ak. d. W., 19, 2. Abt., München 1899.
- WURM, A.: Tektonische und magmatische Analyse des alten Gebirges im Norden von Bayern. — Zentralbl. f. Min. usw., S. 572, Stuttgart 1923.
- Über alte geschieferte Amphibolitgänge des Wunsiedler Marmorzuges. — Z. D. Geol. Ges., 77, Mon.-Ber., S. 174—182, Berlin 1925.



phot. A.Wurm.

Fig 1

Algonkischer Marmorkalk mit Streckung und Querklüftung.
Bänderung im Vordergrund durch Graphit. Steinbruch bei Hohenbrunn.



phot. A.Wurm.

Fig. 2

Zusammengesetzter Gang im Marmor; in der Mitte Chloritamphibolit, zu beiden Seiten
stark geklüfteter Amphibolit; die weißen Felsen Marmor. Steinbruch bei Hohenbrunn.

Untersuchungen über fränkische Schwammriffe

Von

Paul Dorn, Erlangen

Mit 1 Karte und 5 Tafeln

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Einleitung	13
Allgemeine Ausführungen über die Begriffe „Riff“, „Übergußschichtung“ und „Übergußmasse“	14
B. Besondere Untersuchungen	18
I. Die Schwammbänke des Malm-Alpha	19
Die Fauna der Alpha-Schwammbänke	20
II. Die Beta-Schwammriffe	22
Fauna	23
Riffhöhlen	25
Innere Zusammensetzung der Beta-Schwammriffe	25
Riffsand	26
Riffböschung	26
Übergußmassen	27
Übergußschichtung	28
Die „Mulden“ zwischen den Riffen	29
Atolle	30
Die Engelhardsberger Schichten als Lagunenbildungen	31
III. Die Tiefe des fränkischen Unteren Malm-Meeress	32
IV. Die geomorphologische Eingliederung der fränkischen Oxford-Schwammriffe	37
* Zusammenfassung	41
Schriftquellen	42

A. Einleitung.

Wenn heutzutage von fossilen Riffen gesprochen wird, so denkt man unwillkürlich zunächst an Korallenriffe. Bauen doch die Korallen fast als einzige Lebewesen der Gegenwart Riffe auf, so daß man nur an den Korallenriffen das Sein und Werden rezenter Riffe studieren kann. Dazu kommt, daß man in zahlreichen Gebieten der Erdoberfläche und in den verschiedensten Formationen fossile Korallenriffe findet, die infolge ihres Aufbaues und ihrer Zusammensetzung als solche zu erkennen sind.

An ihnen hat man, angeregt durch DARWIN'S Untersuchungen an Riffen der Südsee, schon frühzeitig Übereinstimmungsmerkmale mit rezenten Korallenriffen gefunden. Diese, z. B. die massige Fazies, die Übergußschichtung, die Umrahmung durch Schuttmassen usw., haben dazu

geführt, daß man alle Ablagerungen, die ähnliches Aussehen hatten, jedoch nicht von Korallen, sondern von anderen niederen Lebewesen wie Hydrozoen, Bryozoen, Spongien usw., gebildet waren, ebenfalls als Riffbauten ansah. Während man jedoch die fossilen Korallenriffe eingehender untersuchte und in zahlreichen Arbeiten beschrieb, wurden die anderen Riffbildungen, insbesondere die Schwammriffe, fast unbeachtet gelassen, trotzdem sie während der Jura-Zeit eine nicht minder große Bedeutung hatten wie heutzutage in der Südsee die Korallenriffe. Man begnügte sich zumeist, nebenher zu erwähnen, daß Schwammriffe vorkommen, und zählte höchstensfalls noch die Namen der einzelnen vorgefundenen Schwammarten auf.

E. FISCHER (1913) war wohl der Erste, der aus den Malm-Ablagerungen des Lochen-Gebietes bei Balingen Schwammbildungen eingehender in ihrer Gesamtheit untersuchte. Weitere Beiträge aus Schwaben brachte jüngst A. ROLL. Aus Franken erwähnte GÜMBEL im Rahmen seiner „Geognostischen Beschreibung der Frankenalb“ auch die dortigen Schwammablagerungen. Auf ihre Riffnatur ging er aber nicht weiter ein, beschrieb jedoch in einer besonderen Arbeit (1862) die im verschwammten Unteren Malm bei Streitberg auftretenden Fossilien, insbesondere die Foraminiferen. Notizen über fränkische Schwammriffe des Unteren Malm brachte 1928 der Verfasser, sowie kurz nach ihm im gleichen Jahre L. KRUMBECK.

Allgemeine Ausführungen über die Begriffe „Riff“, „Übergußschichtung“ und „Übergußmasse“.

Einige für die späteren besonderen Ausführungen wichtige allgemeine Betrachtungen seien hier zunächst behandelt. Von E. FISCHER wurden seinerzeit bei den Schwammbildungen des Lochen-Gebietes Schwammriffe und Schwambänke unterschieden. Während letztere nach FISCHER breite, kappenartige Formen bilden mit verhältnismäßig großem Flächen-, aber geringem Höhenwachstum, ist es bei den Schwammriffen gerade umgekehrt der Fall. Denn bei ihnen ist die Grundfläche ziemlich gering, das Höhenwachstum aber bedeutend. Ähnliche, aber kleinere Riffbildungen bezeichnet FISCHER als Schwammstotzen.

Die Kennzeichnung der verschiedenen Schwammbildungen durch FISCHER ist derartig eindeutig und steht zu den Beschreibungen fossiler wie rezenter Korallenriffe in so geringem Gegensatz, daß eigentlich eine weitere Erörterung unnötig erscheint.

Trotzdem sehe ich mich veranlaßt, noch etwas näher zu besprechen, was man nach der zahlreichen Literatur unter „Riff“ versteht. Denn durch A. ROLL ist kürzlich die Frage aufgeworfen worden, ob wir „im Malm-Beta überhaupt von „Riffen“ sprechen dürfen“. Auch KRUMBECK

hat in einer Notiz über die Schwammbildungen von Vorra die Bezeichnung „Riffe“ „absichtlich vermieden, um den morphologischen Unterschied nicht zu verwischen, der offenbar zwischen den heutigen, auf den Seiten steil geböschten und deshalb vielfach Übergußschichtung tragenden Korallenriffen und den in Rede stehenden Anhäufungen der Schwämme bestanden hat“.

JOHANNES WALTHER, unter den Geologen wohl der beste Kenner rezenter wie fossiler Riffe, schildert (1894, S. 899) sie folgendermaßen: „Ein Riff ist eine isolierte Felsenklippe, welche sich aus tieferem Wasser an die Meeresoberfläche erhebt.“ „Es besteht bei jedem Riff ein topographischer Gegensatz zwischen seiner inselartigen Form und der ebenen Oberfläche des umgebenden Meeresgrundes.“ Schon die allgemein durchgeführte Gliederung in Saum-, Barriereriffe und Atolle zeigt die verschiedenartige Form rezenter Riffe. Noch stärker tritt dies hervor, wenn man mit A. ORTMANN und anderen auch sog. Flachseeriffe unterscheidet, wie sie dieser und A. VOELTZKOW aus dem westlichen indischen Ozean beschrieben hat. Durchweg finden sich diese Flachseeriffe in Meeresgebieten mit geringer Wassertiefe. Sie zeigen eine kreisartige Form und haben dadurch, daß sie häufig kleinste Meeresteile lagunenartig umschließen, große Ähnlichkeit mit den Atollen. Von diesen aber unterscheiden sie sich weniger durch ihre geringe Größe, als vor allem dadurch, daß ihnen der für Atolle so bezeichnende hohe, steile, untermeerische Abfall fehlt. Sie haben also verhältnismäßig geringes Höhenwachstum. Eine Gleichstellung der Flachseeriffe mit den Saum- und Barriereriffen ist aber infolge ihrer Form und ihrer Lage nicht vollkommen möglich, wenn sie auch bald diesen, bald jenen sehr ähnlich sind und gewöhnlich auch als solche angesprochen werden. Beim Studium des Schrifttums sieht man, daß rezente Flachseeriffe gar nicht so selten sind, und daß z. B. zu ihnen auch die meisten Riffe Westindiens und ein Teil derjenigen des Roten Meeres zu rechnen sind. Näher beschrieben wurden solche auch durch J. WALTHER (1890) aus der Palk-Straße. Die Korallenriffe, welche durch SLUITER aus der Bucht von Batavia beschrieben worden sind, zählen auch dazu. Bei ihnen beträgt bei einem Durchmesser von 20—500 m die Höhe der Riffwand nicht mehr denn höchstens 40 m.

Diese wenigen Beispiele zeigen schon, wie verfehlt es wäre, den Begriff „Riff“ nur auf Formen beschränken zu wollen, die allein den durch DARWIN'S Hypothese so bekannt gewordenen Atollen ähnlich sind.

Deutlich läßt dies auch das zahlreiche Schrifttum über fossile Riffbildungen erkennen. Nur in den seltensten Fällen konnten da Riffe festgestellt werden, die in ihren äußeren Formen mit den heutigen Atollriffen übereinstimmen. So schreibt z. B. auch W. SALOMON (1908, S. 410) von den triadischen Riffen des Adamello-Gebietes: „Die geologische Untersuchung ergab also keine Veranlassung, steilwandig in dem alten

Triasmeer emporwachsende Riffberge anzunehmen, wie sie die DARWIN'sche Hypothese für so viele der Korallenriffe der Südsee voraussetzt.“ Die vor einigen Jahren veröffentlichten Untersuchungen von W. VORTISCH über oberrhätische Riffe der Ostalpen haben diese SALOMON'schen Feststellungen vollauf bestätigt.

Auch DEECKE's Ausführungen „Über fossile Riffbildungen“ (1919) zeigen, daß er den Begriff „Riff“ nicht so eng faßt wie anscheinend KRUMBECK und ROLL. Würde man dies nämlich allgemein tun, so dürfte man die vielen, aus den verschiedensten Formationen bekannt gewordenen Riffbildungen von Spongien, Hydrozoen, Korallen, Bryozoen usw. nicht mehr als Riffe bezeichnen. Wendeten doch auch Forscher wie J. WALTHER, ABEL, GRABAU u. a., die rezente Riffe aus allen Gegenden der Erde kennen, den Begriff „Riff“ allgemein an und hatten nicht die geringsten Bedenken, ihn auch für die bisher als fossile „Riffe“ bezeichneten Ablagerungen bestehen zu lassen.

Es ist daher auch vollauf berechtigt, wenn z. B. DACQUÉ in verschiedenen seiner Arbeiten von Hydrozoen-, Spongien-, Korallen-, Bryozoen-, Kalkalgen- und Muschelriffen spricht und darunter klotzige, kuppenförmige bis ausgedehnt kuchenförmige, organogen gebaute Kalkmassen versteht, die stratigraphisch als „Klotz, Dom oder als richtige Faziesbildung auf größere Erstreckung auftreten“. Naturgemäß darf man, worauf schon J. WALTHER (1894, S. 908) hingewiesen hat, wiederum nicht so weit gehen, daß man jede Anreicherung kalkabscheidender Organismen für ein Riff erklärt. Fossile Riffe kennzeichnen sich vielmehr nach ihm dadurch, daß sie „auf dem geologischen Profil eine Kalklinse zwischen anderen Sedimenten bilden, stockartiges Aussehen, örtliche Verbreitung und scharfen heteropischen Faziesverband besitzen“.

Der Grad der Riffböschung kann natürlich, wie aus den folgenden Ausführungen zu ersehen ist, und wie besonders die Beschreibungen von J. WALTHER über die Korallenriffe des Roten Meeres und die Atolle der Südsee (1894, S. 902 ff.) gezeigt haben, sehr verschieden sein. So haben z. B. die von ihm erwähnten Atolle der Südsee bis zu 300 m nur einen durchschnittlichen Böschungswinkel von 17° . Für jurassische Schwammbildungen sind daher, um sie als „Riffe“ bezeichnen zu können, in keiner Weise steile Außenböschungen erforderlich.

Man kann zusammenfassend sagen, daß die Form eines Riffes in der Hauptsache von seiner Lage und Art (ob Saum-, Flachsee-, Barriere- riff oder Atoll) abhängt, sowie von der Natur der riffbauenden jeweiligen Organismen. Letzteres sieht man besonders deutlich bei einem Vergleich zwischen Korallen- und Muschelriffen. Während jene überwiegend starkes Höhenwachstum und geringe Flächenausdehnung zeigen, ist es bei diesen gerade umgekehrt der Fall.

All' die bisherigen Ausführungen lassen ersehen, daß man vollauf berechtigt ist, auch bei den Schwammbildungen des süddeutschen Unteren

Malm allgemein von Riffen zu sprechen, ganz gleich, ob man an die „eigentlichen Riffe“ bezw. „Stotzen“ oder an die „Schwammbänke“ im Sinne E. FISCHER's denkt. Mit Ausnahme von KRUMBECK und ROLL haben auch alle Forscher, die sich bisher in Schrift und Wort mehr oder minder ausführlich mit den fränkisch-schwäbischen Schwammbildungen befaßt haben (darunter GÜMBEL, v. AMMON, DACQUÉ, J. WALTHER, DEECKE, HENNIG, ANDRÉE, E. FRAAS, M. SCHMIDT), nicht gezögert, sie als Riffe zu bezeichnen, trotzdem doch viele dieser Autoren auch rezente Riffe zur Genüge kennen.

Der Begriff „Übergußschichtung“ spielt im Schrifttum über rezente, noch mehr über fossile Riffe eine große Rolle. Unter dieser, von MOJSISOVICs eingeführten Bezeichnung versteht man eine vom Rifftrand schief abwärts führende Schichtung. Sie findet sich in den Schuttkegeln, welche die Riffe mantelförmig umgeben. Der Neigungsgrad der einzelnen Bänke dieser Schrägschichtung, die in ihrer Mächtigkeit überaus unregelmäßig sind, ist sehr schwankend und hängt von der Größe des vertikalen Wachstums des Riffes ab, sowie von der Masse des Schuttmaterials.

Beim Studium des einschlägigen Schrifttums bemerkt man, daß von zahlreichen Verfassern die Übergußschichtung auch anders gekennzeichnet wird. So ist sie, um nur einige Beispiele zu erwähnen, nach J. WALTHER (1894, S. 631) „eine Unterart der auskeilenden Schichtung und beruht in schuppenförmig übereinander greifenden auskeilenden Schichten, wie sie besonders schön an den Gehängen von Korallenriffen als Kalkzungen ausgebildet sind, die in die umgebenden klastischen Sedimente hinabtauchen“. Das Hauptgewicht legt also WALTHER wohl auch auf die Schrägschichtung, allein die Gesteinsmassen, in denen sie vorhanden ist, bestehen nach seiner Ansicht nicht aus Schuttmassen, sondern sind schräg nach außen, abwärts gerichtete Abzweigungen des Riffes selbst.

