

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 58 (1965)
Heft: 2

Artikel: Riffsedimentologische Untersuchungen im Rauracien von St. Ursanne und Umgebung (Zentraler Schweizer Jura)
Autor: Pümpin, Volkmar F. / Woltersdorf, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-163283>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Riffsedimentologische Untersuchungen im Rauracien von St. Ursanne und Umgebung (Zentraler Schweizer Jura)

von **Volkmar F. Pümpin** (Basel)

mit einem Beitrag von **F. Woltersdorf** (Basel)

Die Fossilfundstellen bei Roche au Vilain südlich La Caquerelle und eine Zusammenstellung der dort gefundenen Fossilien

Mit 36 Textfiguren und einer Tafel (I)

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	800
Summary	801
Verdankungen	802
Einleitung	803
Geographische Lage des Untersuchungsgebiets	803
Bisherige Untersuchungen	804
Problemstellung und Arbeitsmethoden	805
Das Rauracien im Nordwesten des Riffgürtels	809
Das Profil von St. Ursanne und seine lithostratigraphischen Einheiten	809
Die Liesbergsschichten	812
Mumienkalke und Oolithe	814
Die kreidigen Kalke von St. Ursanne und die darin eingeschlossenen Bioherme	823
A. Die Bioherme im Steinbruch von St. Ursanne	824
B. Die kreidigen Kalke von St. Ursanne	835
C. Ein Vergleich der Bioherme von St. Ursanne mit solchen anderer Formationen	841
D. Die Entwicklung der Bioherme im Steinbruch von St. Ursanne	843
E. Die Bioherme bei P.883,6, Roche au Vilain, südlich La Caquerelle	844
F. Die Bioherme von Les Œuches, östlich von Ravines	846
G. Weitere Bioherme im nordwestlichen Faziesbereich	846
Die Vorbourgkalke	847
Die feinen Kalkarenite in den Profilen Montmelon, sous les Errauts und Plan du Noyer	853
Bioherme und Sedimente des Riffgürtels	859
Entwicklung und Paläogeographie des Rauracien-Riffkomplexes in der Gegend von St.-Ursanne	861

Anhang I

Die Fossilfundstellen bei Roche au Vilain, südlich La Caquerelle und eine Zusammenstellung der dort gefundenen Fossilien, von F. WOLTERS DORF 863

Anhang II

Detailprofile 867

Anhang III

Chemische Daten

Literaturverzeichnis 871

ZUSAMMENFASSUNG

1. Im Rauracien (mittleres bis oberes Oxfordien, nach ARKELL, 1956) des Untersuchungsgebietes können drei verschiedene Typen von Korallenkalken festgestellt werden:
 - a) Die weitläufigen Biostrome der Liesbergschichten: Es sind Korallenschwarten-Lagen, die durch mergelige Zwischenlagen getrennt werden. Sie enthalten eine Fauna, die vor allem durch viele Crinoiden und Calcispongien charakterisiert ist.
 - b) Die Bioherme des Riffgürtels: Sie fassen in den Liesbergschichten und werden rund 70 m hoch. Ausgedehnte Schuttfächer gehen von ihnen aus.
 - c) Die Bioherme im Steinbruch von St. Ursanne, bei Roche au Vilain, Les Ceuches etc.: Sie sind jünger als die tieferen Teile der Bioherme des Riffgürtels, werden 20–40 m hoch und setzen sich aus verschiedenartigen Korallenzonen und Schuttsystemen zusammen. Die entsprechenden Veränderungen der oekologischen und dynamischen Bedingungen dürften die Folge des Wachstums gegen die Meeresoberfläche sein. Am besten können diese Riffe mit rezenten «patch reefs» verglichen werden.
2. Die Sedimente nordwestlich der Riffbarriere sind typische riffnahe Ablagerungen in sehr seichten Gewässern. Wir können vier Typen unterscheiden:
 - a) Auf der Leeseite der grossen Bioherme des Riffgürtels liegen feine Kalkarenite. Diese bestehen teils aus biogenem Detritus, teils aus kleinen Pelitkörperchen (pellets). Wir können sie vergleichen mit ähnlichen Ablagerungen auf den Bahamas und in anderen rezenten Riffgebieten.
 - b) Weiter im Nordwesten liegen Mumienkalke und Oolithe. Die Mumien werden von Cyanophyceen gebildet. Die Algenflora, die wir in den Mumienkalken finden, ist nicht auf diese beschränkt, sondern kann auch in den basalen Partien der feinen Kalkarenite beobachtet werden. Dies lässt uns vermuten, die Mumienkalke und die untersten Lagen der feinen Kalkarenite seien gleichzeitig sedimentiert worden.

Die Zunahme der Korngrösse nach Nordwesten ist vermutlich auf Zunahme der Strömung in gleicher Richtung zurückzuführen.

Die Oolithe sind mehrheitlich frei von Cyanophyceenschläuchen; dagegen können in ihrer Hülle oft inkrustierende Foraminiferen beobachtet werden.

- c) Die feinen Kalkarenite, Mumienkalke und Oolithe weisen Komponenten auf, die wir gut mit authigenen Körnern aus rezenten Riffgebieten vergleichen können.
 - d) Die kreidigen Kalke von St. Ursanne, in welche die kleineren Riffe eingebettet sind, können am besten mit rezenten Kalkschlamm-Ablagerungen verglichen werden, wie wir sie aus dem Persischen Golf kennen. Das Gestein ist sehr fossilreich. Es kann eine "allogene", zum Biotop der Bioherme gehörende, und eine "authigene", zum Biotop der kreidigen Kalke gehörende Fauna unterschieden werden. F. WOLTERS DORF hat beide Faunen bei Roche au Vilain zusammengetragen und bestimmt (vgl. Anhang I).
3. Die Vorbourgenkalke überdecken die Riffbarriere und die Sedimente nordwestlich davon. Sie zeigen eine zyklische Mergel-Kalk-Sedimentation. Feiner terrigener Detritus ist häufig. Limnische Ostracoden und Characeen deuten auf zeitweise ausgesüßte Gewässer. Verschiedene Strukturen auf Schichtflächen und Schichtunterseiten lassen auf zeitweilige Trockenlegung schliessen. Unsere Beobachtungen ergänzen diejenigen von M. A. ZIEGLER (1962) und untermauern seine Aussage, es handle sich um ausgedehnte fossile Watten.

SUMMARY

The Rauracien (Middle to Upper Oxfordian according to ARKELL) of the east-central Jura (Switzerland) is divided into two main districts:

- a reef belt in the south-east, bordering a marly open sea facies (Argovien)
- an area of limestone deposits in the northwest.

The reef belt consists of a complex of large bioherms (70 m high). The space between the reefs is filled with fine calcarenites and interbedded reef talus.

The northwestern facies belt, which is the main object of our studies, shows two different types of coral limestones:

- a) The *Liesberg beds* at the base of the Rauracien limestone series are coral biostromes. Each coral layer is separated from the next by a marly intercalation.
- b) Smaller *bioherms* (30–40 m high) embedded into chalky limestone («kreidige Kalke von St. Ursanne»). Lithostratigraphically they are younger than those of the reef belt and are comparable with recent patch reefs. They consist of different coral zones and talus systems.

The other sediments of the northwestern facies belt are deposits typically associated with reefs:

- a) On the leeward side of the reef belt, *fine calcarenites* were deposited. They consist of bioclastic material and pellets and are comparable with widespread deposits of the Bahamas, of the Persian Gulf and other recent reef districts.

- b) To the northwest, the fine calcarenites change into *algal ball limestones* («mummy»-beds) and oolites. The Liesberg beds are overlain by this lithofacies, with the algal ball limestones at its base.
- The algal balls are formed by encrusting blue-green algae. Similar algae are found in the basal layers of the fine calcarenites, and it is possible that the two beds correlate.
 - The oolites often contain encrusting foraminifera in their concentric layers.
- c) In the fine calcarenites, algal ball limestones and oolites there are composite grains comparable to those described from the Bahamas.
- d) The *chalky limestone* ('kreidige Kalke von St. Ursanne') may be compared with recent lime-mud sediments as described from the Bahamas and from the Persian Gulf. The limestone is very fossiliferous. An "allogenic" and an "authigenic" fauna can be distinguished. The first belongs to the reef biotope, the latter to the biotope of the chalky limestone.
- e) The *Vorbourg beds* are primarily the result of cyclic lime-mud sedimentation, although fine terrigenous detritus is abundant. Limnic algae (*Chara*) and Ostracods indicate temporary fresh water conditions. Various surface- and bottom-structures suggest that the sediments have been temporarily lifted above sea level. Apparently the paleogeographic conditions were those of widespread tidal flats.

VERDANKUNGEN

Bei der Ausarbeitung der vorliegenden Dissertation wurde mir von verschiedenen Seiten Hilfe zuteil, wofür ich zu herzlichem Dank verpflichtet bin.

Die Arbeit ist auf Vorschlag von Prof. H. P. LAUBSCHER entstanden. Ausserdem unterstützten mich Prof. L. VONDERSCHMITT und Prof. M. REICHEL in geologischen und paläontologischen Fragen.

Die Direktion der Fabrique de chaux de St.-Ursanne gestattete mir die geologischen Aufnahmen in den der Fabrik gehörenden Galerien und stellte mir umfangreiches Plan- und Photomaterial zur Verfügung. Ein Teil der Druckkosten wurde von ihr übernommen.

Dr. h. c. F. WOLTERS DORF vom Naturhistorischen Museum Basel liess mich grosszügig von seiner Kenntnis der Malm-Fossilien profitieren.

Dr. H. G. KUGLER finanzierte einige Schürfungen bei La Caquerelle.

Die chemischen Analysen wurden von Dr. H. SCHWANDER am mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Basel durchgeführt.

Beim Zeichnen der Textfiguren half mir mein Freund F. GRAZIOLI, Genf.

Besondern Dank meinen Eltern, die mir das Studium ermöglichten. Ihnen und meiner Frau sei diese Arbeit gewidmet.

Einleitung

GEOGRAPHISCHE LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS

(Fig. 1)

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im zentralen Schweizer Jura.

Drei Antiklinalen: die Caquerelle-, die Clos du Doubs- und die Clairmont-Antiklinale treten als Bergzüge in Erscheinung. (vgl. Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25000, Blatt 40; St. Ursanne, und Erläuterungen).

Die uns interessierenden Malmkalke treten nur in den Flanken der Gewölbe und in den Synklinalen auf.

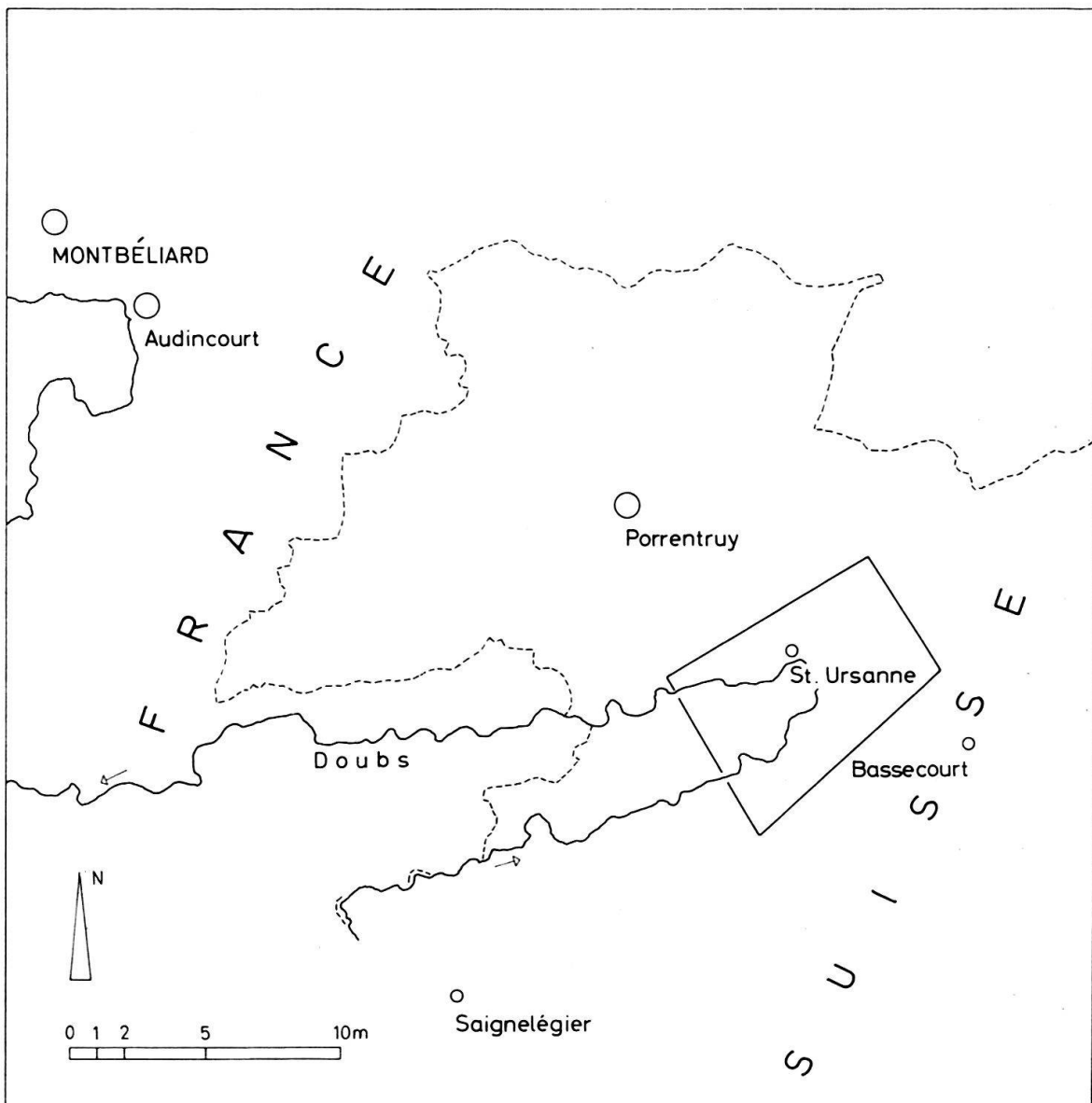


Fig. 1. Lage des Untersuchungsgebiets.

Das Arbeitsgebiet ist dargestellt auf dem SE-Quadranten des Blattes St. Ursanne 1:25000 (Blatt 1085 der Landeskarte der Schweiz) und auf dem NE-Quadranten des Blattes Bellelay 1:25000 (Blatt 1105 der Landeskarte der Schweiz). Orts- und Flurnamen sind diesen Blättern entnommen.

BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN

Schon sehr früh haben namhafte Geologen und Paläontologen die fossilreichen Fundstellen des unteren und oberen Rauracien von St. Ursanne und La Caquerelle bearbeitet. J. THURMANN (1832) hat als erster den Versuch unternommen, die in der Gegend gefundenen Fossilien stratigraphischen Horizonten zuzuordnen.

Vorher hatte er den von M. E. THIRRIA (1830) übernommenen Namen «Coralrag» in «Corallien» abgeändert. A. D'ORBIGNY (1845) verdanken wir einen grossen Teil der Kenntnisse über die Fossilien des Rauracien.

A. GRESSLY (1838–1841, p. 11) formulierte in seiner Arbeit «Observations géologiques sur le Jura soleurois» den Facies-Begriff. In seinem «Rapport géologique sur les Terrains parcourus par les lignes du réseau des Chemins de fer Jurassiens par le Jura bernois» (1864, p. 96) taucht erstmals der Ausdruck Rauracien auf. Das «Terrain Corallien ou Rauracien» wird als litorale Facies eines Meeres angesehen, das sich nach SE zu öffnet, und in welchem das «Terrain Argovien» zur Ablagerung gelangt. J. B. GREPPIN (1867, p. 72) übernimmt den Begriff «Rauracien», verwendet ihn aber als Stufenbezeichnung.

Grosse paläontologische Monographien sind in den achtziger und neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts von P. DE LORIOI (*Études sur les mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura bernois*, 1889–1892, & *Études sur les couches coralligènes supérieures du Jura bernois*, 1895) und von F. KOPY (*Monographie des polypiers jurassiques de la Suisse*, 1880–1889) verfasst worden. Diese drei Arbeiten sind für die Bestimmung der Fossilien des Rauracien heute noch von ausserordentlicher Wichtigkeit. Sie bilden eine Revision und Ergänzung der Werke von J. THURMANN (1832), J. THURMANN & A. ETALLON (1861–1863) und A. D'ORBIGNY (1845). In verschiedenen Publikationen revidiert P. DE LORIOI (1889–1892, 1895) die Echinodermen, welche L. AGASSIZ (1840) erstmals beschrieben hatte.

Die Riffprobleme im Rauracien wurden schon von J. THURMANN (1832) und A. GRESSLY (1838–1841) angeschnitten, doch erst ABBÉ BOURGEAT (1888, p. 53, 84–91) beschäftigt sich eingehend mit ihnen. In den «Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional» versucht er die Genese der Malm-Riffe zu erklären.