Wieder andere Forscher wie z. B. SCHAFFER (S. 384) bezeichnen das auf den Riffböschungen abgelagerte klastische Material schlechthin als Übergußschicht, legen also kein Hauptgewicht auf die Schrägschichtung selbst.

Meistenteils findet man im Schrifttum, daß die kegelförmigen Riffschuttmassen und die in diesen häufig zu beobachtende Schrägschichtung zu einem einzigen geologischen Begriff zusammengefaßt werden. Dieses ist, wenn man an der ursprünglichen Fassung des Begriffes „Übergußschichtung“ durch MOJSISOVICs festhält, aber sicher zu weitgehend. Man muß vielmehr, wie auch schon ROLL andeutete, scharf trennen zwischen den die Riffe mantelförmig umgebenden Schuttkegeln einerseits und der diesen Schuttkegeln häufig eigenen Schrägschichtung, der sog. Übergußschichtung, anderseits. Erstere, vielleicht am besten als „Übergußmasse“ zu bezeichnen, stellen eine besondere, in fossilem

Zustand breschig-konglomeratische, ruppige Fazies dar, letztere hingegen ist ein textureller Begriff.

Das Schrifttum über rezente und fossile Riffe zeigt, daß nicht in jeder Übergußmasse auch Schrägschichtung vorhanden ist. Verwunderlich ist dies nicht, wenn man die Entstehung der Übergußschichtung berücksichtigt; denn diese bildet sich nach DACQUÉ (1925, S. 51) dadurch, daß das Schuttmaterial „durch seine natürliche Schwere rings um die Ränder der Riffe abrutscht, wie ein Schuttkegel an jedem Gebirgshang und dann sich mit Schrägschichtung absetzt“. Wenn auch dergleichen untermeerische Rutschungen sicher sehr häufig vorkommen und fossil beobachtet worden sind, so ist es doch nicht immer notwendig, daß sie unbedingt überall erfolgen und daß die Rutschungsflächen stets erhalten bleiben müssen. Denn alles dies hängt ab von der petrographischen wie physikalischen Beschaffenheit des Riffschuttes und des zwischen ihm sich absetzenden Bindemittels; weiterhin von der des Meeresbodens und dessen Morphologie, von der Form des Riffes und der dieses begrenzenden Schuttmasse, von dem Böschungswinkel des Riffes u. a. mehr. Wird die Schuttmasse durch andere, jüngere gewöhnliche Sedimente rasch eingedeckt, so sind natürlich Rutschungen auch nicht möglich. Auf jeden Fall sieht man, daß alle möglichen Umstände die Bildung von Schrägschichtung in den Übergußmassen verhindern können und daß sie ein nicht unbedingtes Merkmal derselben sein muß.

Fast stets aber werden sich an den Außenrändern der Riffe Übergußmassen ablagern. Sie bestehen aus Gesteinsmaterial, das durch mechanische (Wellen, Brandung) oder organische (Algen usw.) Wirkung von den Riffen abbröckelte und anschließend am Fuße der Riffe durch die Tätigkeit der Wellen zerkleinert und an den Ecken und Kanten zum Teil abgerollt wurde. Dadurch, daß weiterhin die Poren und Lücken der Schuttmassen mit Kalkschlamm erfüllt wurden, Bindemittel und Einschluß chemisch-petrographisch die gleiche Beschaffenheit aufweisen, ist es nicht weiter verwunderlich, daß bei der Diagenese die Struktur häufig vollkommen verwischt wurde. Es bereitet daher nicht selten größte Schwierigkeiten, die Übergußmassen von den Normalkalken zu unterscheiden.

B. Besondere Untersuchungen.

Meine folgenden Ausführungen sollen sich mit den Schwamm-bildungen des Malm der Frankenalb befassen. Sie stützen sich auf Beobachtungen und Untersuchungen, welche ich im Laufe der letzten sechs Jahre in den verschiedensten Teilen des Gebietes gemacht habe. Vor allem wäre hier aus der nördlichen Frankenalb zu nennen: die Gegend von Weismain, Würgau, Streitberg, Leutenbach, Vorra und Rupprechtstegen, aus der südlichen Alb diejenige von Eichstätt und Dollnstein. Aus bestimmten Gründen beschränke ich meine Ausführungen

zunächst auf die Schwammbildungen des Unteren Malm und werde nur ausnahmsweise auch solche jüngerer Malm-Glieder behandeln.

I. Die Schwammbänke des Malm-Alpha.

Die ersten größeren, riffbildenden Schwammablagerungen der Frankenalb findet man in den mittleren und oberen Teilen der Unteren Mergelkalke (Zone des *Aspidoceras hypselum* und *Peltoceras uhligi*). Es sind, wie die Aufschlüsse im Schauer-Tal bei Streitberg, an der Würgauer Steige, bei Leutenbach u. a. O. so gut erkennen lassen, einzelne, ringsum von Mergeln und Mergelschiefern umgebene Schwammbänke. Durchweg haben sie linsenförmige Gestalt. Ihre Länge beträgt gewöhnlich 4—8 m, ihre höchste Höhe meist 0,5—1 m. Gegen das Hangende zu nimmt die Mächtigkeit der Schwammbänke immer mehr zu, während umgekehrt die Mergelanteile stark zurücktreten und vom Beta an zumeist vollkommen verschwunden sind.

Durchweg haben die Schwammbänke des untersten Malm also verhältnismäßig große Flächenausdehnung und geringes Höhenwachstum. Nach dem Vorschlage von BRAUCH, der ähnlich beschaffene Bryozoenbänke aus dem Zechsteingebiet Thüringens beschrieben hat, kann man wohl auch die Schwammbildungen des Malm-Alpha Frankens am besten als „schichtige Riffe“ bezeichnen. Während ihrer Bildungszeiten haben wohl Hebungen und Senkungen eine große Rolle gespielt.

Meistenteils haben unsere fränkischen schichtigen Alpha-Schwammriffe annähernd schwebende Lagerung. Häufig jedoch bilden sie auch, besonders im oberen Alpha, sattelförmige Aufwölbungen. Dadurch reichen sie stratigraphisch oft mehrere Meter ins Beta hinein. Diese Aufwölbungen sind dadurch hervorgerufen, daß mehrere Schwammbänke, durch Mergelzwischenlagen getrennt, übereinander liegen und daß bei diesen gegen die Mitte zu das Wachstum jeweils am stärksten war. Dadurch finden wir natürlich auch da die größten Mächtigkeiten. Der Böschungswinkel solcher schichtigen Riffe beträgt in Franken gewöhnlich 10—20°, kann aber ausnahmsweise auch höher (bis zu 35°) sein. Die Aufschlüsse der Umgebung von Streitberg (siehe Fig. 1 u. 2) zeigen in ihren unteren Teilen häufig solche Aufwölbungen. Sie treten an den natürlichen Aufschlüssen besonders gut dadurch hervor, daß die meisten der Schwammbänke jeweils durch Mergelzwischenlagen getrennt sind. Da diese leichter verwittern als die Schwammkalke, bilden sie zumeist Hohlkehlen, wodurch ihr sattelartiger Verlauf schon von weitem erkennbar ist.

Trotz des Vorherrschens der Spongien sind auch die schichtigen Alpha-Schwammriffe selbst überaus mergelreich. Nicht nur die Zentralhöhle und die Hohlräume zwischen den einzelnen Spongien sind mit Mergelmassen erfüllt, sondern es kommen in den Schwammbänken häufig auch kleinere und größere, linsenförmige, aber höchst unregel-

mäßig verlaufende Mergelzwischenlagen vor. Letztere bestehen nicht aus reinen Mergeltonen, sondern auch aus Unmassen von eckig-kantigen wie gerundeten, zumeist kleinsten Mergelkalktrümmern.

Die Fauna der Alpha-Schwammbänke. Der größte Teil der Schwämme, mindestens 95 v. H. derselben, besteht aus Silicispongien und unter diesen vorwiegend aus Hexactinelliden. Die gewöhnlichsten Formen sind: *Tremadictyon reticulatum* GOLDF., *Craticularia parallela* GOLDF., *Sporadopyle obliqua* GOLDF., *Verrucocoelia verrucosa* GOLDF., *Pachyteichisma quenstedti* ZITT., *Cypellia rugosa* GOLDF., und *Porospongia acetabulum* GOLDF. Kalkschwämme sind hingegen überaus selten, finden sich aber immer noch verhältnismäßig häufiger als in den großen Riffbauten des Beta. Als Gesteinsbildner kommen die Kalkschwämme kaum in Frage. Von ihnen finden sich am häufigsten *Protosycon punctatum* GOLDF. und *Myrmecium rotula* GOLDF.

Die sonstige Fauna der Alpha-Schwammbänke Frankens ist überaus reich, sowohl an Arten wie an Einzelformen, ganz gleich, um welche Tierstämme es sich handelt. Fast durchweg ist sie aber im Gegensatz zu der normalen Bankfazies auffallend kleinwüchsig, ausgenommen vielleicht die Foraminiferen. In der Hauptsache wird wohl diese Zwerghaftigkeit der Tierwelt innerhalb der Schwammriffe nicht nur des Alpha, sondern auch der jüngeren Malm-Anteile auf Raummangel zurückzuführen sein.

Von Foraminiferen sind bis jetzt in fränkischen Alpha-Schwammbänken 97 Arten festgestellt. Die häufigsten Formen sind *Tolypammina vagans* BRADY, *Ammodiscus tenuissimus* GÜMB., *Spirillina polygyrata* GÜMB., *Ophthalmidium birmensdorfense* KÜBL. & ZWINGLI, *Nodosaria communis* D'ORB., *Cristellaria plana* REUSS, *Cristellaria rotulata* LAM., *Cristellaria quenstedti* GÜMB., *Haplophragmium irregularis* GÜMB.

Sehr verbreitet sind auch Stielglieder und Kelche von Crinoiden. Während aber im Lias und Dogger die Gattung *Pentacrinus* vorherrscht, finden sich von ihr in den fränkischen Alpha-Schwammbänken nur vereinzelte Reste, statt dessen aber in großer Menge solche von *Eugeniocrinus nutans* GOLDF., *Eugeniocrinus caryophyllatus* GOLDF., *Eugeniocrinus hoferi* MÜNST. und, wenn auch etwas seltener, von *Tetracrinus moniliformis* MÜNST.

Nicht selten findet man Platten von Seesternen (*Sphaerites tabulatus* QU., *Sphaerites punctatus* GOLDF., *Pentaceros primaevus* ZITT.), in großer Menge aber Reste regulärer Seeigel in Gestalt von Schalenstücken, Stacheln, Täfelchen, Kinnladen. Die verbreitetste Form ist *Cidaris coronata* SCHL. Daneben beobachtet man häufig *Cidaris propinqua* MÜNST., *Cidaris cucumis* QU., *Cidaris suevica* DESOR. und in zahlreichen, vollständig erhaltenen Stücken die zierliche *Magnosia decorata* AG. Von irregulären Formen kommt nur der kleinwüchsige *Dysaster granulosus* MÜNST. in nennenswerter Zahl vor.

Im Gegensatz zu den Seeigeln sind Würmer in den Alpha-Schwamm-bänken nur verhältnismäßig selten (meist *Serpula planiformis* GOLDF., *Serpula deshayesi* MÜNST.) festzustellen. Anders ist es mit den Bryozoen. Von diesen sind am verbreitetsten die Cerioporen (hauptsächlich *Ceriodora radiciiformis* GOLDF.). Andere Arten haben diesen gegenüber fast keinerlei Bedeutung.

Neben den Cidariten kennzeichnen wohl die Brachiopoden am meisten die Riff-Fauna der Oxford-Schwammbildungen Frankens. In den Alpha-Schwamm-bänken sind sie in der Hauptsache kleinwüchsig, wenn auch große Formen (besonders bei den Rhynchonellen) vorkommen. Verhältnismäßig auffallend groß ist bei allen Brachiopodenarten der Riff-Fauna das Schnabelloch.

An Zahl überwiegen die Terebrateln bedeutend die Rhynchonellen. Die häufigsten Vertreter unter den Terebrateln sind *T. substriata* SCHL., *T. gutta* QU., *T. bisuffarcinata* SCHL., und *T. knorri* OPPEL. Von den stets kleinwüchsigen, aber großschnabeligen Terebratelliden wären zu nennen: *Megerlea loricata* SCHL., *Meg. pectunculus* SCHL. und *Meg. orbis* QU., von den Rhynchonellen *Rhynch. lacunosa* SCHL., *Rhynch. triloboides* QU. und *Rhynch. spinulosa* OPPEL.

Auffallend gering an Zahl sind die in den Schwammablagerungen vorgefundenen, durchweg kleinwüchsigen Muscheln (Ostreen, Alectryonien, Pectiniden und überaus selten Aucellen). Sie beeinflussen daher auch in keiner Weise das Faunenbild der fränkischen Schwammriffe. Ähnlich ist es mit den gleichfalls nur in kleinen Formen vorkommenden Gastropoden, unter denen Pleurotomarien verhältnismäßig am häufigsten sind.

Die Ammoniten hingegen sind neben den Brachiopoden und Cidariten wohl die häufigsten Vertreter der fränkischen Schwammriff-Fauna des Unteren Malm. Am meisten finden sich Perisphincten (*P. convolutus* SCHL., *P. microbiplex* QU.), Haploceraten: (*H. lingulatum* QU.), Neumayriceraten: (*N. flexuosum* v. BUCH, *N. callicerum* OPPEL, *N. lochense* OPPEL, *N. pichleri* OPPEL) und Cardioceraten: (*C. alternans* v. BUCH, *C. ovale* QU.). Seltener sind Aspidoceraten: (*Asp. hypselum* OPPEL), Peltoceraten: (*P. uhligi* OPPENH.) und Ochetoceraten: (*O. hispidum* OPPEL, *O. canaliculatum* v. BUCH). Durchweg bilden alle Ammoniten, wie auch die häufig zu findenden Belemniten (*B. unicanaliculatus* ZIET.), mit nur ganz geringen Ausnahmen, eine Zwergfauna.

Reste anderer als die der eben geschilderten Tierstämme finden sich nur sehr selten (Decapoden, Haifischzähne).

Zusammenfassend kann man also sagen, daß die in ungeheurer Individuenanzahl vorkommenden Riffbewohner der fränkischen Alpha-Schwammablagerungen fast durchweg kleinwüchsig sind und vorwiegend durch Cidariten, Brachiopoden und Ammoniten gekennzeichnet werden.

II. Die Beta-Schwammriffe.

An zahlreichen Stellen der Frankenalb sind den Schwammbänken des Malm-Alpha steil aufragende, mächtige, massige Schwammriffe aufgesetzt. Das für die meisten Alpha-Schwammbänke so bezeichnende tonige Aussehen ist hier ziemlich verschwunden. Die Schwammriffe treten uns heute als seltsame Felsmassive entgegen. Stratigraphisch durchsetzen sie die Werkkalke (Malm-Beta) und reichen häufig bis in den Malm-Gamma.

An den schon mehrmals genannten Riffen des Müllers-Bergs bei Streitberg sieht man, daß dort, abgesehen von den schichtigen Riffen in der unteren Hälfte des Aufschlusses, die „eentlichen Riffe“ im Sinne E. FISCHER's, überhaupt keine Schichtung und Bankung aufweisen, sondern eine völlig massige Bildung darstellen. Ähnlich ist es auch mit den Riffen von Vorra, Rupprechtstegen und anderen Orten. Auch dort hören die meisten Fugen der die Riffe ringsum umgebenden Normalkalkbänke an den Riffböschungen scharf auf und reichen nicht in die Riffmasse hinein (vgl. Fig. 5). Nur ganz vereinzelt, durch kleine Mergellagen gekennzeichnete Schichtfugen konnte ich beobachten, welche in zwar unregelmäßigem, aber sattelförmigem Verlauf durch einzelne der Riffe zogen. An ihnen konnte man auf diese Weise sehr gut die verschiedenen Wachstumsstufen der betreffenden Riffe studieren, sowie den Betrag des Vorauswachsens der zoogenen Fazies gegenüber der gewöhnlichen, bankigen messen. Der Abstand vom Scheitel einer solchen, ein Riff durchsetzenden Fuge bis zu dem der „Mulden“-Linie derselben Fuge in den benachbarten Normalkalken beträgt in Vorra höchstens rd. 10 m. Am Müllers-Berg bei Streitberg war das Vorauswachsen der schichtigen Riffe gegenüber den benachbarten gewöhnlichen Bankkalken im Höchstfall 9 m.

Aus oberrhätischen Ablagerungen des ostalpinen Gebietes hat W. VORTISCH vor einiger Zeit ähnliche Verhältnisse geschildert. Auch bei den dortigen Riffen gehen manche Fugen vom Nebengestein streckenweise in die Riffmasse hinein. Einzelne durchsetzen sie in sattelförmigem Verlauf auch vollkommen. Diese oberrhätischen Riffe der Ostalpen gleichen im übrigen in Größe und fast allen geologischen Erscheinungen unseren fränkischen Beta-Schwammriffen vollkommen.

Die ROLL'sche Annahme, daß es im Unteren Malm überhaupt keine einheitlichen, ohne Unterbrechung gewachsenen großen Schwammriffe gebe und die Massenbildungen nur entstanden seien aus vielen Schwammbänken mit konzentrisch-schaligem Wachstum, trifft für Franken, wie obige Ausführungen schon andeuteten, größtenteils nicht zu. Für manche Vorkommen dürfte diese Ansicht wohl sicher berechtigt sein, wenn ich z. B. an die Felspartien gleich W. von Streitberg denke. Diese zeigen deutlich, daß sie aus konzentrisch-schaligen, wenn auch unregelmäßig ausge-

bildeten Schwammbänken aufgebaut sind. An der Oberfläche hohlkehlenartig ausgewitterte Mergellagen trennen die einzelnen bis zu 20 m mächtig werdenden und in sich völlig massigen Schwammbänke. Auch auf diese Schwammbildungen ist der BRAUCH'sche Ausdruck „schichtiges Riff“ sehr zutreffend. Wenn auch Fig. 2 zeigt, daß diese „schichtigen“ Riffe von Streitberg große Massenbildungen darstellen, so dürften sie doch in wagrechter Beziehung im Sinne ROLL's durch Zusammenwachstum mehrerer kleinerer Riffe entstanden sein. Im Bereiche der Malm-Beta-Stufe Frankens sind freilich diese schichtigen Schwammriffe recht selten, während sie im Mittleren Malm verbreitet sind.

Was die Fauna der Beta-Schwammriffe Frankens betrifft, so bilden die Spongien das überwiegende Faunenelement: durchweg finden sich dieselben Gattungen und Arten wie im Alpha (siehe S. 20). Es sind also meist Hexactinelliden, seltener Lithistiden. Kalkschwämme treten anscheinend in noch geringerer Zahl auf wie im untersten Malm. Mit ihrer Oberseite sind die Spongien zum größten Teil entweder gegen die Außenseite der Riffe zu gerichtet oder nach oben, d. h. dem früheren Meeresspiegel zu. Zuweilen beobachtete ich aber an überhängenden Stellen, so an Decken von Riffhöhlen, Schwämme, die nach abwärts gerichtet waren. Sicher ist diese Lage ursprünglich und dadurch bedingt, daß in dieser Stellung für die Schwämme die besten Lebensbedingungen herrschten. Anscheinend waren diese für die Schwämme in den Riffen sehr günstig, da die sich dort findenden Schwämme durchweg sehr großwüchsig sind. So beobachtete ich unter anderem einen trichterförmigen *Tremadictyon*, dessen Durchmesser bei einer Höhe von 15 cm nahezu 30 cm betrug und bei Streitberg eine zylindrische *Craticularia*, die eine Höhe von 41 cm und einen Durchmesser von 9 cm aufwies.

Nicht selten findet man in der Frankenalb, daß diese Schwämme nachträglich verkieselt sind. Wo daher, wie am Eberhards-Berg bei Gräfenberg oder am Dietesbühl bei Vorra, die Schwammkalke in Dolomit umgewandelt sind, läßt sich an den meist tellerförmigen Querschnitten der verkieselten Spongien immer noch die Schwammriffnatur der Ablagerungen feststellen. Bei den dolomitisierten oberen Teilen der Riffe des Müllers-Berges ist dies aber nicht zu erkennen, trotzdem in der unteren kalkigen Hälfte der Felsen die Schwämme so deutlich erkennbar sind. Ähnlich ist es auch bei Vorra. In den Kalken der dortigen Schwammriffe treten die Schwammquerschnitte scharf hervor. In dem durch den Steinbruchbetrieb angeschnittenen Innern mancher Riffe aber war das Gestein dolomitisiert und durch die Dolomitisierung die organische Struktur vollkommen verwischt. Trotz der infolge der Steilheit der Bruchwände ungünstigen Aufschlußverhältnisse konnte ich feststellen, daß die Dolomitisierung vom Innern der Riffe ausgegangen ist und gegen deren Ränder zu sich vollkommen verliert. Es beschränkt sich also die in chemischer Hinsicht nicht starke dolomitische Ausbildungs-

weise fast nur auf den Kern der Riffe. Die dort bei Vorra über diesen Riffen lagernden Gamma-Schichten sind in vollkommen normaler, kalkiger Bankfazies ausgebildet. Wir haben also fossil hier ähnliche Verhältnisse wie sie durch Bohrungen auf rezenten Korallenriffen festgestellt worden sind, nämlich, daß gegen das Innere der Riffe zu die kalkige Fazies in dolomitische übergeht.

Auffallend arm an Arten wie an Individuen sind im Gegensatz zu den Schwammbänken des Malm-Alpha die anderen Bewohner der Beta-Riffe, trotzdem stellenweise in letzteren die organische Struktur bis in die feinsten Einzelheiten erhalten ist. Verhältnismäßig am häufigsten finden sich noch Terebrateln (*T. bisuffarcinata* SCHL., *T. substriata* SCHL.). Diese Brachiopoden sind gegenüber denen der Alpha-Schwammbänke auffallend großwüchsig. Gleiches ist auch bei den Seeiegeln der Fall, von denen zumeist *Cidaris coronata* SCHL. vorkommt. Nicht selten findet man Reste von ihnen. Vielfach treten die Seeigel im Gestein gesellig auf, so daß sie einmal an einer Stelle eines Riffrandes fast 50 v. H. der Gesteinsmasse ausmachten und in einem dort herausgeschlagenen Handstück sieben Seeigel (*Dysaster carinatus* LESKE) enthalten waren.

Reste von Seelilien, Seesternen wie auch Korallen konnte ich nirgends feststellen. Häufig dagegen beobachtet man auf der Außenseite der Schwämme, sowie zwischen denselben, Serpeln. Fast durchweg sind es *Serp. planiformis* GOLDF. und *Serp. cingulata* MÜNST. Von Bryozoen entdeckte ich nur ab und zu nahe der Außenseite der Riffe oder an den Wandungen ehemaliger Riffhöhlen, in den Hohlräumen zwischen den Schwämmen, stark verzweigte, bäumchenartige Gebilde von *Ceripora compacta* QU. Als einzige unter den Muscheln ist die zierliche *Ostrea striata* MÜNST. zu nennen, die ich nicht allzu selten, wenn auch nur in kleinen Formen, beobachten konnte, und die gewöhnlich Schwämmen aufgewachsen war. Gastropoden sind in den „eigentlichen Schwammriffen“ anscheinend überaus selten.

Ammoniten fand ich häufiger, wenn auch vereinzelt. Durchweg waren sie, ähnlich wie im verschwammten Alpha überaus kleinwüchsig. Es konnte fast nur *Haploceras lingulatum* QU., *Oppelia lochense* OPP., *Perisphinctes microbiplex* QU., *Perisphinctes bifurcatus* v. BUCH festgestellt werden. Verhältnismäßig häufig beobachtete ich innerhalb der Beta-Schwammriffe Belemnitenreste (*B. hastatus* BLAINV.) und zwar durchwegs an Stellen, wo die Schwammstruktur des Gesteines nicht zu erkennen war, obwohl sonst ringsum die organische Natur des Gesteins deutlich hervortrat.

Man geht wohl nicht allzu fehl, wenn man solche Stellen als frühere Riffklüften, also Höhlen kleinsten Ausmaßes, betrachtet, die noch während der Malm-Beta-Zeit mit Kalkschlamm ausgefüllt worden sind. Da das daraus entstandene Gestein leichter verwittert und sich auflöst als die eigentlichen Schwammkalke, war es, durch glückliche Umstände bedingt,

möglich, daß solche „Riffhöhlen“ auf's Neue entstehen konnten. So beobachtete ich in den Aufschlüssen von Vorra und an anderen Stellen zuweilen kleine, unregelmäßige Höhlen, deren Wandungen vollkommen aus Schwämmen bestanden. Die Zentralhöhlen dieser Schwämme waren alle gegen das Innere der Höhlen zu gerichtet. An den Außenseiten der Schwämme aufgewachsen sieht man dort an den Höhlenwandungen verhältnismäßig zahlreiche Brachiopoden, Cidariten und Ammoniten (vgl. Fig. 7 u. 8). Die ersteren beiden finden sich in großen, die Ammoniten aber in kleinen Stücken. In dem braunen Verwitterungslehm, welcher die Böden dieser Miniaturhöhlen einnimmt, fand ich nicht selten Belemnitenreste. Beim Betrachten solcher Riffhöhlen, deren Breite kaum mehr denn 1 m, die Höhe bis zu 0,40 m und Tiefe bis zu 0,80 m beträgt, mußte ich stets an die lebendigen Schilderungen durch J. WALTHER denken, der ähnliche Bilder von rezenten Korallenriffen beschreibt, wie ich sie in diesen fossilen Schwammriffen beobachten konnte. Daß solche Riff-lücken ehemals in den fränkischen Beta-Schwammriffen in größerer Menge vorhanden waren, dafür spricht so manche Beobachtung. Ich bemerkte bei meinen Untersuchungen öfters, z. B. auch bei Vorra, unregelmäßig linsenförmige Gebilde, die in Beschaffenheit und Struktur von den sonstigen Schwammkalken verschieden waren und an ihrer Umrandung zahlreiche Brachiopoden enthielten. Durchweg waren diese mit ihrem Stiel wie lebende Brachiopoden an den Außenseiten dieser Linsen angeheftet. Es ist dies eine Beobachtung wie sie ähnlich schon K. LEUCHS in der nordalpinen Trias machen konnte.

Sehr lehrreichen Einblick in die innere Zusammensetzung der Beta-Schwammriffe erhielt ich an einigen, nicht leicht zugänglichen Stellen der Steinbrüche von Vorra. Dort durchziehen verschiedene tektonische Klüfte die Riffe. Längs den Kluftwänden, insbesondere an den Kreuzungspunkten mehrerer Spalten ist stellenweise durch das CO₂-haltige Sickerwasser das anscheinend leichter lösliche anorganische kalkige Bindemittel zwischen den Organismen, insbesondere den Spongien, zu meist aufgelöst. Dadurch erhält man, wie sonst selten, Aufschluß über die ursprüngliche Zusammensetzung jurassischer Schwammriffe (vgl. Fig. 6 u. 8). Schätzungsweise zu etwa 60 v. H. setzen sich diese aus ursprünglichen Organismen, fast durchweg Spongien, zusammen. Die oben erwähnten Riffbewohner dürften hier in den „eigentlichen Riffen“ und Stotzen wohl kaum 0,5 v. H. der rein organogenen Riffmasse ausmachen, während ich den Betrag bei den Schwammbänken des Alpha je nachdem zwischen 5 und 20 v. H. schätze. Unter den Schwämmen überwiegen flachtrichter- sowie schüssel- und tellerartige Formen bei weitem. Immer wieder mußte ich bei längerem Studium dieser vielleicht einzigartigen Aufschlußverhältnisse an die Lichtbilder rezenter Korallenriffe denken, die kaum ein anderes Bild zeigen.

Das zwischen den Schwämmen befindliche kalkige Gestein ist sicher

mit dem durch J. WALTHER so bekannt gewordenen Riffsand rezenter Riffe zu vergleichen. An Stelle der Korallen waren eben die Schwämme die Sandfänger, wofür sie infolge ihrer oben angedeuteten meist teller- wie auch zylindrischen Formen sicher sehr geeignet waren. An Anwitterungsstellen von Kluftwänden innerhalb der Schwammriffe konnte ich häufig feststellen, daß diese Ausfüllungsmasse zwischen den Schwämmen nicht dichter, homogener, sondern feinkörniger, grusiger Kalk war, dessen Körnchen aber nicht größer sind als im höchsten Fall 0,3 mm. Die ursprünglich organogene Natur dieser Körnchen war zuweilen noch im mikroskopischen Bilde erkennbar. Nach der Beschaffenheit und Lagerungsform dürfen wir wohl nicht zweifeln, daß es sich um fossilen Riffsand handelt. Bereits oben wies ich darauf hin, daß er leichter verwittert als die ihn umgebenden Schwämme. Er dürfte etwa 40 v. H. der Riffmasse ausmachen.