Seinen Fusstapfen folgte L. ROLLIER (1888, p. 87), der zur Auffassung von A. GRESSLY zurückkehrte und die Bezeichnung «Rauracien» als faciiellen Begriff und nicht als Stufe betrachtete. Er erforschte die lithostratigraphischen Zusammenhänge der verschiedenen Facies-Typen genauer. In der seiner Arbeit angehängten Tabelle stellt er das Rauracien zwischen das Terrain à Chailles des Oxfordien und die mergeligen Couches du Châtelu des hangenden Séquanien und unterteilt es folgendermassen:

3. Calcaire à Nérinés
2. Oolithe corallienne
1. Calcaires grumuleux, silicieux à *Millericrinus* Escheri ou Couches de Liesberg.

Nach der Jahrhundertwende sind nur noch wenige Autoren auf die stratigraphischen Verhältnisse im Malm eingegangen. L. GLANGEAUD (1944) gibt einen kurzen Überblick über die faciiellen Verhältnisse im französisch-schweizerischen Grenzgebiet. Er betrachtet aber «Argovien» und «Rauracien» als chronostratigraphische Einheiten, da im westlichen Jura Korallenkalke über grauen Mergeln folgen, die dem Argovien zugeordnet werden.

Das Hauptinteresse der geologischen Forschung im Jura wendet sich nun der Tektonik zu. So befasst sich H. LAUBSCHER (1948) bei der Neukartierung des Gebietes von St. Ursanne in erster Linie mit dem komplizierten Gebirgsbau der Region.

Erst im Jahre 1956 ist wieder eine stratigraphische Arbeit erschienen: P. A. ZIEGLER, Zur Stratigraphie des Sequanien im zentralen Schweizer Jura.

Sein Bruder M. A. ZIEGLER (1962) bearbeitete den unteren Malm in der gleichen Region und kam zu Schlussfolgerungen, die für unsere Arbeit von besonderem Interesse sind:

- Die Begriffe «Argovien», «Rauracien» und «Sequanien» werden von ihm nur noch als lithologisch definierte, oft heterochrone Gesteinskomplexe innerhalb des Lusitanian betrachtet.
- Räumlich gliedert er den Komplex auf Grund seiner Faciesprofile (siehe p. 13 und Schema auf p. 15 seiner Arbeit) in folgende Gebiete:
 1. Nordwesten: Hinterriff, bzw. sehr seichte Plattform
 2. Riffgürtel
 3. Südosten: Übergangszone gegen das offene Meer mit Ammoniten.

Lithostratigraphisch unterteilt er den Hinterriffbereich in:

4. Vorbourgkalke
3. Kreide von St. Ursanne¹⁾
2. Caquerelle Pisolith
1. Liesbergschichten

Das Liegende nennt er weiterhin Terrain à Chailles; für das Hangende behält er den Ausdruck Naticamergel bei.

Diese vorzüglichen Arbeiten sind vor allem regionaler Art. Sie liefern einen Rahmen für detailliertere Untersuchungen in begrenzteren Gebieten und haben auch für die vorliegende Dissertation zur Orientierung gedient.

PROBLEMSTELLUNG UND ARBEITSMETHODEN

Im Gegensatz zu den erwähnten regionalen Arbeiten gingen wir von einem ganz lokalen Problem aus: Dem Studium der Riffbildungen im Steinbruch von St. Ursanne. Die hier vorliegenden ausgezeichneten Aufschlussbedingungen ermöglichen eine genauere Prüfung der komplizierten sedimentologischen Gegebenheiten. Unser weiteres Interesse galt den lokalen Faciesverhältnissen.

Die Feldarbeiten erstreckten sich auf die Jahre 1961–1964. Die im Steinbruch von St. Ursanne anstehenden Bioherme wurden auf einen Plan 1:1000 eingetragen

¹⁾ Wir sind der Auffassung, dass diese Benennung Verwechslungen mit der Formation Kreide hervorrufen könnte und haben in der vorliegenden Arbeit den Ausdruck: «Kreidige Kalke von St. Ursanne» verwendet (vgl. S. 823).

(Fig. 13). Es ergab sich dabei ein deutliches Bild der lokalen Verbreitung der Riffkalke. Lithologisch konnten diese in gewachsene Riffe und in Riffschutt unterteilt werden. Riff und Riffschutt zeigten wiederum typische Eigenheiten, die genauer untersucht werden mussten.

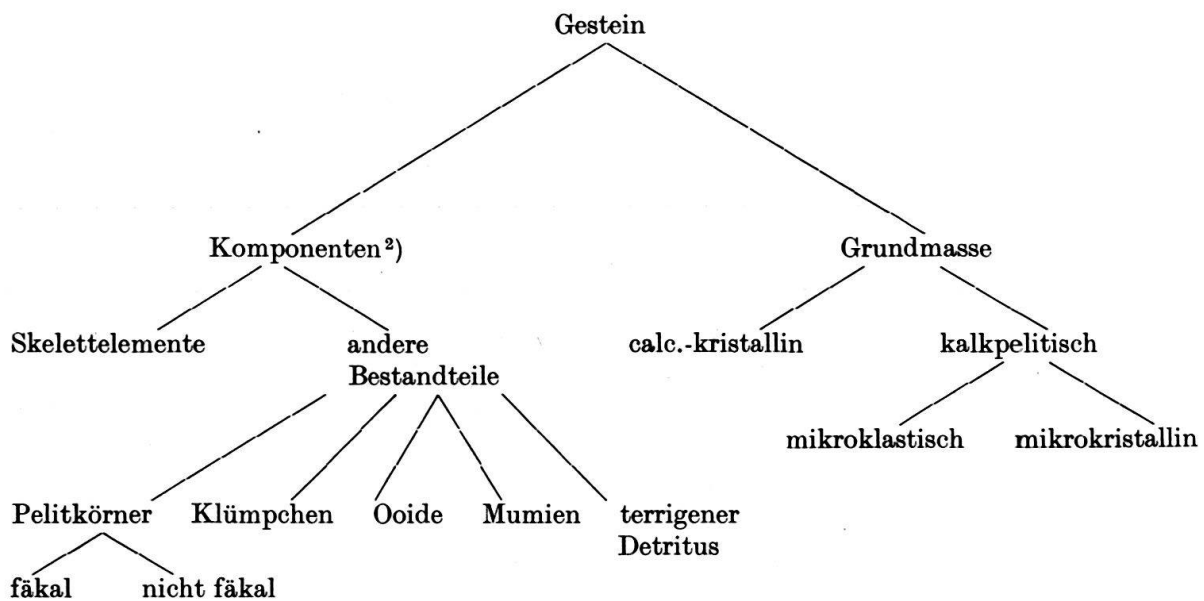
Ein weiteres Anliegen war es, die Sedimente, die mit den Biohermen von St. Ursanne verknüpft sind in die weitere Umgebung zu verfolgen, die lithologischen Wechsel festzustellen und zu versuchen, die Beziehungen zum Riffgürtel von M. A. ZIEGLER herauszuarbeiten.

Eine wesentliche Hilfe waren uns dabei die in den Jahren 1914–1918 erstellten Schützengräben im Gebiet von La Caquerelle-Mont Russelin. In diesem Gebiet wurde in den vergangenen vier Jahrzehnten von F. WOLTERSDORF (Naturhistorisches Museum Basel) eine reichhaltige Fauna von Fossilien aus dem Rauracien zusammengetragen. Herr Dr. WOLTERSDORF half überdies bei der Neuöffnung einiger Grabenabschnitte mit und bestimmte die Fossilien.

Zur Erfassung der lithologischen Wechsel in der Vertikalen wurden die Unter- und Oberseiten der Bänke besonders eingehend untersucht. Zudem wurden zahlreiche orientierte Anschliffe und Dünnschliffe zu Hilfe gezogen. Bei der relativen Armut an guten Profilen waren wir gezwungen, die gleichen Profile wie M. A. ZIEGLER aufzunehmen, aber detaillierter zu untersuchen.

Die Gesteine mussten auf Grund ihrer inneren Beschaffenheit klassifiziert werden. Dies geschah bei den Riffbildungen durch Untersuchung und Beschreibung im Gelände; bei den andern Sedimenten wurde auch der Mikrobereich analysiert.

Über Klassifikationsprinzipien bei Karbonatgesteinen orientieren z. B.: ILLING (1954), FOLK (1959) und vor allem das AAPG-Symposium «Classification of Carbonate Rocks» (1962). Im folgenden wird eine Einteilung ähnlich der von LEIGHTON & PENDEXTER im genannten Symposium angewendet, aber in etwas vereinfachter Art, wie folgendes Schema illustriert:



²⁾ Die im Schliffbild dominierenden Komponenten werden Hauptkomponenten genannt, untergeordnete Bestandteile: Nebenkomponten.

Da die Nomenklatur der Karbonatgesteine etwas verwirrend ist, soll der eigentlichen Beschreibung eine knappe Erläuterung der Begriffe von gezeigtem Schema vorangestellt werden.

Komponenten:

1. **Skelettelemente** (skeletal elements). Hartbestandteile (= Skelette) verschiedenster kalkausscheidender Organismen, seien sie ganz oder in Bruchstücken. In vielen Fällen sind sie, je nach Grösse, von Thallophyten, Schwämmen, Mollusken oder Würmern angebohrt. Ganze Schalenstücke können durch solche Bohrtätigkeit zerlegt werden. Das losgelöste Material kann durch Cyanophyceen an die Aussenseite der Skeletteile anzementiert werden. Wir sprechen dann von umkrusteten Komponenten.

2. **Andere Bestandteile** (non skeletal elements). Körner verschiedenster Zusammensetzung, die nicht als Skelettelemente angesprochen werden können. Wir unterscheiden: Pelitkörner, Klümpchen, Ooide und terrigenen Detritus.

a. **PELITKÖRNER** (pellets). Gesteinskörperchen von rundem bis ovalem, oft aber auch eckigem Habitus, die hauptsächlich aus pelitischem Material bestehen. Sie können auch grösser werden als 0,02 mm. Nach ihrer Genese werden sie unterteilt in:

- Pelitkörner fäkaler Herkunft (faecal pellets)
- Pelitkörner ungewisser, vielleicht anorganischer Herkunft (grains of micrite)

Pelitkörner fäkaler Herkunft sind Exkreme von verschiedensten Meeresbewohnern. Schlammfresser jeglicher Art binden in ihrem Verdauungskanal die losen Sedimente und geben sie in Form von kugeligen, ellipsoidalen oder stäbchenförmigen Fäkalien wieder von sich. Die Mehrzahl dieser Körner zeigt keine Innenstruktur. Für ihre fäkale Herkunft spricht aber die ausgezeichnete Sortierung, der einheitliche Habitus, und die Häufigkeit in schlammigen Sedimenten. Nur in seltenen Fällen, meist bei Krabben-Koprolithen, sind kleine Kanälchen in einer dunklen Grundmasse sichtbar. (vgl. BRÖNNIMANN & NORTON, 1960).

EARDLEY (1938, p. 1401) zeigt, dass die Ablagerungen des grossen Salzsees (Utah) zu einem Drittel aus Kot einer kleinen Garneele (*Artemia gracilis*) bestehen. Die Fäkalien dieses Krebses kommen nicht nur in kalkigen Sedimenten, sondern auch in Tonen und Evaporiten vor. Anscheinend hat das Tier die Fähigkeit, Karbonate auch in kalkarmem Milieu zu produzieren.

Im weitem werden Genese und Vorkommen solcher Körner von ILLING (1954, p. 24) und GINSBURG (1957, p. 81) von den Bahamas und den Riffgebieten Floridas beschrieben.

Nicht fäkale Pelitkörner, vermutlich anorganischer Herkunft (grains of micrite) entstehen durch Akkretion von feinstem kryptokristallinem Aragonit, der später in Calcit übergeht. Die Sandbänke der Bahamas sind zum grossen Teil aus ihnen zusammengesetzt. Noch nicht geklärt ist, welche Rolle Organismen wie Bakterien bei der Bildung dieser Komponenten spielen.

Zu dieser Gruppe werden auch Stücke von schwach verfestigtem Schlamm gezählt, die aus ihrer ursprünglichen Lage losgelöst und vor ihrer Resedimentation etwas gerollt wurden. Solche Gebilde nennt FOLK (1959) «intraclasts».

Fäkale und nicht fäkale Pelitkörner sind oft schwer zu unterscheiden. Beide können in gleichem Masse an der Gesteinsbildung beteiligt sein. Daher werden in der nachfolgenden Diskussion über die Faciestypen alle diese Körner als Pelitkörner bezeichnet. In Einzelfällen wird aber eine genauere Beschreibung gegeben.

b. KLÜMPCHEN (lumps). Nach ihrer Genese unterscheiden wir zusammengesetzte Körner und Algenklümpchen.

Zusammengesetzte Körner (composite grains) sind erkennbar an ihren gebogenen, doch nicht eingebuchteten Konturen. Es sind Klumpen, die aus mehreren Einzelkörnern zusammengesetzt sind, und oft ein traubenförmiges Aussehen besitzen (grapestones). Das Bindemittel, das die einzelnen Körner zusammenhält, bestand ursprünglich aus sehr feinen Aragonitnadeln, welche stets an den Berührungspunkten der Körner zu wachsen begannen (vgl. ILLING 1954).

Algenklümpchen (algal lumps) sind Klumpen, die von blaugrünen Algen gebildet werden. Wir können Cyanophyceenknöllchen und Mumien (algal biscuits) unterscheiden.

Cyanophyceenknöllchen sind kleine Körperchen, die sich durch einen besonders schwammigen Habitus auszeichnen. Sie werden kaum grösser als 1 mm.

Mumien sind ca. 0,5–50 mm grosse, unregelmässig geschichtete Kalkknollen, die oft Schalenrümmer, ja sogar ganze Fossilien einschliessen. Sie werden durch Cyanophyceen gebildet. In ihren filzigen Hüllschichten sind oft festsitzende Foraminiferen der Gattung *Nubeculinella* zu beobachten. GASCHÉ (1956, p. 43) untersuchte die Mumienbänke des Sequanien im Jura und wies ihren phytogenen Charakter nach. Im Süsswasserbereich sind sie vergleichbar mit den «Schneeglisländen» im Bodensee, welche im seichten Wasser, im Bereiche des Wellenschlages entstehen.

c. OOIDE, «Kugelige Bestandteile der Oolithe. Meist gut gerundete, verschiedenen geformte, aus Kern und Schale zusammengesetzte Gefügekörner, die sich in Gestalt einer Kugelform beliebig nähern; die Schale zeigt im Schnitt eine ausgeprägte konzentrische Anordnung der Ringe. Der Durchmesser des Ooids ist kleiner als 2 mm». (Nach FLÜGEL & KIRCHMAYER, 1962).

d. TERRIGENER DETRITUS. Abtragungsprodukte von prae-existenten Gesteinen.

Grundmasse

1. **Calcitisch-Kristallin** Calcit als kristalline Füllung der Porenräume, oder durch Rekristallisation entstanden. Umkristallisierung ursprünglicher Gesteinskomponenten führt zu Mosaikstruktur. Die pelitische Matrix wird am meisten von der Rekristallisation betroffen. Bei gewissen Kalkareniten ist schwer zu unterscheiden, ob die ursprüngliche Grundmasse pelitisch oder calcitisch-kristallin war.

2. **Kalkpelitisch** (micrite, FOLK, 1959), Mikroklastische oder mikrokristalline feinste Karbonatfraktion.

Das Rauracien im Nordwesten des Riffgürtels

DAS PROFIL VON ST. URSANNE UND SEINE LITHOSTRATIGRAPHISCHEN EINHEITEN (vgl. Fig. 2 und 3; Tafel I, Profil 2)

Die Aufschlüsse von St. Ursanne sind von ZIEGLER zur Hauptriffzone gestellt worden; aber wie aus Fig. 2, und speziell aus Fig. 3 ersichtlich ist, hängen die Bioherme von St. Ursanne nicht direkt mit dem Hauptriffgürtel zusammen. Nach unserer Auffassung gehören sie zum Bereich des Hinterriffs.