Die Feststellung der äußeren Abgrenzung der fränkischen Beta-Schwammriffe, also der Riffböschung, erfordert infolge der gleichen chemisch-petrographischen Beschaffenheit der Riffe und des umgebenden Gesteins, sowie infolge der gerade an diesen Stellen häufig ungünstigen oder auch schwer zugänglichen Aufschlüsse zumeist eingehendere Untersuchung. Doch ist es dann fast stets möglich, die Riffaußenseite und den Betrag ihres Abfalls genau zu bestimmen. Dabei ist man überrascht, daß bei den fränkischen „eigentlichen Schwammriffen“ wie bei den Schwammstotzen im Sinne E. FISCHER's die Riffböschungen fast durchweg überaus steil sind. So konnte ich in einem der Vorraer Steinbrüche einen gegen die umgebende Bankfazies scharf sich abgrenzenden Schwammstotzen feststellen, dessen Riffböschung in den oberen zwei Metern 76° betrug, in den unteren fünf Metern durchschnittlich 35° . An anderen Riffen war die Böschung, wenn auch im Kleinen unregelmäßig und zackig, nahezu senkrecht. Mehrmals konnte ich in den für diese Untersuchungen mit am günstigsten aufgeschlossenen Vorraer Brüchen feststellen, daß Riffe stellenweise in ziemlich beträchtlichem Maße überhängend über den benachbarten Bankkalken lagerten. (Vgl. Fig. 3). Man hat also hier in Franken nicht nur die gewöhnliche „defensive Faziesböschung“ im Sinne SALOMON-CALVI's (1908, S. 420), sondern auch dessen „aggressive“. An schichtigen Riffen ist die Riffböschung durchweg flacher als an Stotzen und „eigentlichen Riffen“. Sie überschreitet dort wohl kaum 45° und liegt zumeist zwischen 15° und 30° . Wie schon angedeutet, ist der genauere Verlauf der Riffaußenseiten überaus unregelmäßig und zackig (vgl. Fig. 5) und vielfach terrassenartig unterbrochen. Leider erlauben die Aufschlußverhältnisse keine Parallelisierung dieser einzelnen Unterbrechungen der Faziesböschungen zueinander.

Bei allen meinen Untersuchungen in Franken konnte ich immer wieder feststellen, daß die großen, massigen, eigentlichen Riffe (im

Sinne E. FISCHER's) nie auf Alpha-Mergeln und Mergelkalken der Normalfazies aufsitzen, sondern immer auf Schwammbänken. Diese bilden also stets den Untergrund für die eigentlichen Riffbauten. An einigen Stellen, so bei Vorra, Streitberg (Schauer-Tal) konnte ich auch beobachten, daß die Alpha-Schwammbänke und die darunter lagernden Mergelkalkbänke der Normalfazies unter die Riffe einfielen, ähnlich wie es auch GRABAU an manchen silurischen Korallenriffen Nordamerikas feststellen konnte. Stets waren es Stellen, wo die Schwammbänke in ihrer Gesamtheit nur verhältnismäßig gering mächtig waren. Sicher haben in diesen Fällen die Schwammbänke das Gewicht der wachsenden „eigentlichen Riffe“ nicht zu tragen vermocht, so daß diese in den Meeresboden einsinken mußten. Meistenteils aber waren in Franken zu Beginn der Malm-Beta-Zeit anscheinend die Bänke des Malm-Alpha doch schon so verfestigt, und in so großer Mächtigkeit vorhanden, daß sie das Gewicht der auf ihnen bis zu 30 m, ausnahmsweise sogar bis zu 40 m wachsenden Riffe zu tragen vermochten.

Fast durchweg sind die fränkischen Stotzen und „eigentlichen Riffe“ von einer mantelförmig angeordneten Schuttmasse, der Übergußmasse, umgeben. Am Fuße der Riffe hat diese ihre größte wagrechte Ausdehnung und nimmt nach oben zu kegelförmig ab. Ihre äußere Abdachung ist ganz verschieden. Bei steil aufragenden Riffen mit großem Höhenwachstum ist sie verhältnismäßig steil, bei niederen, besonders schichtigen Riffen aber flach. Nie konnte ich beobachten, daß die Böschung der Übergußmassen steiler als 33° war. Dies stimmt auch sehr gut mit rezenten Verhältnissen überein; denn E. KAYSER berichtet in seinem Lehrbuch (Band I, S. 404), daß das Höchstmaß eines Schuttkegels bei Wasserbedeckung 30° betrage.

Im einzelnen ist der Abfall der Übergußmassen, wie ich immer wieder beobachten konnte, höchst unregelmäßig und zuweilen etwa so zickzackförmig wie das Profil der Kronen von Fichten. Dadurch haben diese Übergußmassen im Profil Ähnlichkeit mit den von v. FREYBERG so bekannt gewordenen Vorriffen thüringischer Bryozoen-Riffe, genetisch strukturell bis zu einem gewissen Grade aber mit dessen Angußriffen. Da beide aber v. FREYBERG hinsichtlich ihrer Lage zur Küste genau gekennzeichnet hat, möchte ich diese beiden Begriffe aus später erkennbaren Gründen nicht für die Übergußmassen der fränkischen Schwammriffe verwenden. Deren Bildung war anscheinend kein kurzer, ununterbrochener Vorgang, sondern erfolgte in regelmäßigen wiederkehrenden Zeitabschnitten. Es gab wohl Zeiten, in denen die gewöhnliche Sedimentation zwischen den Riffen stärker war als die Aufschüttung von Schutt unmittelbar an den Riffen. Kamen dann Zeiten, während deren die Zerstörung der Riffe durch die Wogen und die Organismen wieder sehr stark waren, so überdeckte der neue Schutt nicht nur die alten Trümmersmassen, sondern überlagerte auch noch etwas die in der

Zwischenzeit abgesetzten Sedimente der Normalfazies. Auf diesen ständigen Rhythmus dürften wohl auch die gelappten Außenseiten der Übergußmassen zurückzuführen sein. Verständlich wird auf diese Weise auch, warum man so und so oft in den Übergußmassen diagonal zur Riffwandung angeordnete Lagen normalen Kalkes antrifft.

Die Feststellung und vor allem die Abgrenzung der Übergußmassen gegen die Normalfazies ist nur bei genauester Untersuchung möglich. Erschwert wird sie vor allem deswegen, weil die Bankfugen der Normalkalke ohne die geringste Störung auch in diese Übergußmassen hineingehen, so daß man bei oberflächlicher Untersuchung glauben könnte, auch hier Normalkalke vor sich zu haben.

Die Übergußmassen haben ein breschig-konglomeratisches, fleckig-grusiges, auch pseudo-oolithisches Aussehen. Sie bestehen aus einer grauen, ruppigen Grundmasse, in welcher sich eine Unmenge von eckigkantigen, teils auch gerundeten Bestandteilen finden. Deren Farbe ist zumeist etwas dunkler als das umgebende Bindemittel oder, wenn Schwefelkies in feiner Verteilung darin enthalten ist, blaugrau. Da diese blaugraue Tönung an den Rändern besonders kräftig ist, treten diese Gebilde im Gestein deutlich hervor. Ihre Größe kann bis über 2 cm betragen. In den oberen Teilen der Übergußmassen, sowie nahe am Riff sind sie am größten und werden gegen den Außenrand zu immer feiner. An angewitterten oder auch künstlich angeätzten Stellen solcher Übergußmassen kann man zuweilen schon mit dem bloßen Auge erkennen, daß diese Gebilde Schwammstruktur zeigen. Auch meine näheren Untersuchungen brachten mir die Bestätigung, daß es sich bei diesen breschig-konglomeratischen Bildungen in der Hauptsache um kleine Schwammstücke handelt, die wohl von den nahen Riffen abgebröckelt sind, sich am Fuße derselben anhäuferten und nachträglich durch eindringenden Kalkschlamm miteinander verbacken und verfestigt wurden. Sonstiges anderes klastisches Material, wie Quarzkörner usw., findet sich nicht. Es handelt sich also im Grunde genommen um ehemalige untermeerische Schuttfelder, in denen ich, von den Riffstücken abgesehen, nahezu keine Spuren organischen Lebens vorfand.

Innerhalb dieser Übergußmassen bemerkt man meistens nichts von der durch die Mojsisovics'schen Untersuchungen so bekannt gewordenen Übergußschichtung. Nur selten konnte ich einwandfreie Andeutungen hiervon beobachten. Wohl das lehrreichste und vollständigste Bild einer Übergußschichtung konnte ich vor Jahren an einem bei Eichstätt durch den Neubau der Staatsstraße nach Weißenburg durchbrochenen dolomitisierten Schwammriff des Malm-Epsilon studieren (siehe Fig. 9). Durch die Dolomitisierung ist der organische Aufbau des Riffes vollkommen verwischt. Nur noch einige vereinzelt Schwämme konnte ich beobachten. Besonders bemerkenswert aber ist an diesem

Riff die Feststellung, daß es an drei Stellen von Übergußmassen mit ausgeprägter Übergußschichtung mantelförmig umgeben wird. Zwar sind die Schuttmassen infolge der Dolomitisierung und den damit verbundenen Gesteinsveränderungen nicht mehr auf Grund ihrer Struktur und Zusammensetzung als solche erkennbar. Allein die deutlich ausgeprägte, auffallende Übergußschichtung läßt keinen Zweifel aufkommen, daß es sich um Schuttmassen handelt. Wie auf Fig. 9 zu sehen ist, fallen die schräg dem Riff angelagerten Teile der Übergußmassen mit $30-40^{\circ}$ vom Riff weg. Während das Riff dort eine massige Ausbildungsweise hat, besteht die Übergußmasse vollkommen aus 3—8 cm dicken Platten, die sich nicht nur schräg dem Riff anlehnen, sondern so und so oft lagenweise nach oben zu auskeilen.

Die „Mulden“ zwischen den Riffen. Faziell bestehen die zwischen den verschiedenen Riffen gelegenen Teile einerseits aus den breschig-konglomeratischen Übergußmassen, andererseits aus normalen Beta-Kalken. Beide Faziesbildungen sind gebankt und man glaubt zunächst infolge dieser Bankung faziell eine einheitliche Masse vor sich zu haben. Die Lage dieser Kalke sieht im Profil durchweg muldenförmig aus. Die Bänke steigen nämlich an den Riffändern unter einem Winkel bis zu 45° an. Gegen die Mitte der „Mulden“ zu wird natürlich das Gefälle der Bänke geringer (vgl. Fig. 3). Aber nur in einer so ungewöhnlich breiten „Mulde“ wie bei Streitberg, konnte ich in der Mitte vollkommen wagrechte Lagerung feststellen, während dies bei Vorra trotz einer Breite der „Mulden“ bis zu 70 m nicht der Fall war. In keiner Weise ist daher in Franken die Schrägschichtung der Bänke (wie es ROLL in Schwaben feststellte) auf eine „nur wenige Meter breite Zone am Muldenrand“ beschränkt, sondern umfaßt zumeist die ganze „Mulde“. Meine sich über Jahre erstreckenden Beobachtungen der ständig wechselnden Aufschlußverhältnisse bei Vorra und Rupprechtstegen ergaben, daß dort die meisten der „Mulden“ auf drei und mehr Seiten von Riffen begrenzt werden. Von diesen fallen sie, wenn auch an den einzelnen Stellen unter verschiedenen Winkeln, gegen das Innere der „Mulden“ zu. Wir haben es also eigentlich mit einer unregelmäßig schüssel- bis wannenförmigen Lagerung zu tun. Man konnte häufig beobachten, daß die Mächtigkeiten einzelner Bänke vom „Mulden“-Innern gegen die Riffe zu sichtlich abnahmen. Ich maß, um nur ein besonders auffallendes Beispiel zu erwähnen, an einer Bank am Müllers-Berg bei Streitberg in 10 m Entfernung vom Rifftrand weg 0,85 m Mächtigkeit. Diese verringerte sich bis unmittelbar am Riff auf 0,23 m.

Der Durchmesser solcher „Mulden“, soweit man bei den meist linearen Aufschlußverhältnissen von Mulden sprechen darf, schwankt überaus stark. So hatte eine bei Wallersberg im Kleinziegenfelder Tal einen Durchmesser von noch nicht 10 m, eine andere aber O. von Streitberg von etwa 400 m und diejenigen von Vorra und Rupprechtstegen

von 30 bis 70 m. Die Tiefe der „Mulden“ hängt natürlich von der jeweiligen Höhe der Schwammriffe ab.

ROLL, der ähnliche „Mulden“ auch in Schwaben beobachten konnte, glaubt, „daß die Bankkalke sich randlich einem geneigten Untergrunde anpassen (zu dem sie ihrer Entstehung nach in keinerlei Beziehung stehen)“. Dieser Ansicht ROLL's möchte ich mich auf Grund meiner fränkischen Beobachtungen vollkommen anschließen (vgl. S. 19 und 22). Öfters konnte ich beobachten, daß diese Schrägstellung bedingt war durch die weiter vorne erwähnte sattelförmige Aufwölbung der schichtigen Riffe, insbesondere der Alpha-Schwammbänke. Reichen doch letztere so und so oft 4 m und mehr ins Beta hinein. In einem der Vorraer Steinbrüche sind Alpha-Schwammbänke aufgeschlossen, die nicht, wie sonst häufig, von weiteren Schwammbildungen, sondern von Kalken der Normalfazies überlagert werden. Die Schwammbänke bilden eine sattelförmige Aufwölbung, welche auch die darüber lagernden Normalkalkbänke mitmachen. An der über 20 m hohen Steinbruchwand sieht man jedoch, daß sich gegen oben zu die Aufwölbung der Bänke mehr und mehr verflacht. Wenn auch für die meisten der angetroffenen „Mulden“ obige Erklärungsweise zutreffend sein dürfte, so traf ich doch vereinzelt Aufschlüsse an, wo andere Gründe, natürlich nicht tektonische, für die Schrägstellung der Bänke vorhanden sein dürften.

Die Frage, welche morphologische Stellung die „Mulden“ ehemals eingenommen haben, ist nicht einfach zu beantworten. Meistenteils werden sie schlechthin als Atolle bzw. Lagunen von Atollen bezeichnet. ROLL dagegen betrachtet sie als „durch seitliche Massenablagerungen eingeeengte Reste des unbesiedelten Meeresbodens“. Nach den ganzen geologischen Verhältnissen muß ich mich für Franken der ROLL'schen Ansicht anschließen.

Echte Atolle im Bereiche der Beta-Schwammriffe Frankens sind nur ganz vereinzelt bekannt und durchweg nur Kleingebilde. Ein solches ist z. B. gegenwärtig (1931) im Vorraer Hauptbruch aufgeschlossen. Das mittlere der dort angeschnittenen Schwammriffe ist 32 m hoch und rund 90 m breit. Die Riffböschung auf den beiden aufgeschlossenen Seiten beträgt zumeist mehr als 60 m, ist teilweise sogar überhängend. In der oberen Hälfte des völlig massigen Riffes sieht man nun, wie diesem auf eine Breite bis zu 35 m und eine Tiefe bis höchstens 12 m dünn (5—10 cm) und wagrecht gebankte Kalke eingelagert sind (siehe Fig. 4). Ihre Grenzlinie gegen das Riff zu verläuft höchst unregelmäßig. Die stark tonigen Bankkalke haben ruppiges Aussehen und enthalten Kieselknollen sowie viel breschig-konglomeratisches Material, wie es auch für die Übergußmassen bezeichnend ist. Der allgemeine Eindruck dieses Steinbruchprofiles ist, daß man die mit Kalkschlamm ausgefüllte Lagune eines kleinen Atolls vor sich hat. Dafür spricht auch der auffallend starke Fossilreichtum der Kalke. Vorwiegend sind es

Brachiopoden, Belemniten und hauptsächlich Ammoniten, seltener Reste von Cidariten und Bryozoen. Die Ammoniten fallen umso mehr ins Auge, da sie in den nahen Beta-Riffkalken so selten sind.¹⁾

Eine weitere Lagune eines Beta-Atolls konnte ich auch an einem der Riffe in Rupprechtstegen beobachten. Sieht man von diesen, durch besonders günstige Umstände so einzigartig aufgeschlossenen Beispielen ab, so ist doch eine einwandfreie Feststellung von Lagunen im Bereiche der Schwammriffe Frankens sowohl im Malm-Beta wie in höheren Stufen kaum möglich. Manche Ablagerungen sprechen ja nach ihrer Fazies und ihrem Fossilgehalt für Lagunenbildung.

So möchte ich z. B. die bekannten Engelhardsberger Schichten der nördlichen Frankenalb als solche bezeichnen. Dies sind gebankte, gelbweiße Kalke, welche in einer Ausdehnung von je einigen hundert Quadratmetern in der Muggendorfer Gegend sich finden; so bei Engelhardsberg und weiter nördlich bei Gösseldorf, Langenlohe, Breitenlesau und auch bei Leidingshof. Stratigraphisch gehören sie dem Malm-Epsilon an. Sowohl im Liegenden wie an den Seiten werden sie von Frankendolomit, also dolomitisierten Schwammkalken (vgl. DORN 1926), begrenzt. An einem der Felsen nahe dem Adlerstein bei Engelhardsberg konnte ich sogar feststellen (1928, S. 112), daß sie dort von Frankendolomit überlagert werden. Die Mächtigkeit dieser überaus hornsteinreichen, wagrecht gelagerten Kalke war nirgends zu messen; doch scheint sie gering und sehr unregelmäßig zu sein. Die Engelhardsberger Schichten sind durch ihren großen Faunenreichtum bekannt geworden, der sich umso mehr erhalten konnte, da die einzelnen Fossilien nachträglich verkieselt sind. Die Fauna setzt sich in der Hauptsache zusammen aus

¹⁾ Häufig und in größeren Individuen finden sich hingegen Ammoniten in den geschichteten Normalkalken, welche in den „Mulden“ zwischen den Riffen liegen. Dies ist umso auffallender, als in den normalen Beta-Kalken Frankens wie auch in der sonstigen reinen Kalkfazies (z. B. Polyplocen-Schichten des Malm-Gamma), Ammoniten recht selten sind. Hingegen treten sie in ungeheurer Individuenanzahl in mergeligen Ablagerungen auf, wofür die verschiedenen Zonen des Oberen Doggers, die Mergelkalkbänke des Malm-Alpha und vor allem diejenigen der *Platynota*- und *Similis*-Zone (Malm-Gamma 1 + 3) die besten Zeugen sind. Während sie aber durchweg in der Normalfazies verhältnismäßig groß werden, bleiben sie in den ebenfalls sehr mergeligen Schwammbänken des Alpha (Streitberger oder Lochen-Schichten) wie auch denjenigen des Malm-Gamma (Würgauer Schichten) durchweg kleinwüchsig. Sie treten aber dafür in diesen Schwammbänken zusammen mit Brachiopoden in einer Fülle auf, wie es sonst nicht aus fränkischen Juraablagerungen bekannt ist. Anscheinend war zur Jura-Zeit ein gewisser Tongehalt des Wassers für die Lebensbedingungen und Entwicklung der Ammoniten von großem Vorteil. Es wäre sonst nicht verständlich, warum in den Mergelkalk-Schwammbänken der Streitberger Schichten sich eine solche Unmasse von Ammoniten findet, in den darüber lagernden massigen, aber tonarmen Schwammriffen des Beta nahezu gar keine. Ähnlich ist es bei den mergeligen *Platynota*-Schichten, die von den tonfreien Beta-Kalken unterlagert werden und überlagert sind von den mergelarmen Polyplocen-Schichten. In den beiden kalkigen Stufen sind Ammoniten im Gegensatz zur mergeligen *Platynota*-Zone selten.

durchwegs kleinwüchsigen regulären Seeigeln, aus Brachiopoden, Crinoiden und Serpeln. Irreguläre Seeigel sind seltener. Die Brachiopoden sind häufig viel großwüchsiger als in der Riffazies, wenngleich auch viele kleine Formen vorkommen. Auch die zahlreichen Reste von Crinoiden, von dicken, großen Serpeln und Seesternen weisen auf günstigere Lebensbedingungen hin als in den Schwammbänken und Riffen. Schwämme sind bis auf Kalkschwämme wie *Scyphia cylindrica* GOLDF. verhältnismäßig selten. Die auffallendste Erscheinung der Engelhardsberger Schichten ist weniger die Abwesenheit von Korallen als das nahezu vollkommene Fehlen von Ammoniten, während Belemniten dagegen nicht allzu selten sind.

Auf jeden Fall sprechen die ganzen Lagerungsverhältnisse und der Fauneninhalt der Engelhardsberger Schichten für deren Entstehung in einer Lagune. Dabei ist es aber nicht festzustellen, ob die Schwammriffe, welche diese Malm-Lagunen begrenzen, als Atolle im jetzigen Sinne des Wortes zu bezeichnen sind.

Bei all' den Weißjura-Atollen Frankens darf man natürlich nicht mit heutigen Größenmaßen rechnen. Die ganzen faziellen Verhältnisse sprechen auch dafür, daß die Ränder dieser Atolle wohl wenig oder gar nicht über den Meeresspiegel herausragten.

III. Die Tiefe des fränkischen Unteren Malm-Meeres.

Eine der schwierigsten Fragen im ganzen Schwammriffproblem ist die nach der Tiefe des Malm-Meeres. Schon öfters wurde diese Frage im Schrifttum aufgeworfen, ohne daß es aber bis jetzt möglich gewesen wäre, eine vollkommen befriedigende Lösung zu finden. Dies liegt daran, daß die Schwammriffe des Weißen Jura hauptsächlich aus Hexactinelliden aufgebaut sind, diese aber heute vorwiegend in größeren Tiefen leben. Die ganzen faziellen Verhältnisse des fränkischen Malm sprechen aber gegen Absatz in einem solchen tieferen Meere. Es schreibt daher auch HENNIG (S. 197), „von Tiefsee zu sprechen wäre dabei übertrieben. Schwämme und obendrein Kieselschwämme gewähren in dieser Beziehung nicht so eng umgrenzte Möglichkeiten genauerer Schätzungen wie etwa Korallen“.

Auch DEECKE (1919, S. 54) erwähnt, daß „Schwammstotzen allein einen Schluß auf die Tiefenverhältnisse verschwundener Meere“ niemals zulassen.

Wenn auch die meisten rezenten Hexactinelliden-Gattungen und -Arten aus der Tiefsee bekannt sind, so finden sich doch auch Meeresgebiete mit geringen Tiefen, in denen Kieselschwämme nicht minder häufig sind. So liegen z. B. die an Hexactinelliden reichen Gründe bei Barbados in einer Tiefe von 200 m und die reichsten Fundorte des Glaschwammes *Euplectella* bei den Philippinen ebenfalls in einer Tiefe von — 200 m. Es wäre daher verfehlt, allein aus dem Vorkommen von

Hexactinelliden bei unseren fossilen Verhältnissen auf Tiefsee zu schließen. Sprechen doch so ziemlich alle fossilen Schwammablagerungen aus der Kreide-, Jura- und Oberdevon-Zeit dafür, daß ehemals die Kieselschwämme im Flachwasser gelebt haben und erst im Känozoikum auch in die Tiefsee abgewandert sind. Bekannt sind ja vor allem die von J. M. CLARKE beschriebenen Hexactinelliden oberdevonischer Sandsteine des Staates New York. Sie liegen in Sedimenten, die nach diesem Verfasser in keiner größeren Tiefe als 100 m, also in einem Flachwasser zum Absatz gelangt sind. Daß für die Hexactinelliden gerade während der Weißjura-Zeit Frankens andere Lebensbedingungen vorhanden waren als heute, ersieht man auch daraus, daß nach HESSE (S. 264) die rezenten Kieselschwämme vor allem auf kieselsäurehaltigem Boden gedeihen. Zur Malm-Zeit aber war es gerade Kalkschlammboden, auf dem in Franken, Schwaben, der Schweiz, Polen und in anderen Gegenden die Schwämme sich ansiedelten und Riffe bildeten.

Die Lithistiden, welche nächst den Hexactinelliden am verbreitetsten unter den jurassischen Schwämmen Frankens sind, haben nach DIENER (S. 43) heute ihre Höchstentwicklung in Tiefenzonen von — 90 bis 300 m. Kalkschwämme, die heute nur im Flachwasser leben, kommen in den Malm-Riffen Frankens zwar auch vor, treten aber gegenüber den Kieselschwämmen vollkommen zurück.

Vergleichen wir die übrige in den fränkischen Schwammriffen vorkommende Tierwelt mit ihren rezenten Artgenossen hinsichtlich des Lebensraumes, so möchte ich zunächst die Foraminiferen nennen. Fast durchweg finden sich kalk- aber nicht kieselschalige Formen in den fränkischen Schwammablagerungen, am reichsten vor allem in den Schwammbänken des Malm-Alpha. Einige Gattungen und Arten davon leben auch heute noch. Unter ihnen ist für unsere Betrachtungen wichtig die Gattung *Spirillina*. Diese findet sich (*Spirillina polygyrata* GÜMB.) überaus häufig in den fränkischen Oxford-Schwammriffen und lebt heute nach J. WALTHER (1894, S. 228) in großer Menge im Flachmeer. Auch einige andere Formen wie *Cristellaria crepidula* F. N., *Cristellaria rotulata* LK., *Lingulina carinata* D'ORB., *Placopsilina cenomana* D'ORB. und *Polymorphina lactea* WOLK und JAK. leben heute in seichtem Wasser.

Die Crinoiden sind für diese unsere Betrachtungen nicht weiter zu gebrauchen. Sie leben heute zumeist in größeren Tiefen. DEECKE (1915) hat bereits darauf hingewiesen, daß die Hauptmasse fossiler Crinoiden Flachwasserbewohner waren und erst seit der Kreide in die Tiefsee gewandert sind.

Die rezenten Seeigel sind fast durchweg Bewohner flachen, warmen Wassers. So geht z. B. die bekannte Gattung *Cidaris* heute nur ausnahmsweise über die neritische Region von 200 m hinab. In den fränkischen Schwammablagerungen sind bekanntlich Cidariten überaus verbreitet.

Ebenfalls zu den häufigeren Schwammriffbewohnern gehören die Serpeln. Heute bewohnen die Borstenwürmer, zu denen ja unsere Serpeln zu rechnen sind, nach BREHM flaches Wasser. Auch HESSE (S. 207) schreibt, daß sie für die Küstenzone kennzeichnend sind. Gleiches ist der Fall mit den Bryozoen, die sich ja nicht selten in den Schwammriffen vorfinden, wenn sie auch als Gesteinsbildner kaum in Frage kommen.

Die für das Faunenbild der fränkischen Schwammriffe so bezeichnenden Brachiopoden finden sich heute nach DIENER (S. 66) zu 80 v. H. in Meerestiefen von —300 m und die meisten von diesen wiederum zwischen 2—300 m; DIENER schreibt nämlich an anderer Stelle (S. 65), daß fast 70 v. H. der rezenten Brachiopodenarten in einer Tiefe von mehr als 200 m leben. Eine obere Grenze ist dadurch gezogen, daß nach DIENER (S. 65) die meisten Brachiopoden infolge ihrer sessil-benthonischen Lebensweise außerhalb des Bereiches der Wellenwirkung leben. Letztere hört aber bei einem nur einige hundert Meter tiefem Meere mit höchstens 80 m auf.

Ein gewisses Leitfossil bildet die Gattung *Megerlea*; denn diese findet sich nach J. WALTHER (1894, S. 351) heute nur in Tiefen bis zu 191 m. Auch die verschiedenen rezenten Rhynchonellen gehen nach J. WALTHER (1894, S. 353) mit Ausnahme einer Art nicht tiefer hinab als 300 m, zumeist sogar weniger als 200 m. In den Schwammablagerungen bei Streitberg und anderen Orten Frankens sind Rhynchonellen recht häufig.

Die Lamellibranchiaten treten in den Schwammriffen ganz zurück. Die häufigsten Formen sind noch kleine Ostreen und Pectiniden. Erstere finden sich rezent bis auf eine Art in Tiefen unter 100 m und von den heute lebenden Pectiniden gehen (nach J. WALTHER 1894, S. 419) dreiviertel derselben nicht tiefer als 300 m.

Ein sehr gutes Leitfossil für unsere Betrachtungen bildet von den Gastropoden die Gattung *Pleurotomaria*, von der ich oben erwähnte, daß sie in den fränkischen Schwammablagerungen unter den Gastropoden am häufigsten zu finden ist. Nach J. WALTHER (1894, S. 487) lebt heute die Gattung *Pleurotomaria* nur in Tiefen von 128 bis 218 m.

Als Abschluß dieser Betrachtungen möchte ich hier noch auf die Cephalopoden eingehen, zu deren wichtigsten Ordnung, den Tetrabranchiaten, bekanntlich die Ammoniten gehören. Von den Tetrabranchiaten lebt heute nur noch die Gattung *Nautilus* im Gebiete der Südseeinseln und der Philippinen. Nach den bisherigen Forschungen hat man immer geglaubt, daß das Tier in größeren Meerestiefen zwischen 400 und 600 m vorkomme. Durch die neuesten Untersuchungen der Amerikaner (veröffentlicht in Philippine Journal of Science 45, Juli 1931), über die jüngst DREVERMANN (in „Natur und Museum“, Band 61, H. 12, 1931) berichtet, wird man jedoch eines anderen belehrt. Es zeigen diese

Forschungen, daß der meist am Boden der Korallengründe umherkriechende *Nautilus* in Tiefen von etwa 60 m lebt und bei den Fiji-Inseln in der Südsee sogar in 4—7 m mittels Reusen gefangen wird. Wenn auch, wie DREVERMANN schreibt, „nicht bestritten werden soll, daß *Nautilus* in Tiefen von 400—600 m Tiefe gedeihen kann“, so sprechen doch diese neuesten Forschungsergebnisse dafür, daß *Nautilus* ein Bewohner vorwiegend flachen Wassers ist. Für die Paläobiologie der Ammoniten wie für die Entstehungsgeschichte der Ammoniten enthaltenden ehemaligen Meeresablagerungen ist natürlich diese neueste Erkenntnis von großer Bedeutung.