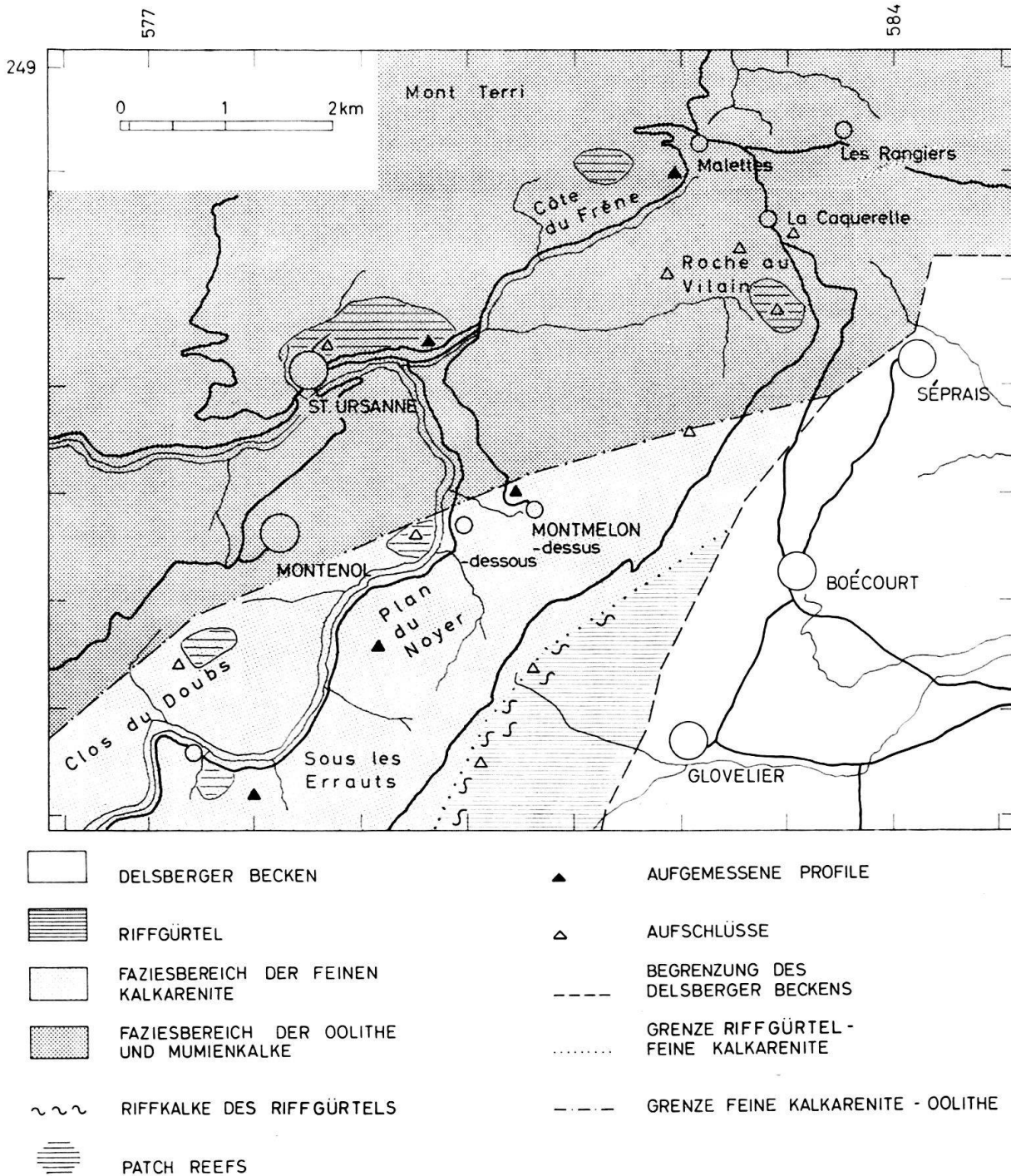


Fig. 2. Verteilung der Facies im Rauracien der Umgebung von St. Ursanne.

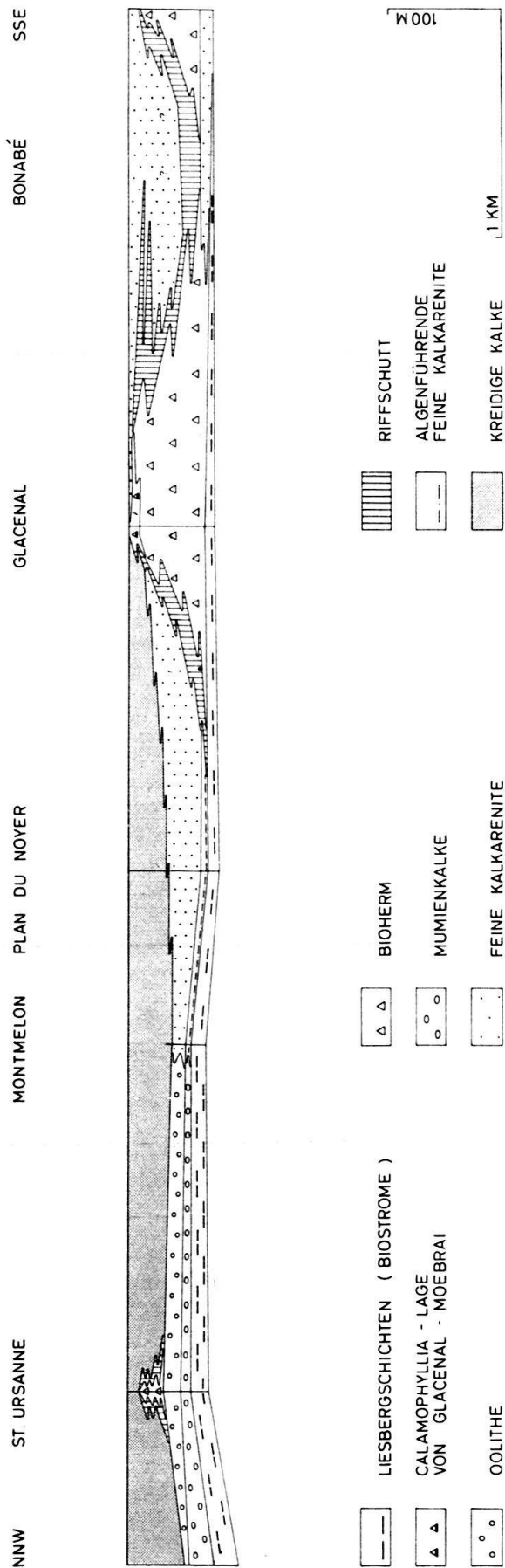


Fig. 3. Schematisches Faciesprofil durch den Riffgürtel und die nordwestlich davon liegenden Sedimentserien.

Den Hinterriffbereich können wir in zwei Faciesbezirke unterteilen:

NNW	SSE
Faciesbereich der Oolithe	Faciesbereich der feinen Kalkarenite
Oolithe	Feine Kalkarenite (pellet limestones)
Mumienkalke	

Beide Bereiche liegen auf den Liesbergschichten und werden von den kreidigen Kalken überdeckt.

Einen guten Überblick über die Schichtfolge im Rauracien von St. Ursanne gewinnen wir an der Strasse St. Ursanne-Epauvilliers, an der Haarnadelkurve bei P. 457 (ca. 500 m E der Doubsbrücke). Hier öffnet sich dem Betrachter ein prächtiger Ausblick auf die nach Süden gerichtete Felswand der andern Talseite, aus welcher die kreidigen Kalke durch die Fabrique de chaux de St. Ursanne in grossen Stollen ausgebeutet werden (vgl. Fig. 4).

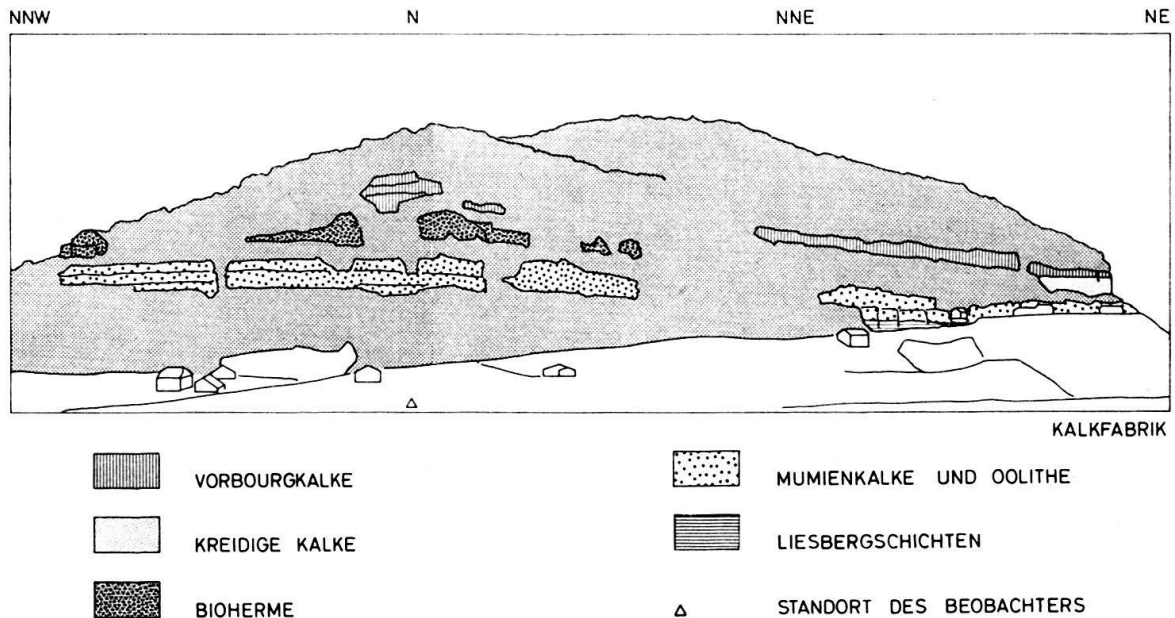


Fig. 4. Die nördliche Talseite des Doubs-Tales bei St. Ursanne von P. 457 (Haarnadelkurve an der Strasse St. Ursanne-Epauvilliers, 500 m östlich der Doubsbrücke) aus gesehen.

Von oben nach unten gliedert sich das Profil wie folgt:

- Kimmeridgien-Sequanien Kalke und Mergel
- Vorbourgkalke Felsband aus gut gebankten Kalken, die das unmittelbare Dach der Stollen im Steinbruch bilden.
- Kreidige Kalke mit Biohermen Stollenanlagen im Steinbruch. Die kreidigen Kalke wittern zurück, die klotzigen Bioherme treten deutlich hervor.
- Oolithe und Mumienkalke Markantes Felsband, das sich entlang der Bahnlinie nach Westen zieht. Die Mumienkalke bilden den untersten Teil der Lage.
- Liesbergschichten Unmittelbar unter der Bahnlinie, z.T. verschüttet.

Bei der folgenden Diskussion der Sedimente im Profil von St. Ursanne sind wir gezwungen zu Vergleich und Ergänzung auch andere Lokalitäten zu betrachten.

Die Liesbergsschichten, ROLLIER 1888, p.87

Synonyma: Fringelischichten
 Florigemmaschichten
 Thamnastreenschichten
 Terrain à chailles silicieux (GREPPIN 1870)
 Glypticien (THURMANN & ÉTALLON, 1861–1864)
 (vgl. Lexique stratigraphique international, vol. I, Europe/Fasc. 7a, Suisse: Jura et Fossé du Rhin)

Typlokalität: Steinbruch Liesbergmühle (Koord. 599700/249550)
 (vgl. M. A. ZIEGLER, Profiltafel I, Nr. 1)

Die Liesbergsschichten sind graubraune Korallenkalke mit mergeligen Zwischenlagen.

Bei Côte du Frêne (Koord. 582050/248000) misst der Horizont 25 m. Gegen SE verliert er deutlich an Mächtigkeit: Bei Plan du Noyer (Koord. 579125/243500) sind es noch 10 m, in der Klus Berlincourt-Undervelier (Koord. 583300/241150) 2.50 m. Bei Les Blanches Fontaines (Koord. 583550/283325) sind keine Liesbergsschichten mehr vorhanden.

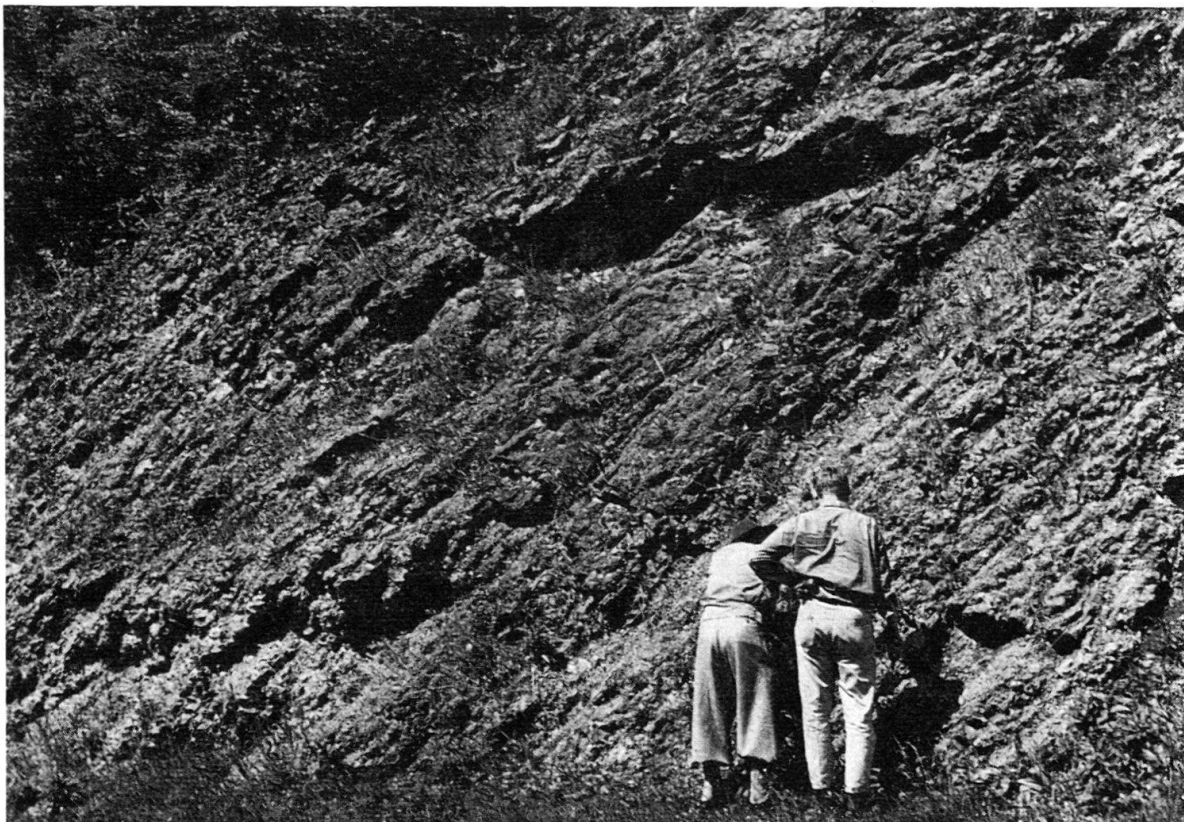


Fig. 5. Korallenbiostrome der Liesbergsschichten im Südschenkel der Mt. Terri-Antiklinale bei Côte du Frêne. Die knorrig-schwartzigen Korallenlagen fallen hier mit 45° nach Süden ein.

Im Profil von St. Ursanne ist nur noch ihr oberster Teil aufgeschlossen. Unterhalb der Bahnunterführung, westlich der Station St. Ursanne stehen graue, etwas mergelige Kalke an, die durch ihren Fossilgehalt auffallen.

Bessere Aufschlussverhältnisse finden sich bei Côte du Frêne (Tafel I, Profil 1). Hier ist deutlich ersichtlich, wie die kalkigen Gesteinspartien durch Korallenschwarzen gebildet werden. Diese biogenen Kalke können seitlich bis zu 50 m weit verfolgt werden.

In der Vertikalen werden die 20–50 cm mächtigen Lagen durch Mergelfugen getrennt.

Die Korallenkalklagen schwellen nicht in Linsen- oder Hügelform an, sondern behalten ihre gleichmässige Mächtigkeit über grössere Distanz bei. Nach der Definition von CUMINGS & SHROCK (1928) handelt es sich somit um Biostrome.

Die Liesbergschichten sind fossilreich. Auffallend ist die Häufigkeit von Crinoiden. F. WOLTERS DORF hat aus einer Fundstelle bei La Caquerelle (Koord. 582 650/247 275) folgende Fauna zusammengetragen:

- Spongien: *Corynella aspera* (FROMENTEL)
Corynella prolifera OPPLIGER
Corynella stellifera (FROMENTEL)
Corynella thurmanni OPPLIGER
Enaulofungia bernensis (ÉTALLON)
Enaulofungia polita (OPPLIGER)
Enaulofungia pusilla (OPPLIGER)
Peronidella amicorum (ÉTALLON)
Peronidella floriceps (ÉTALLON)
Peronidella jurassica (ÉTALLON)
Stellispongia glomerata (ÉTALLON) sehr hfg.
- Scleractinia: *Clausastrea parva* EDWARDS & HAIME
Dimorpharea koechlini (HAIME)
Isastrea sp. sp. sehr hfg.
Latomeandra delemontana (KOBY)
Microsolena sp. sp.
Montlivaultia sp. sp.
Stylina sp. sp.
Thamnasteria sp. sp. sehr hfg.
Thecosmilia sp. sp.
- Brachiopoden: *Zeilleria delemontana* (OPPEL)
- Lamellibranchiata: *Chlamys episcopalis* (LORIOLE)
Chlamys (Aequipecten) lauræ (ÉTALLON)
Lima (Ctenostreon) proboscidea SOWERBY
Ostrea hastellata SCHLOTHEIM
Ostrea quadrata ÉTALLON
Pinna sp. sp.
Spondylopecten moreanus BUVIGNIER
- Gastropoden: *Pseudomelania liesbergensis* LORIOLE

Echinodermen:	<i>Millericrinus bruckneri</i> (AGASSIZ)
	<i>Millericrinus calcar</i> ORBIGNY
	<i>Millericrinus dudressieri</i> ORBIGNY
	<i>Millericrinus escheri</i> LORIOLO
	<i>Millericrinus echinatus</i> (BRUCKMANN)
	<i>Millericrinus horridus</i> ORBIGNY
	<i>Millericrinus knorri</i> LORIOLO
	<i>Millericrinus milleri</i> (SCHLOTHEIM)
	<i>Millericrinus münsterianus</i> ORBIGNY
	<i>Millericrinus nodotianus</i> ORBIGNY
	<i>Millericrinus regularis</i> ORBIGNY
	<i>Millericrinus studeri</i> LORIOLO
	<i>Pentacrinus amblyscalaris</i> THURMANN
	<i>Cidaris blumenbachi</i> (MÜNSTER)
	<i>Cidaris cervicalis</i> AGASSIZ
	<i>Cidaris florigemma</i> PHILIPS sehr hfg.
	<i>Glypticus hieroglyphicus</i> AGASSIZ hfg.