Um das Problem, mit welchen Meerestiefen wir während der Bildungszeit der fränkischen Schwammriffe rechnen müssen, möglichst restlos zu lösen, möchte ich hier noch die Frage anschnitten, unter welchen Bedingungen es heute zur Bildung stärkerer Kalkabscheidung bei Organismen kommt. Kalk ist im Meerwasser als Sulfat enthalten und wird durch Ammoniumkarbonat aus seiner Lösung gefällt. Experimentelle Versuche J. MURRAY's haben ergeben, daß diese Fällung bei einer Wasserwärme von 26—29° sehr schnell vor sich geht, bei niederer Temperatur aber nur langsam. Es ist daher, worauf auch HESSE (S. 178) hinweist, „die ausgiebigste Ausnutzung der Kalksalze durch die Meerestiere an gewisse Temperaturen gebunden“. Ganz abgesehen von der geographischen Lage der betreffenden Meere hängt aber die Temperatur des Meerwassers von der Tiefe ab. Darüber geben uns die zusammenfassenden Ausführungen KRÜMMEL's (S. 395 ff.) Aufschluß, wie einige nachfolgende Beispiele aus tropischen Meeren zeigen:

Gebiet	Temperaturen in der Tiefe von:						
	0 m	100 m	150 m	200 m	300 m	400 m	500 m
Mentawie-Becken SW. von Sumatra	27,8°	26,4°	15,1°	11,7°	—	—	—
Wie oben (andere Station)	29,4°	27,4°	16,2°	12,6°	—	—	—
Stiller Ozean unter dem Äquator, N. von den Marquesas-Inseln	29,0°	22,5°	20,0°	17,0°	12,0°	9,0°	7,5°
Chinesische Südsee, W. von Luzon	24,0°	19,6°	16,5°	13,4°	—	—	—
Amerikanisches Mittelmeer, N. von St. Vincent	27,2°	18,8°	15,9°	12,9°	10,6°	9,1°	8,0°

Aus der Tabelle und aus den näheren Ausführungen KRÜMMEL's ist ersichtlich, daß die sog. Sprungschicht mit ihrem raschen Temperaturabfall in tropischen Meeren sich zumeist schon in einer Tiefe von 100 m (± 25 m) befindet. Bereits in Tiefen von 200 m ist die Temperatur auf

Forschungen, daß der meist am Boden der Korallengründe umherkriechende *Nautilus* in Tiefen von etwa 60 m lebt und bei den Fiji-Inseln in der Südsee sogar in 4—7 m mittels Reusen gefangen wird. Wenn auch, wie DREVERMANN schreibt, „nicht bestritten werden soll, daß *Nautilus* in Tiefen von 400—600 m Tiefe gedeihen kann“, so sprechen doch diese neuesten Forschungsergebnisse dafür, daß *Nautilus* ein Bewohner vorwiegend flachen Wassers ist. Für die Paläobiologie der Ammoniten wie für die Entstehungsgeschichte der Ammoniten enthaltenden ehemaligen Meeresablagerungen ist natürlich diese neueste Erkenntnis von großer Bedeutung.

Um das Problem, mit welchen Meerestiefen wir während der Bildungszeit der fränkischen Schwammriffe rechnen müssen, möglichst restlos zu lösen, möchte ich hier noch die Frage anschneiden, unter welchen Bedingungen es heute zur Bildung stärkerer Kalkabscheidung bei Organismen kommt. Kalk ist im Meerwasser als Sulfat enthalten und wird durch Ammoniumkarbonat aus seiner Lösung gefällt. Experimentelle Versuche J. MURRAY's haben ergeben, daß diese Fällung bei einer Wasserwärme von 26—29° sehr schnell vor sich geht, bei niedriger Temperatur aber nur langsam. Es ist daher, worauf auch HESSE (S. 178) hinweist, „die ausgiebigste Ausnutzung der Kalksalze durch die Meerestiere an gewisse Temperaturen gebunden“. Ganz abgesehen von der geographischen Lage der betreffenden Meere hängt aber die Temperatur des Meerwassers von der Tiefe ab. Darüber geben uns die zusammenfassenden Ausführungen KRÜMMEL's (S. 395 ff.) Aufschluß, wie einige nachfolgende Beispiele aus tropischen Meeren zeigen:

Gebiet	Temperaturen in der Tiefe von:						
	0 m	100 m	150 m	200 m	300 m	400 m	500 m
Mentawie-Becken SW. von Sumatra	27,8°	26,4°	15,1°	11,7°	—	—	—
Wie oben (andere Station)	29,4°	27,4°	16,2°	12,6°	—	—	—
Stiller Ozean unter dem Äquator, N. von den Marquesas-Inseln	29,0°	22,5°	20,0°	17,0°	12,0°	9,0°	7,5°
Chinesische Südsee, W. von Luzon	24,0°	19,6°	16,5°	13,4°	—	—	—
Amerikanisches Mittelmeer, N. von St. Vincent	27,2°	18,8°	15,9°	12,9°	10,6°	9,1°	8,0°

Aus der Tabelle und aus den näheren Ausführungen KRÜMMEL's ist ersichtlich, daß die sog. Sprungschicht mit ihrem raschen Temperaturabfall in tropischen Meeren sich zumeist schon in einer Tiefe von 100 m (± 25 m) befindet. Bereits in Tiefen von 200 m ist die Temperatur auf

die Hälfte der des Oberflächenwassers gesunken. Unter Berücksichtigung der obigen Versuchsergebnisse J. MURRAY's ist natürlich in solchen Tiefen bei derartiger Temperatur des Wassers die Ausfällung des Kalkes viel langsamer und geringer wie in den oberen 50 m. Es schreibt daher HESSE (S. 178) mit Recht, daß in kaltem, tieferen Meerwasser „Tiere mit starker Kalkabscheidung vermißt werden“ und daß z. B. dort Serpuliden fehlen und von Seeigeln auch nur solche mit weichem Gehäuse vorkommen.

Man könnte natürlich auch daran denken, daß die die Kalkabscheidung vermindernde Temperaturabnahme aufgehoben würde durch die Druckzunahme des Wassers gegen die Tiefe zu. Nach den Dresch-Erfahrungen zu beurteilen, spielt dies aber anscheinend keine Rolle.

Die Tatsache, daß bedeutendere Kalkabscheidung nur in wärmerem Wasser möglich ist, ergibt sich auch aus den folgenden Überlegungen. Durch die Untersuchungen GÜMBEL's und DREW's wissen wir heute, daß am Aufbau feiner dichter Kalke in hervorragendem Maße *Bacterium calcis* DREW sowie auch Coccolithophoren beteiligt sind. Letztere hat GÜMBEL (1870) auch in fränkischen Schwammablagerungen feststellen können. *Bacterium calcis* war auch sicher mit der wichtigste Bildner unserer fränkischen Oxford-Kalke. *Bacterium calcis*, zu den denitrifizierenden Bakterien gehörend, vermag den Salpetergehalt des Meerwassers in Ammoniak, Nitrit und freien Stickstoff zu zerlegen, wodurch eine Fällung von Kalk hervorgerufen wird. DREW (vgl. SALOMON, 1915) konnte nun nachweisen, daß *Bacterium calcis* am besten in den oberen, warmen Wasserschichten gedeiht, bei 15° sich nur langsam entwickelt und bei 10° überhaupt seine Entwicklung einstellt. *Bacterium calcis* kommt für die Entstehung der fränkischen Schwammkalke selbst nicht in Frage, aber wohl sicher für die umgebenden „Mulden“-Kalke der Normalfazies.

Fassen wir die Ergebnisse der ganzen Erörterungen über die Tiefenverhältnisse des fränkischen Malm-Meeres zur Bildungszeit der Oxford-Schwammriffe zusammen, so können wir gerade im Hinblick auf die letzten Ausführungen sagen, daß die so mächtigen organischen Kalkabscheidungen nur in verhältnismäßig geringer Tiefe haben stattfinden können. In keiner Weise stehen dazu die Riffbauer als auch die Riffbewohner, wie die Ausführungen über die Lebensräume von deren rezenten Artgenossen zeigten, im Gegensatz. Denn auch als Ergebnis dieser Erörterung kann man sagen, daß das damalige fränkische Weißjura-Meer im Höchstfall nicht tiefer denn 300 m war. Im Hinblick auf die Cidariten, Megerleen, Serpeln, Ammoniten und anderes mehr dürfte sogar eine noch geringere Tiefe zwischen 100 und 150 m das Wahrscheinlichere sein.

Wie verfehlt es wäre, allein aus dem Vorkommen von Hexactinelliden Rückschlüsse auf größere Meerestiefe zu machen, ersieht man auch daraus, daß SCHNEID (S. 113) aus oberen Malm-Schichten bei Neu-

burg a. D. Schwammrasen erwähnt, die „hier mit ausgesprochenen Korallenstotzen auf sicher gleicher Stufe sich finden“. Rezente Korallen aber leben heute bekanntlich in Tiefen bis zu 40 m. Man erkennt daraus, wie berechtigt die von mir und anderen vertretene Ansicht ist, daß die Hexactinelliden erst seit geologisch jüngsten Zeiten in die tieferen Meeresgebiete hinabgewandert sind. Es wäre überhaupt verfehlt, ohne weiteres rezente Verhältnisse auf vorzeitliche übertragen zu wollen. Man sieht dies z. B. auch an den Brachiopoden. Bei ihnen weist WEDEKIND (1916, S. 31) darauf hin, daß gegenwärtig das „Habitat“ der Brachiopoden unterhalb der Korallenriffe liegt, also unter 40 m, „während es im Silur und Devon an und oberhalb der Korallenriffe war“.

Für eine geringe Tiefe des fränkischen Malm-Meeres spricht auch der Umstand, daß die am Rande der Riffe vorhandenen breschig-konglomeratischen Übergußmassen ihre Entstehung z. T. der zerstörenden Wirkung der Wellen verdanken, die aber in flacheren Meeren kaum über 90 m hinabgeht. Wie gering während der Bildungszeit der Schwammablagerungen des Unteren Malm zeit- bzw. streckenweise die Meerestiefe gewesen sein muß, ersieht man auch aus folgendem. In den verschwammten untersten Alpha-Bänken von Ebermannsdorf bei Amberg beobachtete ich innerhalb der Malm-Kalke verschiedene bis hühnereigroße oolithische Kalkgerölle des Oberen Doggers, darunter auch ein abgerolltes Bruchstück einer *Parkinsonia*. Da auch die vorgefundenen zahlreichen Malm-Ammoniten vielfach zertrümmert im Gestein enthalten waren, kann man aus diesen wie auch aus anderen Beobachtungen wohl den Schluß ziehen, daß zur Malm-Beta-Zeit das Ebermannsdorfer Gebiet noch im Bereiche der Brandung lag, wobei auch der Meeresboden selbst durch die Wogen teilweise aufgearbeitet wurde.

IV. Die geomorphologische Eingliederung der fränkischen Oxford-Schwammriffe.

Einige Schwierigkeiten bereitet es, festzustellen, mit welcher Riffart man es bei den fränkischen Schwammriffen des Unteren Malm zu tun hat. Ich möchte mich bei diesen Betrachtungen auch hier allein auf die Riffe des Oxford beschränken, da bereits im Mittleren Malm in Franken ganz andere Verhältnisse geherrscht haben.

Betrachtet man die Kartenskizze zwischen S. 32 u. 33, so sieht man, daß die Schwammriffe fast nur auf die Westseite der mittleren und nördlichen Frankenalb beschränkt sind und zwar auf das Gebiet zwischen Berching und Scheßlitz (Burglesau). Die ganze Gegend zwischen Ries und Beilngries—Berching ist, mit Ausnahme einer Stelle am Hesselberg und einem kleineren Vorkommen bei Spielberg am Hahnenkamm, zur Unteren Malm-Zeit riffrei gewesen. WEGELE (S. 136) gibt zwar von Altdorf bei Titting in der Altmühl-Alb einen kleinen, vereinzelt

Schwammstotzen aus Malm-Beta₁ an, nach BIRZER handelt es sich jedoch um keine Schwammablagerung.

Im nördlichen Teil der Frankenalb zwischen Scheßlitz (Burglesau) und Thurnau fehlen im Unteren Malm, mit Ausnahme der Weismainer Gegend Schwammablagerungen vollkommen. Erst W. von Bayreuth (Gegend von Obernsees) stellen sich auf eine Strecke von 10 km wieder solche ein. Ebenso finden sich weitere Schwammriffe NW. von Pegnitz sowie auch bei Auerbach. Von diesen wenigen Vorkommen abgesehen, treten auf der ganzen Ostseite der Frankenalb bis nach Regensburg innerhalb des Unteren Malm keine größeren Verschwammungen mehr auf. Überall herrscht die Normalfazies vor. Nur einige kleinere Stellen gibt es, so bei Thurndorf N. von Auerbach sowie bei Rummersricht, Schaflohe, Krumbach, Paulsdorf und Ebermannsdorf, wo Schwammbildungen im Untersten Malm festzustellen waren.

Besonders bemerkenswert erwies sich das letztgenannte Vorkommen trotz seiner örtlichen und gering mächtigen Verschwammung dadurch, daß es die stratigraphisch tiefste Schwammlage Frankens ist, indem nämlich hier bereits mit Beginn des Malm die der *Perarmatum*- und *Transversarium*-Zone angehörenden Lagen (siehe DORN, 1930, S. 117) verschwammt sind. Die obersten Bänke des hier nur wenige Meter mächtigen Alpha treten jedoch bereits wieder in der Normalfazies auf. In der ganzen übrigen Frankenalb hingegen beginnt die Schwammfazies erst in den mittleren und oberen Teilen des Alpha (*Hypselum*-Zone). Sie ist zwar nur streckenweise einwandfrei festzustellen, ergreift aber stratigraphisch nach oben zu immer größere Flächen.

Die Kartenskizze und die Ausführungen zeigen, daß die bisherige Ansicht (z. B. DEECKE, J. SCHRÖDER in KAYSER'S Lehrbuch, Band IV, 5. 54), die Schwammrifffazies Frankens sei von der böhmischen Masse aus nach Westen in das fränkische Becken eingewandert, nicht zu Recht besteht. Denn gerade im Osten, gegen die Böhmisches Masse zu, fehlen nennenswerte Schwammablagerungen im Unteren Malm vollkommen. Hingegen ist auf der Westseite der Frankenalb von Berching an nordwärts der Untere Malm in starkem Maße verschwammt, jedoch nicht so, daß die Normalfazies vollkommen zurücktritt. Große Flächen z. B. bei Hersbruck oder auch O. der Linie Forchheim—Bamberg (hier mit Ausnahme kleiner Schwammriffvorkommen bei Rettern, bei Tiefenstürmig und bei Hochstadt) erweisen sich riffrei.