Die Fossilien sind verkieselt. Woher die Kieselsäure stammt, ist nicht geklärt. Bis jetzt konnten z. B. keine Silicispongien festgestellt werden.

Die meisten Korallen sind hermatypisch (Korallen, die Riffe bilden können. Die heutigen Formen leben mit Zooxanthellen in Symbiose). Cerioide (massiv, mit sich berührenden Koralliten), plococid (massiv, Korallite berühren sich nicht, sondern sind durch Coenosteum getrennt) und maendroide Formen (Korallite in maendrierenden Reihen) herrschen vor. Auffallend häufig sind Thamnasterien, Isastreen und Stylinen. Es sind schwarten- bis halbkugelförmige Korallenkolonien, die bis zu einem Meter in die Breite wachsen können. Manchmal sind sie von Cyanophyceen überkrustet. Die Krusten zeigen im Schliffbild gewundene, z. T. leicht verzweigte Schläuche mit Durchmessern von 10–100 μ . Das Lumen ist mit Calcit ausgefüllt. Die Thalli liegen in einer dunklen, pelitischen Grundmasse, die sich gleichmässig über die Oberfläche der Korallen hinzieht.

Die Lamellibranchier weisen grobe Schalen auf und sitzen oft fest (Ostreiden). Ausbildung und Form von Korallen und Bivalven lassen auf ein ziemlich bewegtes Milieu schliessen.

Die mergeligen Zwischenlagen sind vermutlich durch periodische Zufuhr von tonigem Material entstanden, das in Zeiten schwächerer Turbulenz sedimentiert wurde. Die Korallen mögen infolge Verstopfung ihrer Poren abgetötet worden sein. Sie wurden darauf von blaugrünen Algen überzogen. Die schleimigen Algenkrusten hielten den tonigen Pelit der Mergelbänder fest. Das aus diesem Prozess hervorgegangene Gestein könnte nach DUNHAM (1962, p. 117) «boundstone» genannt werden.

Mumienkalke und Oolithe

Synonyma:	Rauracien-Oolith
	Oolithe corallienne GREPPIN (1870)
	Oolithe pisiforme ROLLIER (1898)
	Caquerelle pisolith ZIEGLER (1962)

Mumienkalke und Oolithe sind aus vielen Juraablagerungen beschrieben worden. Meist sind sie eng verknüpft. So beschreibt HERZOG (1956, p.325) Mumienkalke im Dach des unteren Hauptrogensteins (Dogger) bei Basel, die zusammen mit oolithischen Kalken auftreten. Auch im mittleren Séquanien sind neben den bekannten, von P.A.ZIEGLER (1956) und M.A.ZIEGLER (1962) beschriebenen Mumienbänken, Oolithe vorhanden, die sog. «Oolithe rousse».

Die Rauracien-Oolithe und Mumienkalke wurden von ROLLIER (1898) unter dem Begriff «Oolithe pisiforme» und von M.A.ZIEGLER (1962) unter dem Namen «Caquerelle Pisolith» zusammengefasst. Wie sich jedoch im Laufe unserer Untersuchungen ergab, sind die Mumienkalke und Oolithe aus deskriptiven und genetischen Gründen zu trennen, obwohl sie sich an gewissen Orten verfindern.

MUMIENKALKE

Im Profil von St. Ursanne treten die Mumienkalke über den Liesbergschichten in einer Mächtigkeit von 9 m auf, gefolgt von 16 m Oolithen (Tafel I, Profil 2). Der Übergang von den Liesbergschichten zu den Mumienkalken vollzieht sich wie folgt:

Die ersten Mumien treten in den mergeligen Zwischenlagen der obersten Liesbergschichten auf. Die kalkigen Biostrome setzen sich hier nach wie vor hauptsächlich aus Korallen zusammen. Gegen oben werden dann aber auch diese Partien mumienreicher. Die Algenknollen verdrängen langsam die Fossilien und werden selbst zu Hauptkomponenten.

Bei Côte du Frêne erreichen die Mumienkalke eine noch grössere Mächtigkeit (21 m: vgl. Tafel I, Profil 1). An der Basis sind sie unterteilt in 50 cm mächtige Bänke, die oft mit einer Mergelfuge beginnen. In ihnen finden wir aufgearbeitete Knollen der liegenden Kalkbank, die nach oben mit einer stark limonitisierten Schichtfläche abschliesst.

Die Mumienkalke werden nach oben zu massiger. Die Bankung ist nicht mehr so deutlich wie in ihren unteren Partien.

Lithologie:

Hauptkomponenten: Mumien und Ooide. Die Mumien, die normalerweise 80% der Komponenten ausmachen (vgl. Fig. 6), messen 0,5–10 mm im Durchmesser. Stellenweise treten sie etwas zurück, so dass die Ooide das Bild beherrschen (vgl. Fig. 7).

Als Kerne dienen vor allem Gastropoden-Embryonen, Echinodermenfragmente, Mollusken- und Korallentrümmer, Foraminiferen. Daneben finden sich kleinere Ooide.

In der schwammigen, lappigen Hülle der Mumien lassen sich oft Thalli von Cyanophyceen erkennen, als unregelmässige, manchmal verzweigte Kanälchen, die ein engmaschiges Netzwerk bilden können und mit Calcit gefüllt sind. Die Durch-

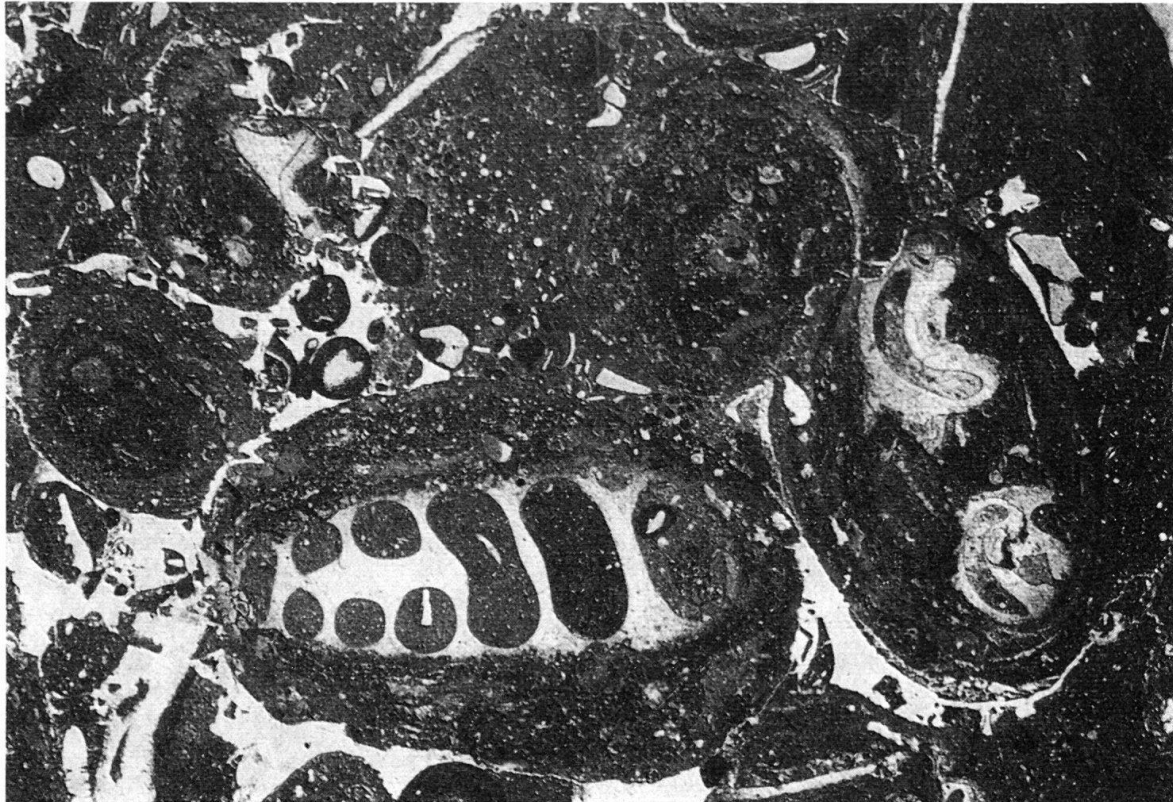


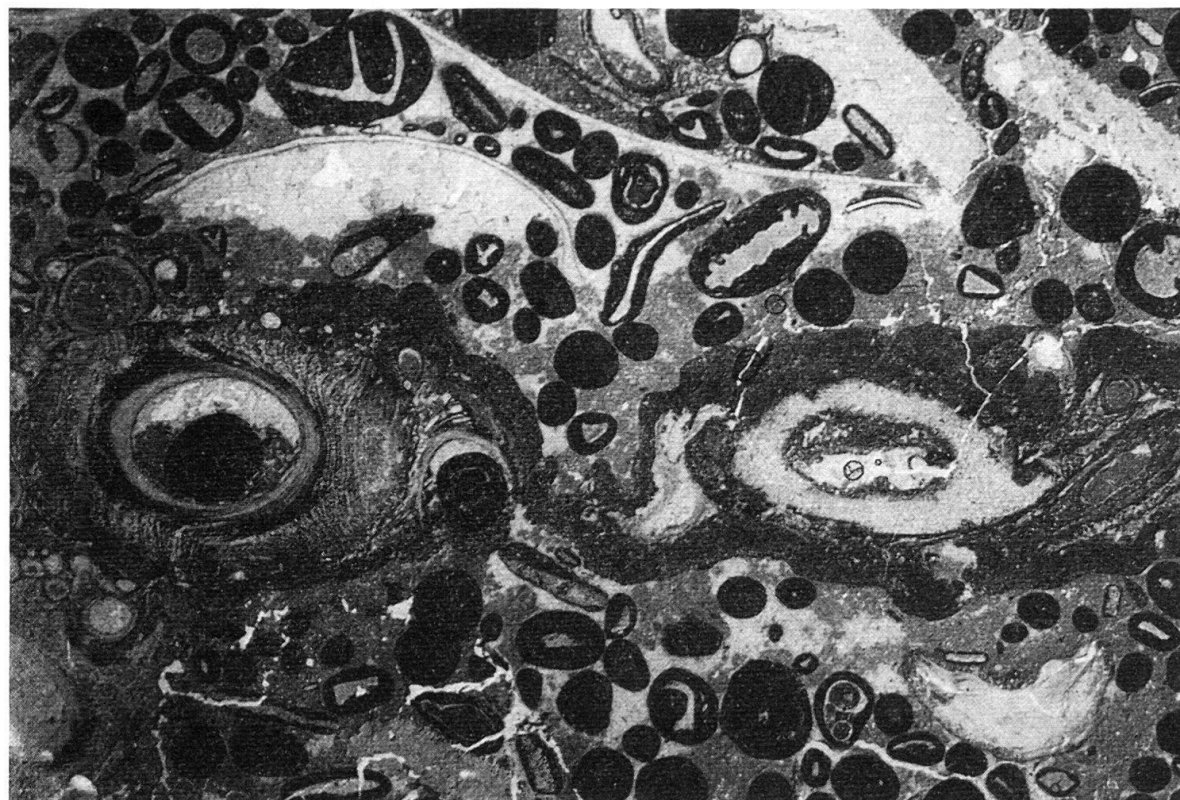
Fig. 6. Mumienkalke; Mumien (algal biscuits), die von Cyanophyceen und Nubeculinellen gebildet wurden. Die filzige Struktur der Hülle kommt deutlich zum Ausdruck. Côte du Frêne.

messer der Thalli schwanken stark. Meist messen sie zwischen 2 und 10 μ . Ihre Länge ist je nach Schnittlage sehr unterschiedlich.

Einzelne Trümmer sind von *Girvanella pisolithica* WETHERED umkrustet, einer Cyanophycee, deren ungegliederte, verzweigte Röhrchen ähnlich wie die Fäden in einem Knäuel den Kern umgeben. Die Röhrchen messen 2 μ im Durchmesser. (vgl. Fig. 7/8)

Häufig treten inkrustierende Foraminiferen auf. Es sind Formen der Gattung *Nubeculinella*. Ihr Proloculum ist spiralig aufgewunden oder hakenförmig. Die Schalen sind imperforiert-kalkig. Normalerweise ist nur eine Kammer zu beobachten. Nur grössere Formen (meist aussen an den Mumien) weisen terminal mehrere irreguläre Kammern auf. (vgl. CUSHMAN, 1955, p. 199).

Nebenkomponenten: Sie sind diffus im Gestein verteilt. An *Skelettelementen* konnten wir Trümmer von Serpelnröhren, Korallen, Mollusken und Echinodermen feststellen. Hierzu gehören auch Foraminiferen: *Lagena*, *Textularia*, *Verneuilina*. An *andern Bestandteilen* wurden kleine Algenklümpchen von schwammigem Aussehen beobachtet. Möglicherweise handelt es sich dabei um Krustenfragmente von Mumien, die etwas gerollt wurden.



10 mm

Fig. 7. Mumienkalke; Serpelnöhre und Gastropodenfragment von *Girvanella pisolithica* WETHERED umkrustet. Im Innern der Hohlräume deutliches Geopetalgefüge. Links Serpelnöhre mit eingelagertem Ooid; rechts Gastropodenfragment, welches vor der endgültigen Sedimentation noch umgelagert wurde. Das Geopetalgefüge im Innern seines Hohlraumes weist in umgekehrter Richtung. Côte du Frêne.

Grundmasse: Die Grundmasse ist bald mehrheitlich kalkpelitisch, bald mehrheitlich calcitisch-kristallin. (vgl. Tafel I, Profile 1 und 2). Dort wo kalkpelitische Matrix auftritt, kann manchmal geopetale Einlagerung gezeigt werden.

Genetische Interpretation

Kalkalgenknollen entstehen in einem regelmässig bewegten Milieu. Cyanophyteen setzen sich an einem Kern fest. Durch ständige Umlagerung dieses Nucleus entsteht eine lappige, mehr oder weniger konzentrische Kruste.

Wir vermuten, die Mumienkalke seien allogen, d.h. nicht an ihrem ursprünglichen Entstehungsort sedimentiert. Beobachtungen in recenten Riffgebieten zeigen deutlich, dass Oolithe, Algenknollen etc. durch Wellenwirkung und durch Strömungen verschleppt und an anderen Orten wieder abgelagert werden (vgl. ILLING, 1954; CLOUD, 1962).

OOLITHE

Die oolithischen Kalke im Profil St. Ursanne können von oben nach unten dreigeteilt werden:

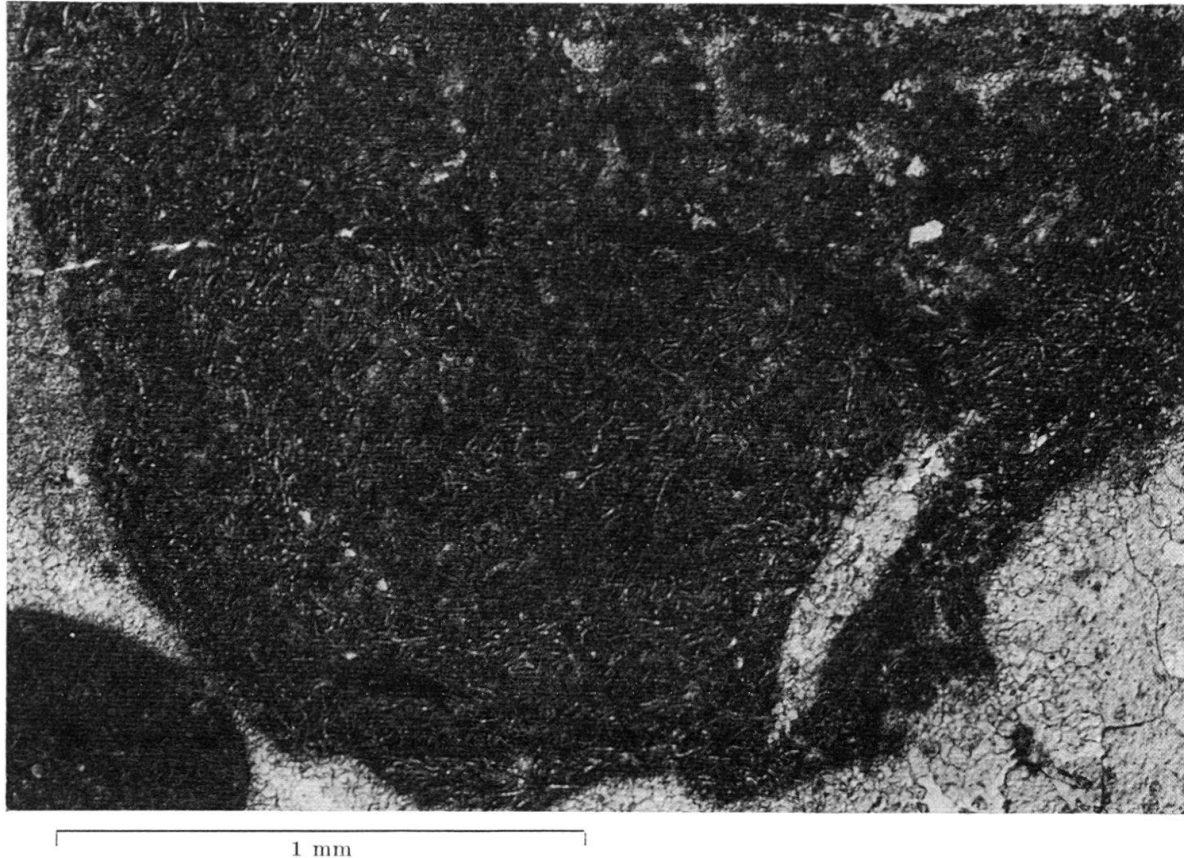


Fig. 8. Mumienkalke: Ausschnitt aus der Algenkruste (*Girvanella*), der auf Fig. 7 dargestellten Mumie. Die kleinen Tuben der blaugrünen Algen bilden ein knäuelartiges Flechtwerk. Côte du Frêne.

3. Oolithband an der Basis der kreidigen Kalke, das gekennzeichent ist durch vermehrtes Auftreten von biogenem Detritus und Cyanophyceen. Das Gestein ist hart. Beim Anschlagen des Musters geht der Bruch durch die Ooide hindurch. Da die Obergrenze dieses Oolithbandes stark diskonform ist (vgl. Fig. 16), schwankt seine Mächtigkeit zwischen 2 und 3 m.

2. Kreidiger Oolith. Dieser lässt sich als zurückwitternder Horizont, eine Art «abris sous roche» darstellend, auf grössere Strecken verfolgen. Seine Mächtigkeit beträgt 5,50 m. Beim Anschlagen bricht das weiche Gestein um die Ooide herum.

1. Dichter gut zementierter Oolith von 9,50 m Mächtigkeit, der über den Mumienkalken hängt. In den untersten Partien treten noch häufig Mumien auf. Das Gestein ist gut gebankt. Die Schichtung, die im Meterbereiche liegt, wird nach oben etwas mächtiger.

Die 16 m Oolithe, die wir bei St. Ursanne messen können, nehmen an Mächtigkeit nach Norden rasch ab. Bei Côte du Frêne sind es nur noch 3 m (vgl. Tafel I, Profil 1). Kreuzschichtung konnte nicht festgestellt werden. Bei der Station St. Ursanne können die einzelnen Bänke seitwärts über 250 m verfolgt werden. Ihre Dicke bleibt konstant.

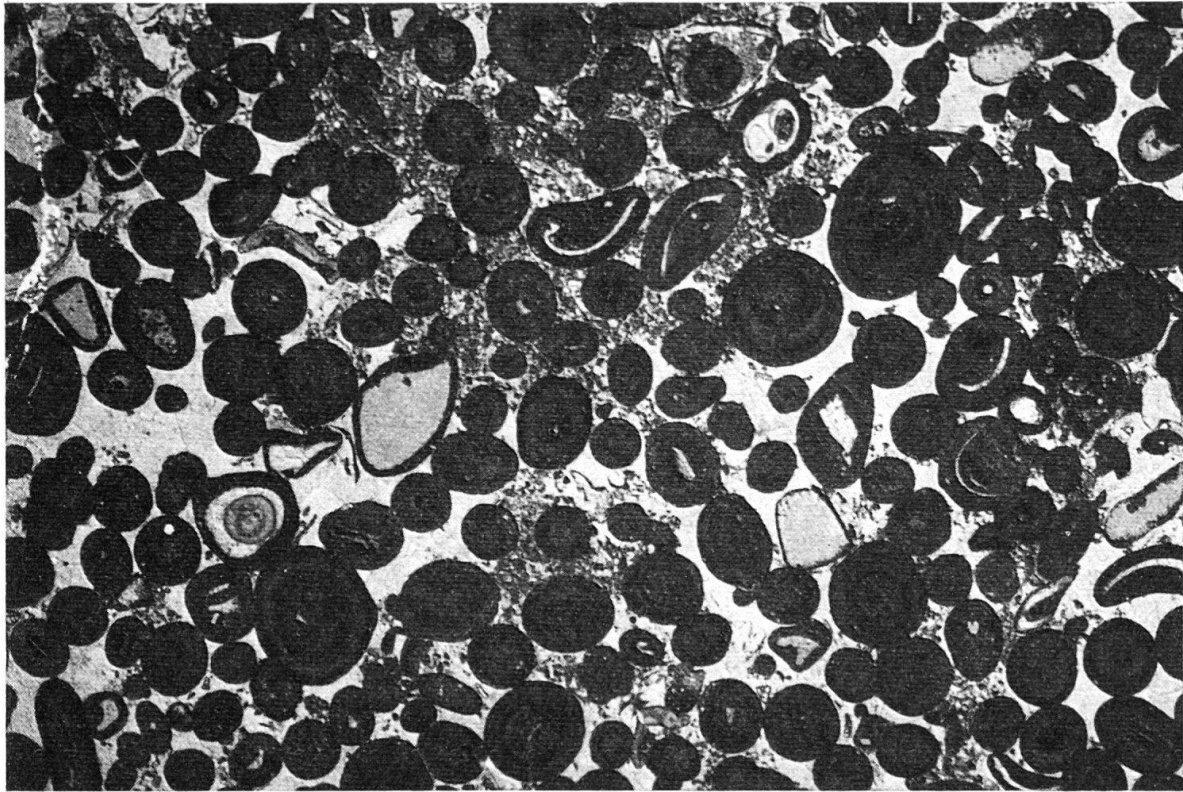


Fig. 9. Oolithe; Körner konzentrig-schalig und meist kleiner als 1 mm. Sortierung relativ gut; Grundmasse mehrheitlich calcitisch-kristallin. St. Ursanne, Kalkfabrik.

Lithologische Beschreibung der drei Oolithlagen

1. Die gut gebankten, dichten Oolithe (vgl. Fig. 9)

Hauptkomponenten: Ooide, die im Durchschnitt 1,0–1,8 mm messen. Je nach Bank kann ihr Durchmesser leicht varriieren, doch kann mit einer Durchschnittskorngrösse von 1,4 mm gerechnet werden. Fast alle Ooide sind aussen von Foraminiferen bewachsen (*Nubeculinella*). Es sind die gleichen Arten wie wir sie in und auf den Mumien antreffen.

Der Aufbau der Ooide ist konzentrisch-schalig. Die einzelnen Schalen sind stark rekristallisiert. Radiale Strahlen können nur in den seltensten Fällen festgestellt werden. Als Kerne dienen hauptsächlich Fossiltrümmer. In einzelnen Fällen sind es kleine Cyanophyceenklümpchen, gebildet durch *Girvanella pisolithica* WETHERED.

Nebenkomponenten: *Skelettelemente*: Hauptsächlich Echinodermenfragmente. Daneben Trümmer von Lamellibranchiern, Gastropoden, Korallen, Serpuliden. Ihre Korngrößen stimmen mit denjenigen der Ooide überein. An ganzen Fossilien wurden nebst Foraminiferen (*Lenticulina*, *Nubeculinella*, *Textularia*, *Verneuilina*) Serpelnröhren und Austernschalen gefunden. Auf einer Schichtfläche wurde ein Seeigel (*Clypeus?*) beobachtet. Sehr selten sind einzelne Brachiopoden (*Rhynchonella*).

Andere Bestandteile: Vor allem Pelitkörner eventuell fäkaler Herkunft und zusammengesetzte Körner (composite grains). Die fäkalen (?) Pelitkörner treten in Form von gut gerundeten, ovalen Pillen auf. Ihre Grösse schwankt zwischen 0,5 und 1 mm. Das Innere besteht aus feinstem dunklem Pelit, in welchen kleinste Trümmer anderer Organismen eingebaut sind, sowie aus calcitgefüllten Hohlräumen (vgl. Fig. 10). Diese Hohlräume erwecken manchmal den Eindruck, bei den Körnern könnte es sich um agglutinierende Foraminiferen handeln. Untersuchungen bei starker Vergrößerung zeigten aber, dass zwischen Hohlraum und agglutinierter Masse keine Suture auftritt, wie sie bei agglutinierenden Foraminiferen zu beobachten wäre.

ILLING (1954, p. 24) beschreibt recente Koprolithkörner in den Kalksandsteinen der Bahamas, die den unsrigen in Form und Aufbau gleichen. Es sind 0,5–0,7 mm lange Körperchen, ungefähr halb so dick wie lang. Im Schliffbild zeigen sie unregelmässige dunkle Flecken, die möglicherweise chitinöse Skelettfragmente sind. Wir fragen uns, ob die Möglichkeit besteht, dass solche Chitinpartien im Laufe der Diagenese der Sedimente zerstört und durch calcitisch-kristalline Grundmasse ersetzt werden.

Überall in den Oolithen können Körner mit traubigem Aussehen (grapestones) beobachtet werden. Es sind zusammengesetzte Körner, die hauptsächlich aus



0,5 mm

Fig. 10. Oolithe; Im Zentrum Koprolithkörnchen (faecal pellet), das hauptsächlich aus agglutiniertem Material besteht. Deutlich treten die calcitgefüllten Hohlräume hervor.

gerundeten Teilchen bestehen, eckige Komponenten aber in sich aufnehmen können. Im Durchschnitt messen sie 1,5–2 mm (vgl. Fig. 11).

Solche Körperchen sind häufig in rezenten Oolithen (z. B. auf den Bahamas). Sie werden zusammengehalten durch kleinste Aragonitnadeln (später in Calcit übergehend), die an den Berührungspunkten zweier Körner wachsen. ILLING (1954, p. 30) nimmt an, der Aragonit werde vom Meerwasser ausgeschieden.

Mumien sind an der Basis der Oolithserie noch häufig, nach oben zu nehmen sie rasch ab.

Grundmasse: An der Basis der gut gebankten, dichten Oolithe besteht die Grundmasse bis zu 90% aus Kalkpelit (vgl. Tafel I, Profil 2), nach oben zu wird die calcitisch-kristalline Matrix häufiger.

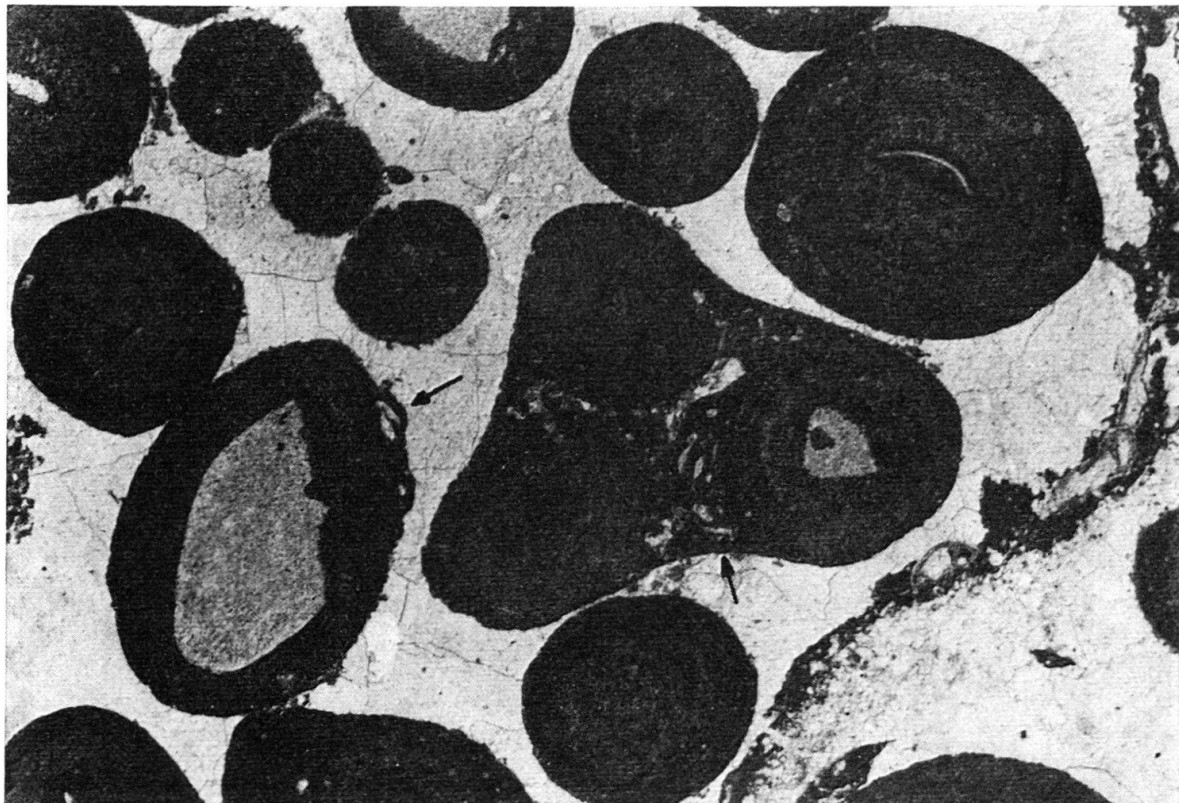


Fig. 11. Oolithe; Traubiges Klümpchen (grapestone lump); Ooid rechts des aus drei Komponenten bestehenden Klumpens, sowie das unmittelbar links vom Klumpen liegende Ooid (mit Echinodermenstachel als Kern), weisen an ihrer Aussenseite festsitzende Nubeculinellen auf (Pfeil). St. Ursanne, Kalkfabrik.

2. Der kreidige Oolith

Das zurückwitternde Oolithband setzt sich aus den gleichen Komponenten zusammen wie die liegenden dichten Oolithe. Die Körner sind etwas kleiner und besser sortiert. Mumien treten wieder etwas häufiger auf.

Die Grundmasse ist calcitisch-kristallin und zeigt deutliche, sehr engmaschige Mosaikstruktur. Diese Matrix ist sehr brüchig. Beim Zerreiben durch die Finger bildet sich ein kreidiges Mehl, das aus kleinsten Bruchstücken der Grundmasse besteht.

Das Gestein ist sehr porös. Oft sind in die Poren feinste Tonpartikelchen eingelagert, die dem Gestein eine rote Striemung geben können.

3. Dichtes Oolithband an der Basis der kreidigen Kalke (vgl. Fig. 12)

Hauptkomponenten:

a) Ooide verschiedenster Grösse, schlecht sortiert und oft von Cyanophyceen leicht umkrustet. Die Cyanophyceenkruste ist hier meist sehr dünn. Der Ooid-Charakter der Komponenten bleibt erhalten. Wir sprechen aus diesem Grunde noch nicht von Mumien.

b) Gut gerundete, zum Teil stark korrodierte Skelettelemente. Sie sind von Cyanophyceen umhüllt und von aussen her angefressen. Manchmal geht die Korro-

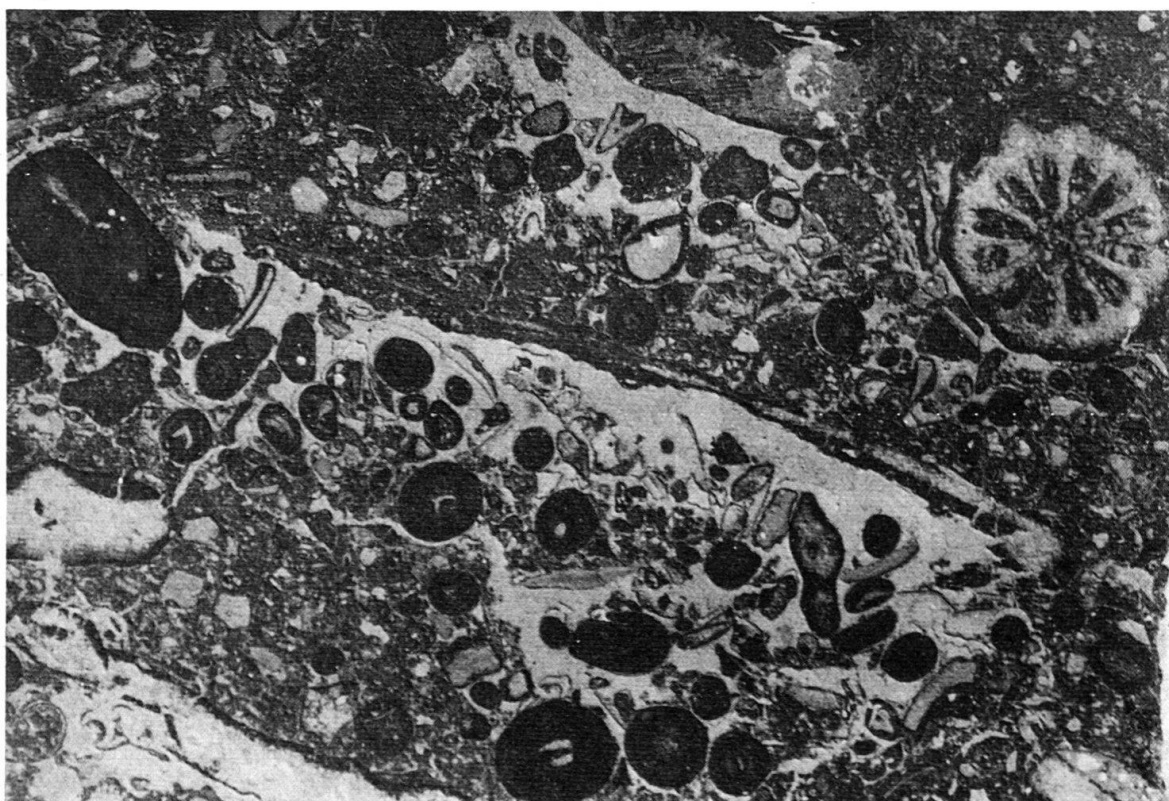


Fig. 12. Oolithe; Dichtes Oolithband an der Basis der kreidigen Kalke. Stark korrodiertes Skelettmaterial, Ooide und Algenklümpchen in mehrheitlich mikroklastisch-pelitischer Grundmasse. St. Ursanne, Steinbruch.

sion auch von den Hohlräumen in den Bruchstücken aus. Bei Korallen ist dann zum Beispiel die äussere Wand noch gut erkennbar, die innen liegenden Septen und die Columella sind teilweise zerstört.

Nebenkomponenten: Vor allem Cyanophyceenknöllchen. Ihr Habitus ist sehr unterschiedlich. Oft sind es bis 3 mm grosse Gebilde mit deutlich sichtbaren kleinen Kanälen, oft nur kleine schwammige Kügelchen.

Durch Cyanophyceen zusammengehaltene Oolith-Pakete. Ihre Konturen sind unregelmässig eingebuchtet, die Ooide durch Algenkrusten fest zusammengekittet.

Einzelne Mumien.

Grundmasse: Die Matrix ist mehrheitlich kalkpelitisch, doch ist auch calcitisch-kristalliner Zement vorhanden (bis 40% der Grundmasse). Der Kalkpelit ist möglicherweise mikroklastisch. Gewisse Übergänge von fein-psammitisch biogenem Detritus zu pelitischen Körnchen sind zu beobachten.

Genetische Interpretation

Die kreidigen Oolithe sind über grössere Distanzen verfolgbar. Die schlechte Zementierung ist nicht nur an lokale Verhältnisse gebunden.

Die heute, wenn vorhanden, calcitische Grundmasse unterscheidet sich in ihrer brüchigen Mosaikstruktur von der Matrix der liegenden, gut zementierten Oolithe. Kalkpelit ist nicht sichtbar. Die Einlagerung von eocaenem rotem Ton zwischen den Ooiden zeigt, dass die Porosität schon früh vorhanden war und vermutlich primär ist.

Aus Gründen, die noch nicht abgeklärt sind, konnte der kreidige Oolith seine grosse Porosität bis heute beibehalten.

Die dichten gut zementierten Oolithe zeigen als Grundmasse sowohl calcitisch-kristallines Material als auch Kalkpelit. Der Porenraum wurde durch Einfließen von CaCO_3 -reichen Lösungen mit Calcit aufgefüllt. Vorhandener Kalkpelit ist manchmal geopetal eingelagert worden (vor allem in Hohlräumen wie *Serpula*-Röhren).

In den Poren konnten keine roten Tone beobachtet werden. Das Gestein wurde früh verfestigt. Es kann angenommen werden, der calcitisch-kristalline Zement sei nicht durch Rekristallisation von Kalkpelit entstanden.

Das dichte Oolithband an der Basis der kreidigen Kalke wurde abgelagert, als an anderen Orten Korallen bereits wuchsen. Dies beweist der biogene Detritus, der hauptsächlich von Scleractinien stammt. Die gut gerollten Trümmer zeigen, dass das Milieu zur Zeit der Sedimentation dieses Horizontes relativ bewegt war. Gewisse Perioden schwächerer Turbulenz müssen von Zeit zu Zeit aber immer wieder eingetreten sein, damit die mehrheitlich kalkpelitische Grundmasse eingelagert werden konnte.

Die Korallen, die in den obersten Partien der Schicht in Lebensstellung sind beweisen, dass die Gewässer seicht waren. Vielleicht trugen die hier häufig anzutreffenden blaugrünen Algen zur Verfestigung der Sedimente bei. Dies würde vielleicht erklären, warum die Korallenkolonien so gut Fuss fassen konnten.

Die kreidigen Kalke von St. Ursanne und die darin eingeschlossenen Bioherme

Synonyma: Caquerelle Schichten
Epicorallien (THURMANN & ETALLON, 1861–1864)
Calcaire à Nerinées (GREPPIN, 1870)
Kreide von St. Ursanne (M. A. ZIEGLER, 1962)

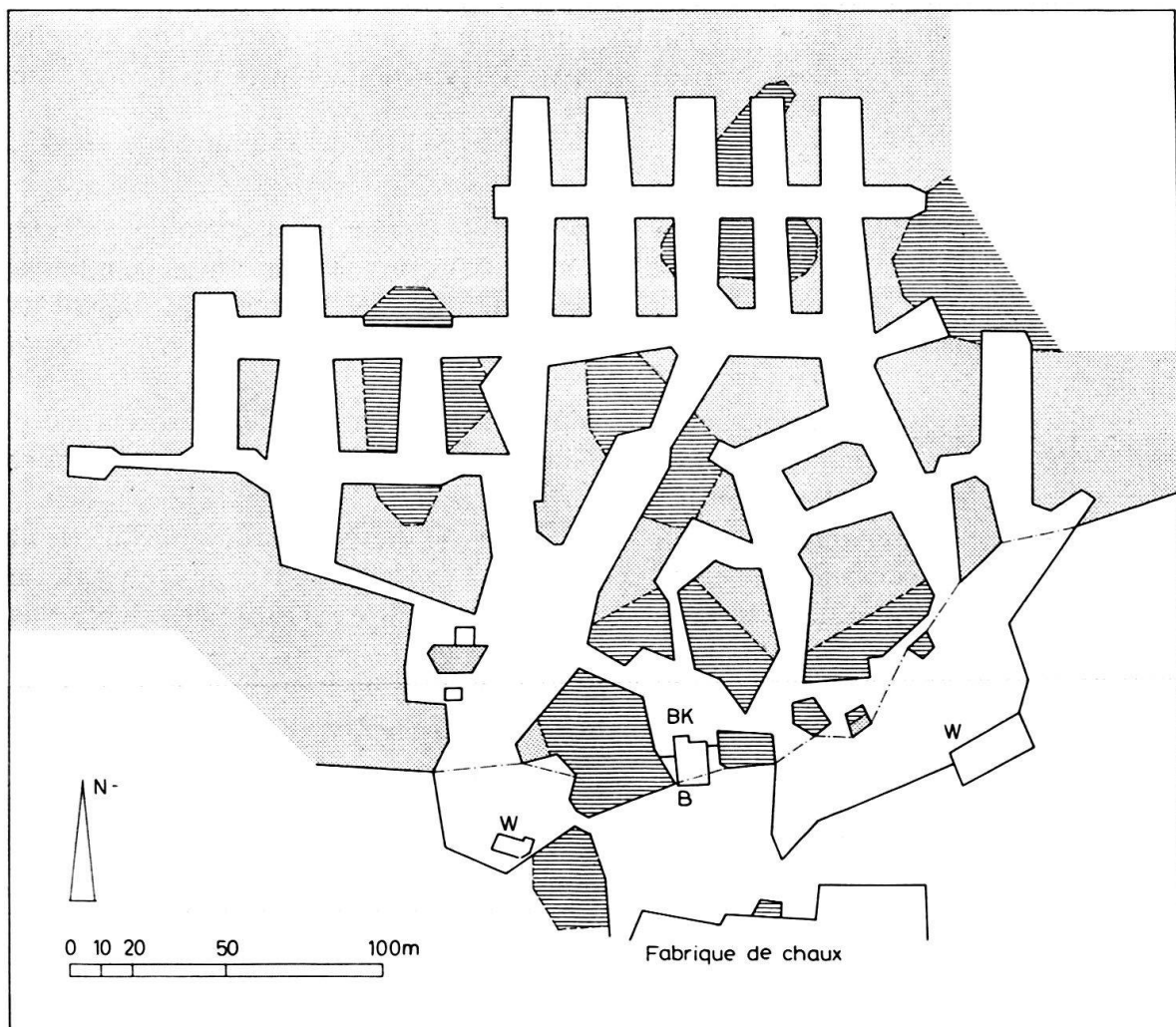
Typlokalität: Steinbruch von St. Ursanne (Koord. 579650/245 375)

In den weitherum verbreiteten, weissen kreidigen Kalken, die das obere Rauracien darstellen, treten Bioherme auf. Von unserem Aussichtspunkt aus (vgl. Fig. 4) lassen sich diese klotzigen Korallengebäude gut erkennen. Alle Anzeichen

deuten darauf hin, dass Teile der Riffe vor der Ablagerung der kreidigen Kalke von St. Ursanne angelegt wurden. Aus diesem Grunde wollen wir sie zuerst besprechen.

A. DIE BIOHERME IM STEINBRUCH VON ST. URSANNE

Im Steinbruch von St. Ursanne wurden im Laufe der Ausbeutungsarbeiten mehrere Bioherme angeschnitten. Fig. 13 gibt einen Plan der Stollenanlagen und zeigt, wie die Riffe in den kreidigen Kalken verteilt sind. Die ausgezeichneten Aufschlüsse ergeben gute Möglichkeiten zum Studium der inneren Struktur der Korallengebäude. Am besten ist diese erkennbar dort, wo die frisch angeschnittenen Riffe der Erosion ausgesetzt waren, d. h. am Eingang zu den Stollenanlagen.






	BIOHERME	B	BRENNEREI
	KREIDIGE KALKE VON ST. URSANNE (NICHT ABGEBAUTE PARTIEN)	BK	BRENNEREIKAVERNE
	ÄUSSERE BEGRENZUNG DER IN DEN BERG GETRIEBENEN STOLLENANLAGEN	W	WOHNUNGEN

Fig. 13. Plan der Stollenanlagen im Steinbruch von St. Ursanne (Stand 1961). Verteilung der Bioherme in den kreidigen Kalken.

Die Bioherme sind resistente, aber sehr poröse Gebilde, die linsen- bis domartig im umgebenden Gestein sitzen und aus riffbildenden Korallenkolonien und Solenoporen bestehen. In ihrem Innern treten ausgedehnte primäre Hohlräume (bis 50 cm \varnothing) und kleine Löcher auf, die oft von grossen Calcitkristallen ausgefüllt sind.

Erkennbar sind die Bioherme auch an ihrer leicht rötlichen Färbung, hervorgerufen durch Einfließen von rotem eocaenem Boluston.

Die Riffbildungen können unterteilt werden in gewachsene Partien und in Riffschutt. Eine Grenzziehung zwischen Riff und Riffschutt ist aber nur dort genau möglich, wo der detritische Anteil so verändert wurde, dass die Komponenten im Schutt gut von den gewachsenen Korallenpartien unterschieden werden können.

Das Schliffbild zeigt, dass die meisten Korallen biogen korrodiert sind. Oft lassen sich Wohnröhren von perforierenden Organismen erkennen. Cyanophyceen binden das abgebrochene Trümmermaterial und festigen so das Gestein. Das Lumen zwischen den einzelnen Kolonien ist aufgefüllt mit derartigem biogenem Detritus jeglicher Grösse.

Die folgenden Ausführungen stützen sich auf die Figuren 14–17. Fig. 14 zeigt ein Profil durch eines der Bioherme im Steinbruch von St. Ursanne. Im gewachsenen Riff, an dessen Flanken der Riffschutt liegt, können wir mehrere Zonen beobachten, die sich durch verschiedene Korallenfaunen unterscheiden. Diese Faunengemeinschaften sind vermutlich auf verschiedene ökologische Bedingungen innerhalb des Riffes zurückzuführen.

Das Riff geht bis unmittelbar an die Vorbourgkalke heran, aber nicht in diese hinein. Manchmal erhält man den Eindruck, das Dach der Bioherme sei abgeschnitten worden. Dies könnte mit einer Denudationsphase vor der Ablagerung der Vorbourgkalke zusammenhängen.

Die seitliche Verteilung der Korallenzonen, die nachfolgend näher diskutiert werden, kommt in Fig. 14 gut zum Ausdruck. Die Figuren 16 und 17 sind Detailskizzen und zeigen den Aufbau der südlichsten Ausläufer des auf Fig. 14 und 15 dargestellten Riffs. Auf diesen zwei Figuren ist vor allem die Basis des Bioherms und die Anlagerung der verschiedenen Schuttsysteme gut zu beobachten.

Zonen mit verschiedenen Korallenfaunen (Fig. 14–17)

Im Laufe der Untersuchungen im Steinbruch von St. Ursanne ist uns aufgefallen, dass die dortigen Bioherme sich aus verschiedenen Zonen zusammensetzen, die sich in ihrem Fossilinhalt deutlich unterscheiden:

- Eine Zone mit schwartenartigen und feinästigen Korallen an der Basis der Bioherme
- Verschiedene Zonen mit büscheligen und wulstig-ästigen Korallen, die meist aus der Zone mit feinästigen und schwartenartigen Korallen hervorgehen.
- Eine Zone mit massiven Korallenköpfen im südlichen Teil des auf Fig. 14 und 15 dargestellten Riffs.
- Eine Zone mit *Ptychochaetetes*.

1. Zone mit schwartenartigen und feinästigen Korallen an der Basis der Bioherme

Südlich des auf Fig. 16 dargestellten Tunnels kann das Fussfassen des Riffs in den Oolithen gut beobachtet werden. Zuerst treten einzelne kleinere Korallenköpf-

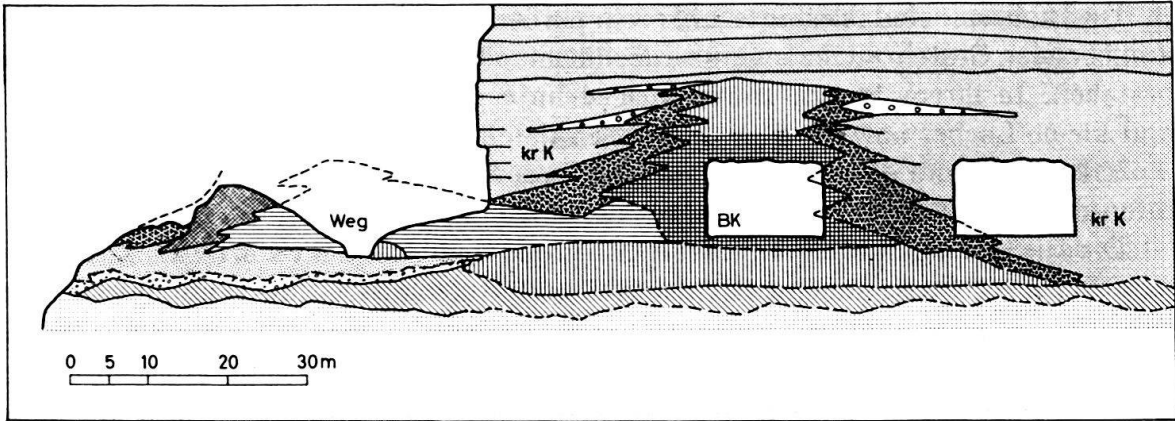


Fig. 14. Profil durch ein Bioherm im Steinbruch von St. Ursanne (P... ..P auf Fig. 15).

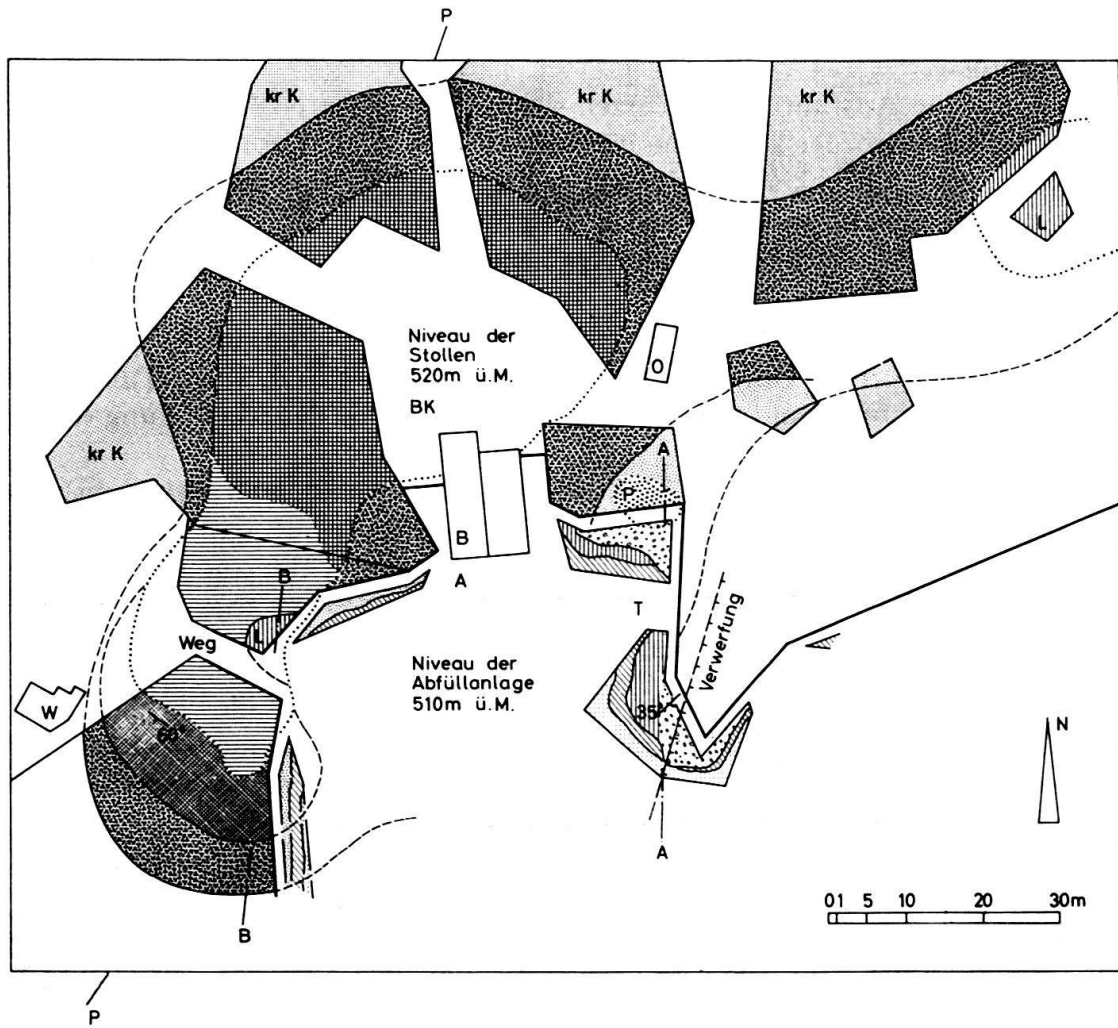















Fig. 15. Plan eines Bioherms in den kreidigen Kalken von St. Ursanne mit seinen Korallenzonen und mit dem Riffschutt. Die Fallzeichen geben das Einfallen der Schuttkegel. St. Ursanne, Steinbruch.

chen und -schwarten, selten grösser als 10 cm, zwischen oolithischem Material und biogenem Detritus auf. Oft sind sie umgelagert; ihre Polypare weisen mehrheitlich nach unten.

Legende zu Fig. 14 und 15

	ZONE MIT FEINÄSTIGEN UND SCHWARTENARTIGEN KORALLEN	GRENZE ANSTEHENDES RIFF - RIFFSCHUTT AUF DEM NIVEAU DER STOLLEN
	ZONE MIT BÜSCHELIGEN UND WULSTIG - ÄSTIGEN KORALLEN	---	ÄUSSERE BEGRENZUNG DES BIOHERMS AUF DEM NIVEAU DER STOLLEN
	MISCHZONE : BÜSCHELIGE, WULSTIG - ÄSTIGE UND MASSIVE KORALLEN	----	VERWERFUNG
	ZONE MIT MASSIVEN KORALLEN	P— —P	PROFIL (VGL. FIG. 14)
	ZONE MIT PTYCHOCOAETETES	A--- ---A	NIVEAU DER ABFÜLLANLAGE : ANSICHT DER E - WAND (VGL. FIG. 16)
	KREIDIGER GEROLLTER RIFFSCHUTT	B--- ---B	NIVEAU DER ABFÜLLANLAGE : ANSICHT DER W - WAND (VGL. FIG. 17)
	KREIDIGER FEINSPÄTIGER RIFFSCHUTT	A	ABFÜLLANLAGE
	RIFFSCHUTT AUS GROBEN, ECKIGEN KORALLENBLÖCKEN	B	BRENNEREI
	ECKIGER RIFFSCHUTT MIT SOLENOPOREN UND KORALLEN IN LEBENSSTELLUNG	BK	BRENNEREIKAVERNE
	GEROLLTER RIFFSCHUTT IN DEN OBERN KREIDIGEN KALKEN	L	KOLONIEN VON LATOMEANDRA AMEDEI ET ALLO N
	OOLITHE	O	OELTANK
	KREIDIGE KALKE	P	ZONE MIT PTYCHOCOAETETES
	VORBOURGKALKE	W	WOHNBARACKE

Über ihnen liegen grössere schwartenartige Kolonien; vor allem Thamnasterien, die bis zu 30 cm lang werden können. Sie sind in Lebensstellung, denn ihre Polypare sind nach oben gerichtet. Zu diesen Korallenschwarten gesellen sich dann auch feinästige Formen, wie z.B. *Goniocora*, so dass ein Korallenrasen aus liegenden, mehr fladenförmigen und nach oben strebenden, feinen ästigen Korallen entsteht.

Folgende Formen charakterisieren diese Zone:

Aplophyllia orbigny EDWARDS & HAIME
Cladophyllia ramea KOBY
Comoseris sp. sp.
Dimorpharea sp. sp.
Goniocora sp. sp.
Stylina sp. sp.
Thamnasteria sp. sp.

Der Korallenrasen trennt im Steinbruch von St. Ursanne überall die liegenden Oolithe von den hangenden kreidigen Kalken. Folgen wir dieser Trennlinie seitwärts, so können wir feststellen, dass sie nicht der Horizontalen folgt, sondern stellenweise tief in die liegenden Oolithe hineingreift. Dies ist auf Fig. 16 ersichtlich. Hier liegen südlich vom Tunnel Korallenkalken viel höher auf den Oolithen als nördlich davon.

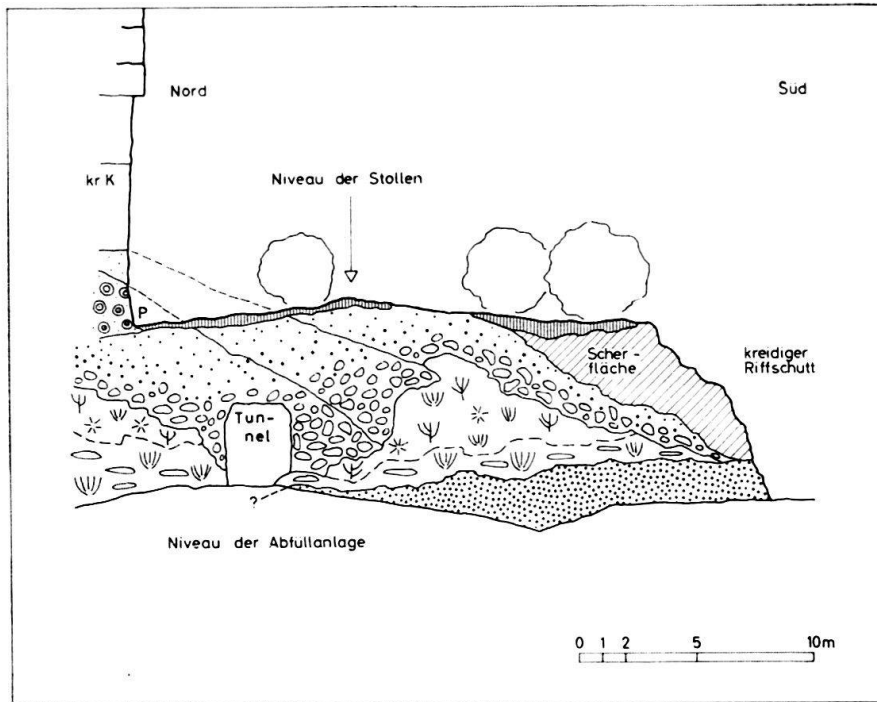


Fig. 16. St. Ursanne, Steinbruch. Niveau der Abfüllanlage: Ansicht der Ostwand (A... .A auf Fig. 15). Das dem Hauptbioherm vorgelagerte kleine Riff wird von kreibigem Riffschutt zugeeckt. Unten: Zone mit schwartenartigen und feinästigen Korallen; daraus hervorgehend Zone mit büscheligen und wulstig-ästigen Korallen. Oben links: Zone mit *Ptychochaetetes*.

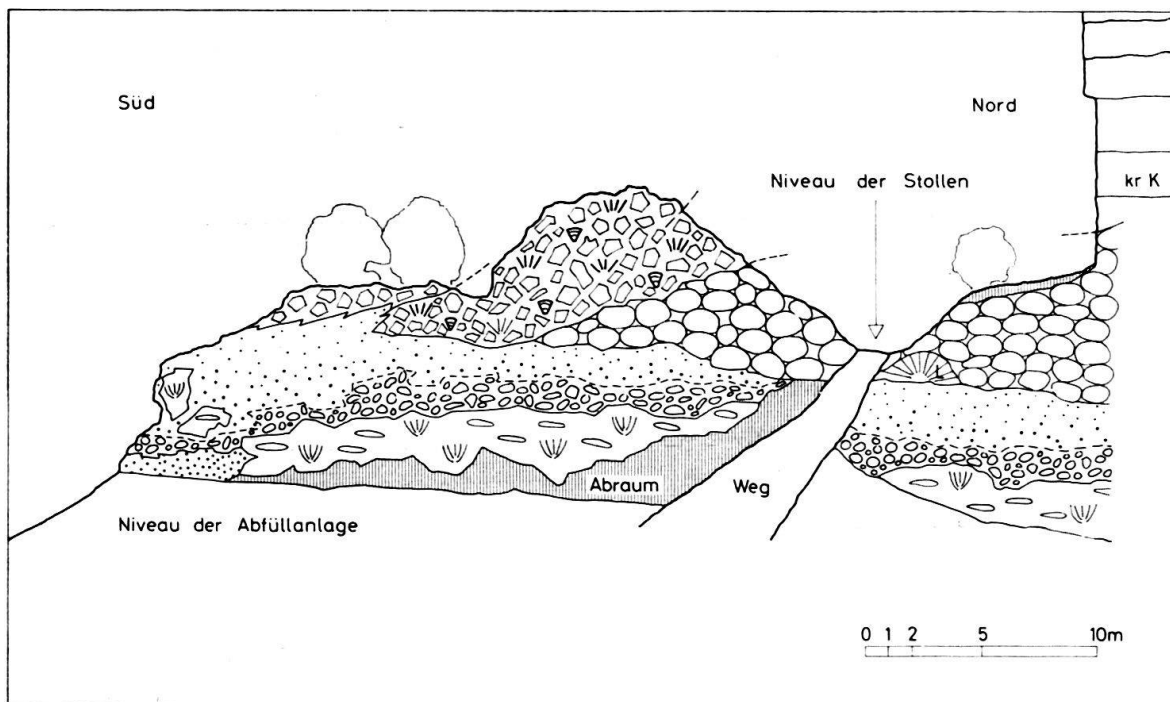














Fig. 17. St. Ursanne, Steinbruch, Niveau der Abfüllanlage. Ansicht der Westwand (B... .B auf Fig. 15). Die Zone mit massiven Korallenköpfen wird überdeckt durch eckigen Riffschutt mit Solenoporen und einzelnen Korallen in Lebensstellung. Rechts vom Weg: Einzelne grosse *Lato-meandra*-Kolonie. Zwischen der Zone mit massiven Korallen und der Zone mit schwartenartigen und feinästigen Korallen, gerollter kreibiger Riffschutt, überlagert von sehr feinem, spätigem Riffdetritus.

Legende zu Fig. 16 und 17

	ZONE MIT FEINÄSTIGEN UND SCHWARTENARTIGEN KORALLEN		L GROSSE KOLONIE VON LATIMEANDRA AMEDEI ET ALLON
	ZONE MIT BÜSCHELIGEN UND WULSTIG - ÄSTIGEN KORALLEN	P	ZONE MIT PTYCHCHAETETES
	ZONE MIT MASSIVEN KORALLENKÖPFEN	T	TUNNEL
	ECKIGER RIFFSCHUTT MIT SOLENOPOREN UND KORALLEN IN LEBENSSTELLUNG		
	RIFFSCHUTT AUS GROBEN, ECKIGEN KORALLENBLÖCKEN		
	KREIDIGER, FEINSPÄTIGER RIFFSCHUTT		
	KREIDIGER, GEROLLTER RIFFSCHUTT		
	ZONE MIT PTYCHCHAETETES		
	OOLITHE		
	KREIDIGE KALKE		
	DURCH HUMUS UND ABRAUM VERDECKTE PARTIEN		

2. Zonen mit büscheligen und wulstig-ästigen Korallen

Die auffallendste Koralle in diesen Zonen ist die grosse büschelige *Latomeandra amedei* ETALLON, die wohl zu den schönsten jurassischen Scleractinien gehört. Sie tritt sowohl als isolierte Einzelkolonie (nördlich vom Weg, der vom Niveau der Abfüllanlage zum Niveau der Stollen führt, vgl. Fig. 17), als auch im fest verkitteten Verband mit kleineren, ähnlich aussehenden Calamophyllien und ebenfalls häufigen, wulstig-ästigen Thamnasterien auf (im östlichsten isolierten Pfeiler vor dem Eingang zu den Kavernen, vgl. Fig. 13).

Folgende riffbildende Organismen konnten hier bestimmt werden:

- Aplosmilia semisulcata* (MICHELIN)
- Calamophyllia flabellum* BLAINVILLE sehr hfg.
- Comoseris irradians* (EDWARDS & HAIME)
- Goniocora* sp. sp.
- Latomeandra amedei* ÉTALLON sehr hfg.
- Stylina decipiens* (ÉTALLON)
- Stylina coalescens* (GOLDFUSS)
- Stylina* sp. sp.
- Thamnasteria gracilis* GOLDFUSS sehr hfg.
- Thamnasteria* sp. sp.
- Solenopora cf. jurassica* NICHOLSON

Die erwähnten massiven *Stylina*- und *Comoseris*-Arten sind im Innern des Riffs, entlang den Wänden der Brennereikaverne zu beobachten, wo sie zusammen mit büscheligen und wulstig-ästigen Korallen auftreten.

3. Zone mit massiven Korallenköpfen

Diese Zone ist beidseits des Weges, der vom Niveau der Abfüllanlage zum Niveau der Stollen führt, zu beobachten (vgl. Fig. 17). Sie besteht aus grossen, pilz-

förmigen Korallenköpfen (meist Stylinen), die bis zu 2 m mächtig werden können, und bildet den am meisten nach Süden vorspringenden Finger, des auf Fig. 15 dargestellten Bioherms. Die Korallen liegen auf einem sehr feinen, spätigen Detritus, der sich makroskopisch kaum von den kreidigen Kalken unterscheiden lässt.

Während im untern Teil der Zone das Gefüge noch etwas locker ist, werden die Korallen nach oben zu mehr und mehr verkittet. Die Kolonien sind weitgehend durch *Pholas* und *Lithodomus* angebohrt.

Die Oberflächen der grossen Korallenköpfe sind stark zerschert und stylolithisiert. Die Stylolithisierung kann auf Volumenveränderungen zurückgeführt werden, die entstanden, als das ursprünglich aragonitische Skelett dieser Hexakorallen in Calcit umgewandelt wurde. Während der Jurafaltung wurden dann die grossen Köpfe leicht gegeneinander bewegt, so dass ihre Aussenseite zerschert wurde.

Trotz ihres schlechten Erhaltungszustandes konnten aus dieser Zone folgende riffbildende Organismen bestimmt werden:

- Comoseris sp. sp.*
- Heliocoenia corallina* Koby
- Stylina limbata* (GOLDFUSS)
- Stylina decipiens* (ÉTALLON)
- Stylina sp. sp.*

4. Zone mit *Ptychochaetetes*

Auf dem Niveau der Stollen, nahe der Brennerei (vgl. Fig. 15 und 16) ist das Gestein gepflastert mit grossen *Ptychochaetetes*-Köpfen (bis 20 cm \varnothing). Die Zone, die durch diese merkwürdigen, aus konzentrischen Schalen aufgebauten Organismen gebildet wird, ist etwa 1–1,5 m mächtig und kann seitwärts ca. 10 m weit verfolgt werden, bis sie in feinem kreidigem Detritus, auf welchem sie liegt, und durch den sie auch zugedeckt wird, verschwindet.

Riffschutt

An den Flanken der Bioherme wird Schutt abgelagert. Diese Schuttkegel können verschiedenartig ausgebildet sein; denn unterschiedliches Wachstum des Riffes, Verschiedenheit des Milieus, die Ablagerungsdistanz vom Riff, der Einfallswinkel der Riffböschung etc., beeinflussen den Ablagerungsmechanismus des detritischen Materials. Wie schon auf p. 824 beschrieben wurde ist eine sichere Trennung von gewachsenem Riff und Riffschutt manchmal sehr schwer, wenn nicht unmöglich, denn neue lebende Korallenkolonien setzen sich immer wieder auf den Schuttkegeln fest und bauen darin sekundäre Riffstrukturen auf. So lässt sich z. B. im Dach der Stollenanlagen beim Öltank (vgl. Fig. 15) eine grosse Latomeandrakolonie beobachten, die im Schutt wurzelt und aus diesem herauswächst. Das Riff kann sich so lateral ausdehnen, bis wieder eine frische Schuttlage die seitlichen Auswüchse erstickt und abtötet.

Das Gestein kann erst in einer gewissen Entfernung vom Riff sicher als Schutt erkannt werden, denn hier sind die Überreste der riffbauenden Organismen nur noch als Fragmente erhalten und eindeutig als solche identifizierbar.

Im Steinbruch von St. Ursanne können wir vier verschiedene Schutttypen unterscheiden:

1. Kreidiger Riffschutt an der Basis der Bioherme
2. Riffschutt aus groben eckigen Korallenblöcken
3. Grober eckiger Schutt mit gedrungenen Korallen in Lebensstellung und kleinen Solenoporen
4. Gerollter Riffschutt in den oberen kreidigen Kalken.

1. Kreidiger Riffschutt

Der Korallenrasen an der Basis wird überdeckt durch Lagen von kreidigem Riffschutt mit vielen gerollten Fossiltrümmern. An der Ostwand des Niveaus der Abfüllanlage wird dieser rund 10 m mächtig und deckt das dort anstehende kleine Bioherm zu (vgl. Fig. 16). Die primäre Anlagerungsfläche des Riffschutts kann hier mit einem Einfallen von 25–35° nach S festgestellt werden.

An Komponenten finden wir im kreidigen Schutt vor allem Korallenfragmente. Sie sind schwer bestimmbar, da sie ausnahmslos stark gerollt sind.

Folgende Arten konnten beobachtet werden:

Calamophyllia sp. sp.
Goniocora sp. sp.
Latomeandra sp. sp.
Stylina sp. sp.
Thamnasteria sp. sp.

Diese sind mehrheitlich Trümmer von büscheligen und wulstig-ästigen Formen; Fragmente von eigentlichen Korallenköpfen sind seltener vorhanden.

Neben diesen Korallenfragmenten sind Fossilien der rezifalen Begleitfauna und Trümmer davon häufig. Unter andern konnten bestimmt werden:

Brachiopoden: *Zeilleria huddlestoni* DUVILLÉ
Lamellibranchiata: *Diceras arietinum* LAMARCK
Diceras ursicinum THURMANN
Diceras sp. sp.
Gastropoden: *Natica* sp. sp.
Nerinea laufonensis THURMANN
Nerinea ursicina THURMANN
Nerinea sp. sp.
Purpuroidea sp. sp.
Sequania moreana BUVIGNIER
Echinodermen: *Acrocidaris nobilis* AGASSIZ
(vor allem Stacheln) *Hemicidaris* sp. sp.
Pseudodiadema sp. sp.
Rhabdocidaris sp. sp.

Auch die Trümmer dieser Fossilien sind gerollt. Sie sind eingebettet in eine kreidige Grundmasse, von der wir vermuten sie sei mikroklastisch, weil Übergänge von psammitischem biogenem Material zu pelitischem biogenem Detritus unter der starken Vergrößerung zu beobachten sind.

Der Schutt dringt tief in den liegenden Korallenrasen ein. Primäre Spalten und Hohlräume sind durch ihn ausgefüllt. Deutlich kann beobachtet werden, wie die grössten Komponenten, die zwischen 5 und 20 cm messen, im kreidigen Riffschutt unten liegen, d. h. unmittelbar über der Zone mit schwartenartigen und feinästigen Korallen. Nach oben zu wird der Detritus allmählich feiner, bis er lithologisch kaum



Fig. 18. Kreidiger Riffschutt: Komponenten ausnahmslos gerollt; eingebettet in kreidige mikroklastische Grundmasse; St. Ursanne, Steinbruch.

mehr von den kreidigen Kalken zu unterscheiden ist. Einzig die horizontale Lagerung der kreidigen Kalke ermöglicht es, an der Steilwand, diese von den obersten Riffschuttlagen abzutrennen.

An der Westwand des Niveaus der Abfüllanlage ist dieser feine Riffschutt in Form eines feinspätigen kreidigen Detritus abgelagert worden (vgl. Fig. 17). Hier ist jedoch weniger ein gradueller Übergang von grobem zu feinem Schutt, als vielmehr ein ziemlich rascher Wechsel zu beobachten.

Auch in den feineren Fraktionen stellen die Korallentrümmer die Hauptkomponenten. Skeletteile anderer Fossilien ergänzen den Gesteinsinhalt (vgl. Fig. 18).

2. Riffschutt aus eckigen, groben Korallenblöcken

Auf dem kreidigen Riffschutt – meist auf dessen feineren Fraktionen (vgl. Fig. 17) und zungenartig in den kreidigen Kalken (vgl. Fig. 14) – liegt eine Anhäufung von grobem, eckigem Riffschutt.

Fig. 19. Schuttlagen in den obern kreidigen Kalken (Lackfilmabzug). 1. Gastropoden: 1a, keine Korrosionserscheinungen; 1b, biogen korrodiert und umkrustet. 2. Codiaceenknöllchen (*Cayeuxia* sp.). 3. Cyanophyceenknöllchen. 4. Solenoporenfragment. 5. Korallenfragmente. 6. Pholadenloch. Die punktierten Flächen stellen Cyanophyceenkrusten dar. St. Ursanne, Steinbruch.

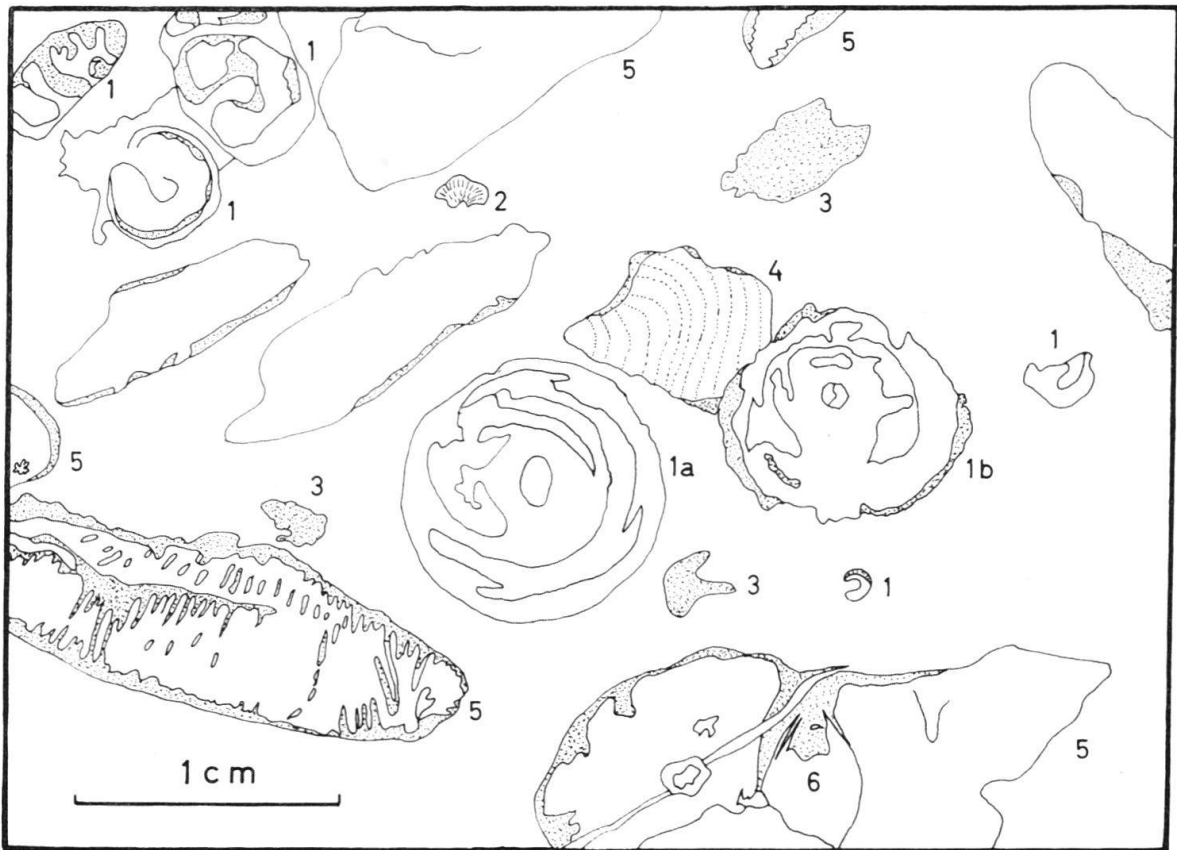


Fig. 19.

Es handelt sich um 20–50 cm mächtige Trümmer von ästigen und massiven Korallen. Vor allem sind es Fragmente von *Stylina*, *Heliocoenia*, *Comoseris*, *Calamophyllia*, *Latomeandra*.

Die Schüttung dieses Blockschutts muss periodisch erfolgt sein, wie die auf Fig. 14 dargestellten «Zungen» in den kreidigen Kalken zeigen. So können wir an der Nordwand des Tunnels, der von der Brennereikaverne nach Nordwesten führt (vgl. Fig. 15) beobachten, wie Anhäufungen von grossen Korallenkolonien in umgekehrter Lage (Oberfläche nach unten) über 20 m vom gewachsenen Riff entfernt auf kreidigen Kalken liegen und wie dann darüber eine ganze Lage von grösstem Blockschutt folgt.

3. Grober, eckiger Schutt, mit gedrunghenen Korallen in Lebensstellung und kleinen Solenoporenknollen

Die Zone mit massiven Korallenköpfen wird zugedeckt von einem Riffschutt (vgl. Fig. 17), der lithologisch dem oben erwähnten groben, eckigen Detritus entspricht und sich hauptsächlich aus Korallenblöcken zusammensetzt. In ihm können jedoch immer wieder Korallen (kleine gedrunghene Formen) in Lebensstellung beobachtet werden. Daneben sind Solenoporenköpfe sehr häufig, die maximal 5 cm mächtig werden. Sie sitzen überall im Gestein und verfestigen dieses. Ihre Oberflächen sind oft stark korrodiert.

Folgende Fauna konnte zusammen mit diesen Solenoporen beobachtet werden:

Korallen:	<i>Aplosmilia semisulcata</i> (MICHELIN) <i>Calamophyllia</i> sp. sp. <i>Comoseris</i> sp. sp. <i>Dermoseris</i> sp. sp. <i>Stylina</i> sp. sp. <i>Thamnasteria</i> sp. sp.
Brachiopoden:	<i>Zeilleria huddlestoni</i> DOUVILLE
Lamellibranchier:	<i>Anomia foliacea</i> ÉTALLON <i>Diceras cotteai</i> BAYLE <i>Diceras kobyi</i> LORIOLO <i>Diceras ursicinum</i> THURMANN <i>Lima tumida</i> ROEMER <i>Ostrea solitaria</i> SOWERBY <i>Ostrea</i> sp. sp.
Gastropoden:	<i>Cerithium limaeforme</i> ROEMER <i>Ditretus thurmanni</i> LORIOLO <i>Nerinea</i> sp. sp. <i>Nerita</i> sp. sp. <i>Petersia buccinoidea</i> BUVIGNIER
Echinodermen:	<i>Acrocidaris nobilis</i> AGASSIZ <i>Hemicidaris intermedia</i> (FLEMING) <i>Pseudodiadema orbigny</i> (COTTEAU) <i>Pseudodiadema pseudodiadema</i> (LAMARCK)

4. Schuttlagen in den oberen kreidigen Kalken

In den höhern Lagen der kreidigen Kalke wurden, in einiger Entfernung vom Riff und ausserhalb des Bereiches des Blockschutts, Schuttmassen mit zum Teil konglomeratartigem Aussehen abgelagert. Sie sind aufgeschlossen an der Ostwand

der östlichsten Kaverne (vgl. Fig. 13), wo der Schutt bis 50 m vom Bioherm entfernt liegt, das den nördlichen Abschluss des Stollens bildet. Bei der Lage handelt es sich um einen sehr groben Detritus, dessen Komponenten ausnahmslos gerollt sind.

Die Mächtigkeit dieser Schuttlagen ist sehr unterschiedlich und varriert von wenigen Zentimetern bis zu mehr als einem Meter. Auch Sortierung und Korngrößen sind sehr ungleich. Die grössten Komponenten messen bis zu 30 cm, die durchschnittliche Korngrösse liegt bei 5 mm.

Das Gestein besteht fast ausschliesslich aus Skelettmaterial, wie hauptsächlich an Anschliffen gut gezeigt werden kann. Fig. 19 zeigt eine Durchlichtaufnahme eines von einem Anschliff abgezogenen Lackfilms. Zu den in dieser Photographie erkennbaren Fragmenten sind noch Teile von Serpuliden und Echinodermen, sowie Foraminiferen hinzuzufügen.

B. DIE KREIDIGEN KALKE VON ST. URSANNE

Die Bioherme im Steinbruch von St. Ursanne sind eingebettet in 30 m gut gebankte, weisse kreidige Kalke. Diese Kalke zerfallen leicht, so dass an den andern Aufschlüssen, wo sie nicht künstlich freigelegt sind, eine «Combe» gebildet wird, die morphologisch als Wiesenzone hervortreten kann.

Bei Côte du Frêne misst diese verschüttete Partie, die allerdings auch noch den obersten Teil der Oolithe umfasst, 45 m (vgl. Tafel I, Profil 1). Hier sind nur einzelne *Calamophyllia*-Stöcke in kreidiger Grundmasse zu beobachten, die als harte Blöcke nicht verwittert sind und nun aus der Wiesenzone heraustreten.

Bei Plan du Noyer und bei Sous les Errauts (vgl. Tafel I, Profile 4 und 5) sind die kreidigen Kalke nur teilweise verschüttet. Im ersten Profil messen sie 32 m, im zweiten 35 m. Bei Plan du Noyer verfangern sich ihre untersten Partien mit feinen Kalkareniten (vgl. p. 58).

Im Steinbruch von St. Ursanne ist ersichtlich, wie der kreidige Riffschutt, der den Korallenrasen (Zone mit schwartenartigen und feinästigen Korallen) bedeckt, nach oben zu immer feiner wird und dann allmählich nicht mehr von den kreidigen Kalken zu unterscheiden ist.

Die Bankung in den kreidigen Kalken setzt etwa 8 m über dem Korallenrasen ein. Die Bänke messen 1–2 m. Sie steigen gegen die Riffe hin leicht an und verlieren sich dann allmählich im Riffschutt. Im Steinbruch von St. Ursanne konnte ein Neigungswinkel vom Riff weg von 2–3° gemessen werden.

Die Schichtflächen sind gewöhnlich geschert. Sie dürften während der Jurafaltung als Bewegungsflächen gedient haben. Oft sind sie durch roten Boluston imprägniert.

Die kreidigen Kalke werden von den hangenden Vorbourgkalken in allen Aufschlüssen, durch einen rund einen Meter messenden, kalkarenitischen Horizont abgetrennt. Diese Schicht kann nach Süden bis nach Les Blanches Fontaines (S Undervelier) verfolgt werden.

Die Komponenten in diesem Horizont, meist gut sortiert, messen 0,2–0,5 mm. Es sind ooid-ähnliche Gebilde, die aus einem grossen Kern bestehen und mehrheitlich von einer sehr dünnen, mehr oder weniger oolithischen Kruste umgeben sind. Als Kerne treten fäkale Pelitkörner, Foraminiferen und Algenklümpchen auf.

Etwas weniger häufig sind Reste von Solenoporen, Codiaceen (vgl. Fig. 20) und Dasycladaceen (*Acicularia sp. sp.*).

Die Matrix ist überwiegend calcitisch-kristallin (vgl. Tafel I).



Fig. 20. Kalkarenitische Lage zwischen den kreidigen Kalken und den Vorbourgkalken mit Fragment von *Cayeuxia sp.*

Da dieser Grenzhorizont durchgehend gleich ausgebildet ist, nehmen wir an, er stelle eine Lage dar, die sedimentiert wurde, als überall in unserem