Sieht man sich auf einer Karte größeren Maßstabes die Verbreitung der Beta-Riffe am Westrande der nördlichen Frankenalb an, so kann man so und so oft (z. B. Veilbronn, Streitberg, Hetzlas und andere Orte) feststellen, daß die Schwammbildungen nicht unmittelbar am Gebirgsrande, sondern albeinwärts liegen und daß von ihnen bis zum Albrand eine bis zu 5 km breite Zone von Normalfazies liegt. Hängt dies vielleicht

damit zusammen, daß hier, ähnlich wie an manchen jetzigen Meeren dicht vor der Küste eine Zone tieferen Wassers vorhanden war?

Erschwert wird die Feststellung der Riffverbreitung dadurch, daß bei dem Osteinfallen der ganzen jurassischen Sedimente gegen das Innere der Alb zu die unteren Malm-Ablagerungen von jüngeren Bildungen überdeckt sind und auch in den Taleinschnitten oberflächlich nicht mehr herauskommen.

Wenn auch der Längenverlauf der einzelnen Riffe infolge der ungünstigen Aufschlußverhältnisse nicht genau festzustellen ist, so zeigt doch die Kartenskizze, daß die Riffe so ziemlich dem Westrande der Frankenalb entlang angeordnet sind.

Gerade dies aber dürfte wichtig sein für die Klärung der Frage, mit welcher Riffart man es bei den fränkischen Schwammriffen zu tun hat. Atolle sind, worauf ich bereits weiter oben hinwies, kaum vorhanden. Nach der Anordnung muß man viel eher an Saum- oder auch an Barriereriffe denken. Saumriffe aber, die ja dicht am Lande liegen müßten, sind es sicher nicht gewesen. Auch ihre Eingliederung in die Klasse der Barriereriffe bereitet Schwierigkeiten, da das große australische Barriereriff oben nur höchstens 2 km breit ist, während die fränkischen Beta-Riffe häufig viel breiter sind. Während ersteres nur an schmalen Stellen unterbrochen ist, finden sich doch in der rund 100 km langen Beta-Riffzone auf der Westseite der Frankenalb häufig Unterbrechungen von einigen Kilometern, vereinzelt sogar bis zu 10 km. Es ist überhaupt in Franken auch die Anordnung der einzelnen Schwammriffe gegeneinander viel zu unregelmäßig, als daß man da an echte Barriereriffe denken könnte. Solche aber, wie auch die Atolle, finden sich heute nur dort, wo sich der Meeresboden in ständiger Senkung befindet und dadurch das vorwiegende Höhenwachstum dieser Riffe möglich wird. Unsere durchweg niedrigen, höchstens 40 m hohen fränkischen Schwammriffe sprechen aber gegen nennenswerte Senkungen des Meeresbodens. Darin ist wohl gerade der Grund zu suchen, warum sich in Franken die Schwammriffe und auch die Schwämme selbst zwar sehr üppig entwickeln konnten, aber keine mächtigen, hoch aufragenden Riffbauten von hunderten von Metern gebildet haben.

Das Wachstum unserer fränkischen Beta-Schwammriffe dürfte zuerst wohl vorwiegend flächenhaft und dann erst gegen die Höhe zu gewesen sein. Denn im umgekehrten Falle müßten wir insbesondere in den unteren Lagen der Riffe zwickelartige Einschaltungen von Schuttmassen beobachten können. Es ist nämlich anzunehmen, daß zu Zeiten, wo das Wachstum vorwiegend in die Höhe geht, an den Außenrändern bereits Zerstörung der Riffe stattfindet und sich also Übergußmassen bilden. Mit Beginn des Flächenwachstums der Riffe aber würde dieser Schutt von oben her mit organischen Massen eingedeckt.

Die Anordnung der Beta-Schwammriffe Süddeutschlands, wie auch der Umstand, daß mit geringen Ausnahmen von W. gegen O., also dem Innern der nördlichen Frankenalb zu eine Mächtigkeitszunahme der Schichten festzustellen ist, spricht dafür, daß zur Oberen Jura-Zeit nicht allzuweit vom heutigen Westrande der mittleren und nördlichen Frankenalb entfernt Festland lag. Das Gebiet des jetzigen westlichen Frankens war also damals schon inselartig angedeutet und vielleicht kaum jemals von Malm-Sedimenten bedeckt.

Daß in der südlichen Frankenalb zwischen Hesselberg und Beilnigries nahezu keine Schwammbildungen des Unteren Malm vorhanden sind, läßt sich wohl damit erklären, daß dieses Gebiet vielmehr meerwärts lag wie der heutige Westrand der nördlichen Frankenalb und der jetzige Nordrand der Schwabenalb. Die ehemals dort möglicherweise vorhandenen Schwammriffe lagen eben weiter nördlich (vielleicht Linie Hesselberg—Hiltpoltstein) in Gegenden, wo die Abtragung der jurassischen Schichten am frühesten und raschesten einsetzte, so daß heute dort fast nichts mehr von ihnen vorhanden ist. Letzteres kann man sehr gut in Zusammenhang bringen mit den Folgerungen, die man aus einer v. Verf. 1929 (S. 63) veröffentlichten Streichkurvenkarte des fränkischen Gebietes ziehen kann. Diese Karte zeigt, daß das mittelfränkische Gebiet ein kuppelartiges Gewölbe bildet, dessen Scheitel im Bereiche der Frankenhöhe liegt. Von ihr fallen die Schichten nach S., SO. und O. regelmäßig ab und um sie herum liegen, fast konzentrisch angeordnet die einzelnen Schicht- und Landschaftsstufen. Infolge dieser tektonischen Verhältnisse war natürlich gegen den Gewölbescheitelpunkt zu die Heraushebung der Schichten am stärksten und damit aber auch die Abtragung. Dadurch fehlen jetzt gegen die Frankenhöhe zu alle die Schichten, die in weiterer Entfernung davon in tektonisch tiefer liegenden Gegenden noch erhalten sind.

Die auf der Nord- und Ostseite der nördlichen Frankenalb gelegenen wenigen Schwammablagerungen sind wohl bedingt durch örtliche Untiefen des damaligen Meeres. In einiger Entfernung von den Schwammriffen des Westrandes der nördlichen Frankenalb dürfte, wie schon gesagt, Land gewesen sein, um das sich die Riffe girlandenartig gelagert hatten. Man muß daher zunächst an Barriereriffe denken. Der unregelmäßige Verlauf der fränkischen Schwammriffe des Unteren Malm, wie auch verschiedene, weiter oben dargelegte Gründe sprechen aber dagegen. Noch schwieriger sind natürlich die kleinen verschwammten Gebiete auf der Ostseite der Frankenalb als Barriereriffe zu deuten. Am ehesten noch kann man die fränkischen Beta-Schwammriffe mit den Flachseeriffen ORTMANN'S vergleichen, die heute in unregelmäßiger Anordnung immer in gewisser Nähe eines Festlandes und fast stets in nahezu stationären Gebieten auftreten.

Zusammenfassung.

Die Schwammbildungen des süddeutschen Unteren Malm kann man mit vollem Recht als „Riffe“ ansprechen. Scharf zu unterscheiden ist zwischen den die Riffe umgebenden Übergußmassen und der in diesen zuweilen zu beobachtenden Schrägschichtung, der Übergußschichtung. Die Schwammablagerungen des fränkischen untersten Malm bilden bankartige, zuweilen gewölbte Formen und können als „schichtige Riffe“ bezeichnet werden. Außer den meist aus Hexactinelliden bestehenden Schwämmen enthalten sie eine überaus reiche Zwergfauna.

Die Schwammbildungen des fränkischen Malm-Beta sind nur zum geringsten Teil schichtige, sonst meistens massige, steil aufragende Riffe. Ihre Bewohner sind auffallend arm an Arten wie an Individuen und finden sich am häufigsten noch in den ehemaligen Riffhöhlen. Günstige Aufschlüsse zeigten, daß diese Schwammriffe zu etwa 60 v. H. aus organogenen Massen, fast durchweg Schwämmen, bestehen und zu etwa 40 v. H. aus Riffsand. Der Betrag des Vorauswachsens der zoogenen Fazies gegenüber der gewöhnlichen bankigen beträgt im Höchstfall 10 m. Die „mulden“-förmige Lagerung, welche zwischen den Riffen die einheitlich gebankten Übergußmassen und die Normalfazies haben, ist dadurch bedingt, daß diese Kalke sich einem geneigten Untergrunde anpassen. Diese „Mulden“ sind morphologisch keine Lagunen von Atollen, sondern Reste des unbesiedelten Meeresbodens. Echte Atolle konnten nur ganz vereinzelt festgestellt werden. Als Ablagerungen von Atollenlagunen werden die sog. Engelhardsberger Schichten angesehen.

Eingehende Vergleiche der fränkischen Malm-Riffbewohner mit ihren rezenten Artgenossen sowie Betrachtungen über die physikalischen Bedingungen, unter denen es heute zur Bildung stärkerer Kalkabscheidungen bei Organismen kommt, führten zu dem Ergebnis, daß das fränkische Untere Malm-Meer im Höchstfall nicht tiefer denn 300 m war. Eine noch geringere Tiefe zwischen 100 und 150 m dürfte sogar das wahrscheinlichere sein.

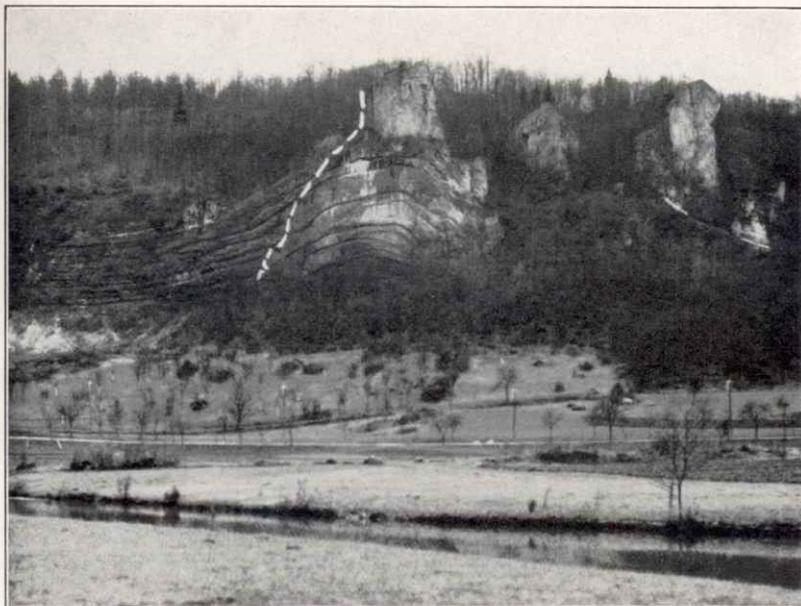
Die fränkischen Oxford-Schwammriffe finden sich auf der Westseite der Frankenalb zwischen Berching und Scheßlitz, während das Gebiet zwischen Hesselberg und Beilngries vollkommen und die Nord- und Ostseite der Frankenalb mit wenigen Ausnahmen riffrei ist. Die Anordnung der Beta-Schwammriffe spricht dafür, daß in einiger Entfernung von ihnen zur Malm-Zeit im Westen Festland war. Um dieses liegen sie girlandenartig herum. Viele Gründe sprechen dafür, daß man es nicht mit eigentlichen Barriereriffen zu tun hat, sondern mit Flachseeriffen im Sinne ORTMANN'S.

Schriftquellen.

- ABEL, O.: Amerikafahrt, Jena 1926.
- V. AMMON, L.: Kleiner geologischer Führer durch einige Teile der Fränkischen Alb. München 1899.
- ANDRÉE, K.: Geologie des Meeresbodens, 2, Berlin 1920.
- BRAUCH, W.: Verbreitung und Bau der deutschen Zechsteinriffbildungen. — Geol. Archiv, 2, 1923.
- BREHM, A. E.: Tierleben, 10, 4. Aufl., Leipzig 1918.
- CHUN, C.: Aus den Tiefen des Weltmeeres, Jena 1900.
- CLARKE, J. M.: Devonian glass sponges. — New York State Mus. Bull. Nr. 196, Albany 1918, S. 239, 240, 1922.
- CRÄMER: Die Entstehung und Besiedlung der Koralleninseln, Stuttgart 1928.
- DACQUÉ, E.: Grundlagen und Methoden der Paläogeographie, Jena 1915.
- Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere, Berlin 1921.
- Fossile Riffbildungen. — In Zeitschr. „Natur“, 1925.
- Die Erdzeitalter, München/Berlin 1930.
- DANA, J. D.: Corals and Coral Islands, 3. Edit., 1890.
- DARWIN, CH.: Über den Bau und die Verbreitung der Korallenriffe, 2. Deutsche Ausg., Stuttgart 1876.
- DEECKE, W.: Paläont. Betrachtungen, III. Über Echinoiden. — Centralbl. f. Min. 1913.
- Über Gastropoden. — N. Jahrb. f. Min. Beil.Bd. XI, 1916.
- Paläont. Betrachtungen, VIII. Über Crinoiden. — N. Jahrb. f. Min., 2, 1915.
- Vier Kapitel aus der petrographischen Geologie. — Ber. d. Naturf.-Ges. Freiburg i. B., 22, 1919.
- DIENER, C.: Grundzüge der Biostratigraphie, Leipzig/Wien 1925.
- DORN, P.: Beiträge zur Geologie des Frankendolomits. — Z. D. Geol. Ges., 1926.
- Der Jura, in SCHUSTER's Abriß der Geologie von Bayern, 6, 1928.
- Blatt Gräfenberg der Geol. Karte von Bayern 1:25000 nebst Erläuterungen, München 1928.
- Geologischer Exkursionsführer durch die Frankenalb, 2. Bd., Nürnberg/Erlangen 1928/29.
- Die Ammoniten des untersten Malm der Frankenalb. — Palaeontographica, Stuttgart 1930.
- DREVERMANN, F.: Die Lebensweise von Nautilus. — In „Natur und Museum“, 61, H. 12, 1931.
- DREW, G. Harold: On the precipitation of Calcium Carbonate in the sea by marine bacteria, and on the action of denitrifying bacteria in tropical and temperate seas. — Publication Nr. 182 of the Carnegie Institution of Washington 1914.
- FISCHER, E.: In welchen Meerestiefen haben sich unsere Juraschichten gebildet? — Jahresh. V. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, 68, 1912.
- Geologische Untersuchungen des Lochegebietes bei Balingen. — Geol. und Pal. Abh. N. F. 11, 1913.
- FREYBERG, B.: Die Zechsteintransgression in Thüringen und die Eindampfung der Zechsteinsalze. — Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1922.
- GRABAU, A. W.: Paläozoic Coral Reefs. — Bull. of the Geol. Soc. of Amer., 14, 1903.
- GÜMBEL, C. W.: Die Streitberger Schwammlager und ihre Foraminiferen-Einschlüsse. — Jahresh. V. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, 18, 1862.
- Vorläufige Mitteilungen über Tiefseeschlamm. — N. Jb. f. Min., 1870.
- Geognostische Beschreibung der Frankenalb, Kassel 1891.
- Geologie von Bayern, II. Tl., Kassel 1894.

- HENNIG, E.: Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern, Berlin 1922.
- HESSE, R.: Tiergeographie auf ökologischer Grundlage, Jena 1924.
- KAYSER, E.: Lehrbuch der Geologie, 1, 6. Aufl., 4, Stuttgart 1921 u. 1924.
- KRUMBECK, L.: Einige facielle, petrogenetische und tektonische Beobachtungen im Malm der mittleren Pegnitzalb. — N. Jb. f. Min. Beil.-Bd. 59, Abt. B., 1928.
- KRÜMMEL, O.: Handbuch der Ozeanographie, 2. Aufl., Stuttgart 1907.
- LANGENBECK, R.: Die neueren Forschungen über Korallenriffe. — Geogr. Zeitschr., 1897.
- LEUCHS, K.: Lithogenetische Untersuchungen in den Kalkalpen. — Centralbl. f. Min., 1925.
- Beiträge zur Lithogenesis kalkalpiner Sedimente. — N. Jb. f. Min. Beil.-Bd. 54, 1928.
- V. MOJSISOVICS: Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, Wien 1897.
- MOSCHELES, J.: Die DARWIN'sche Rifftheorie im Lichte geomorphologischer Forschung. — Geol. Rundschau, 11, 1920.
- MURRAY, JOHN & IRVING, R.: On Coral Reefs and other Carbonate of Lime Formations in Modern Seas. — Proc. of the Roy. Soc. of Edinb., 17, 1891.
- OGILVIE GORDON, M.: Das Grödener-, Fassa- und Enneberggebiet in den südtiroler Dolomiten. — Abh. Geol. Bundesanst., 24, 1927.
- Geologisches Wanderbuch der westlichen Dolomiten, Wien 1928.
- ORTMANN, A.: Die Korallenriffe von Dar-es-Salaam und Umgegend. — Zoolog. Jb., 6, 1892.
- PAALZOW, R.: Beiträge zur Foraminiferenfauna der Schwammegel des unteren weißen Jura in Süddeutschland. — Abh. d. Naturhist. Ges. Nürnberg, 19, 1917.
- RAUF, R.: Palaeospongologie. — Paläontographica, 40, 1893.
- REIN, J.: Die Bermudasinseln und ihre Korallenriffe. — Verh. I. Geogr. Tag., 1882.
- ROLL, A.: Die Stratigraphie des oberen Malm im Lauchergebiet (Schw. Alb) als Unterlage für tektonische Untersuchungen. — Abh. Pr. Geol. L.-A. N. F. H. 135, 1932.
- SALOMON-CALVI, W.: Geol. u. palaeont. Studien über die Marmolata. — Palaeontographica, 42, 1895.
- Die Adamellogruppe. — Abh. Geol. Reichsanst., 21, 1908.
- Über die Bildung dichter Kalke. — Geol. Rundsch., 5, 1915.
- Grundzüge der Geologie, Stuttgart 1922/26.
- SAVILLE-KENT, W.: The Great Barrier Reef of Australia, London 1893.
- SCHAFFER, F. X.: Lehrbuch der Geologie, Leipzig/Wien 1922.
- SCHNEID, Th.: Geologie der fränk. Alb zwischen Eichstätt und Neuburg. — Geogn. Jahrb. 27/28, 1914/15.
- SCHRAMMEN, A.: Zur Revision der Juraspongien von Süddeutschland. — Jahresber. und Mitt. d. Oberrh. Geol. Ver. 1924.
- SCHWARZ, A.: Wachstum, Absterben und Diagenese eines palaeoz. Korallenriffes. — Senckenbergiana, 9, 1927.
- SLUITER: Einiges über die Entstehung der Korallenriffe in der Javasee und Brauntweinsbai und über neue Korallenbildung bei Krakatau. — Naturkundig Tijdschrift voor Nederlandsch India, 49, 1889.
- VOELTZKOW, A.: Über seine in den Jahren 1903/05 ausgeführten Forschungsreisen im westl. indischen Ozean, Berlin 1905/06.
- Untersuchung der Bildung und des Aufbaues der Riffe und Inseln des westl. indischen Ozeans. — Z. Ges. f. Erdk., Berlin 1904.
- VORTISCH, W.: Oberrhätischer Riffkalk und Lias in den nordöstl. Alpen. — Jb. geol. Bundesanst., 76, 1926.
- WALTHER, J.: Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. — Abh. sächs. Ges. d. Wiss., 19, Leipzig 1888.

- WALTHER, J.: Die Adamsbrücke und die Korallenriffe der Palkstraße. — Peterm. Erg.-H. Nr. 102, Gotha 1890.
- Einleitung in die Geologie als histor. Wissenschaft, 3 Bde., Jena 1893/94.
 - Über die Lebensweise fossiler Meerestiere. — Z. D. Geol. Ges. 1897.
 - Geschichte der Erde und des Lebens, Leipzig 1908.
 - Die Sedimente der Taubenbank im Golf von Neapel. — Abh. Pr. Akad. d. Wiss., Berlin 1910.
 - Allgemeine Palaeontologie, Berlin 1919/24.
- WEDEKIND, R.: Über die Grundlagen und Methoden der Biostratigraphie, Berlin 1916.
- Über die Ausbildung des Oberdevons in der Umrandung des Siegerländer Blockes. — Nachr. Ges. Wiss., Göttingen 1919.
- WEGELE, L.: Stratigr. und faunist. Untersuchungen im Oberoxford und Unterkimmeridge Mittelfrankens. — Palaeontographica, 71, 1929.
- WIMAN, K.: Über silurische Korallenriffe. — Bull. Geol. Inst. Upsala, 3, 1897.
-

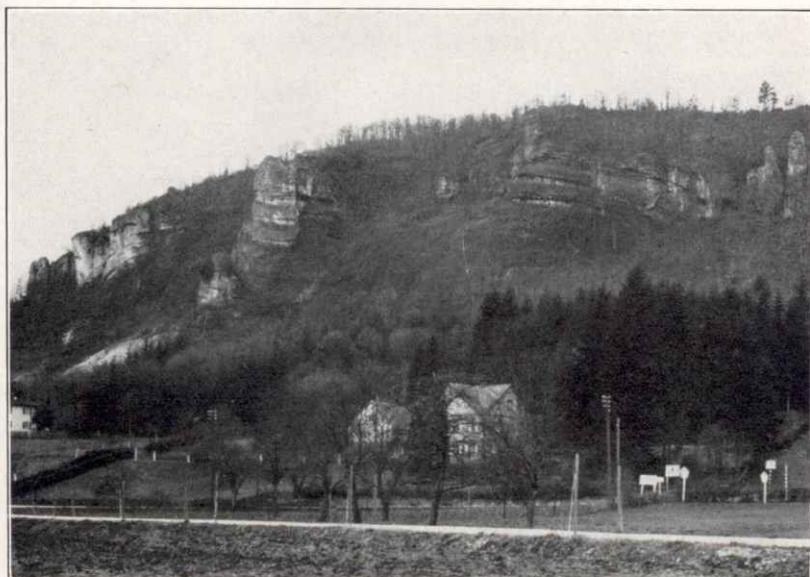


phot. F. Sauthoff.

Fig. 1

Schwammriffe am Müllers-Berg bei Streitberg.

Malm-Beta. Den „schichtigen“ Riffen unten sind steile, meist dolomitisierte, massige Riffe aufgesetzt. Dem Hauptriff sind links muldenartig Bankkalke der Überguß- und Normalfazies angelagert. Gestrichelt = Faziesböschung zwischen Riff- und Übergußmasse.



phot. F. Sauthoff.

Fig. 2

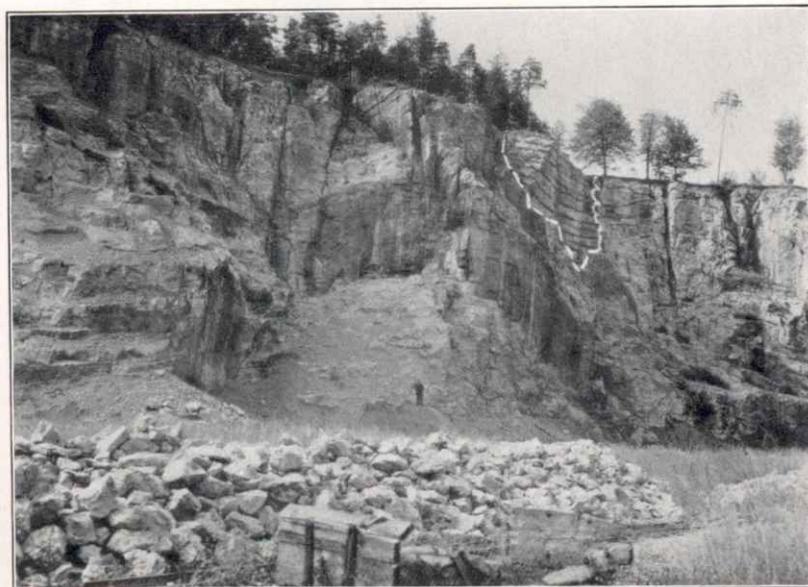
„Schichtige“ Malm-Beta-Schwammriffe bei Streitberg.



phot. F. Sauthoff.

Fig. 3

Schwammriff (links) mit „Mulden“-Kalken (rechts) bei Vorra.
Man beachte die überhängende Riffböschung.

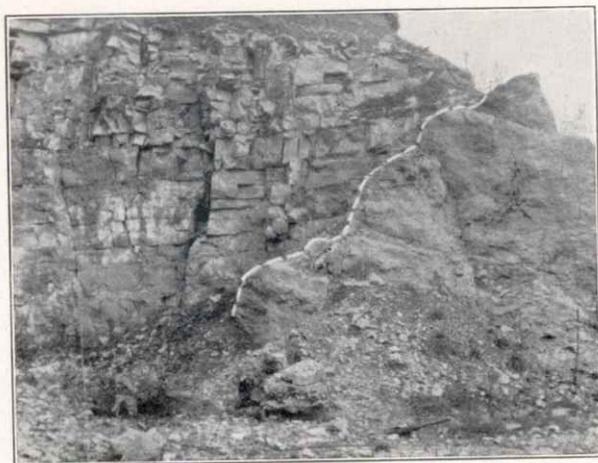


phot. K. Geißelbrecht.

Fig. 4

Schwammriff bei Vorra.

Zu beiden Seiten wie auch von vorne steigen die Kalkbänke der „Mulden“ gegen das Riff zu an. Diesem sind lagunenartig wagrecht gebankte Normalkalke eingelagert.

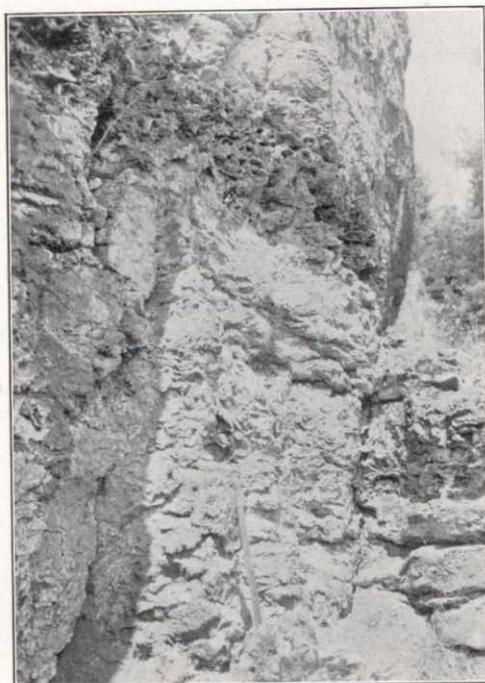


phot. P. Dorn.

Fig. 5

Schwammstotzen bei Vorra mit angelagerter Bankfazies.

Gestrichelt = Riffböschung. Die Fugen der Bänke schneiden scharf an der Riffgrenze ab.
Die Mächtigkeit mancher Bänke vermindert sich gegen den Stotzen.

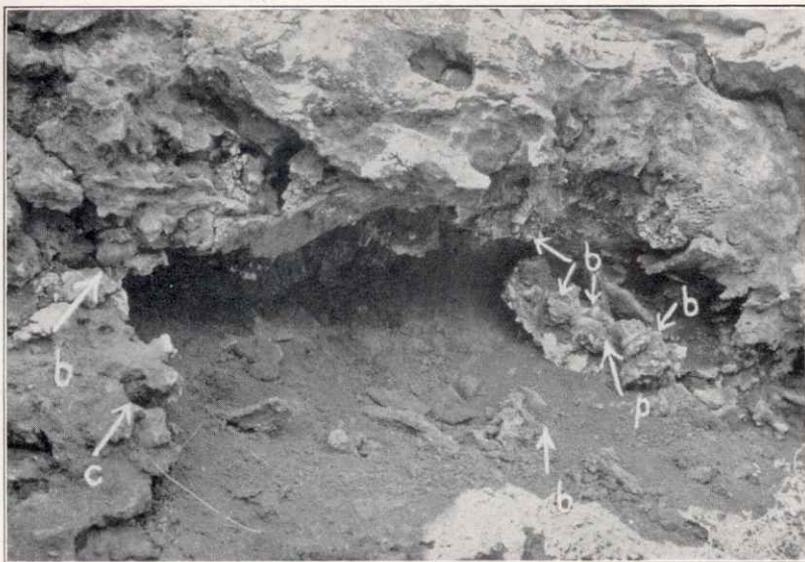


phot. F. Sauthoff.

Fig. 6

Kluftwand eines Schwammriffes bei Vorra.

Infolge Auslaugung des leichter löslichen „Riffsandes“ treten die Schwämme hervor.



phot. F. Sauthoff.

Fig. 7

Riffhöhle eines Schwammriffes bei Vorra.
b = Brachiopoden, c = Seeigel, p = Perisphincten.



phot. F. Sauthoff.

Fig. 8

Teilansicht der Kluftwand eines Schwammriffes bei Vorra.
Man bemerkt das Vorherrschen der teller- und kegelförmigen Schwämme.

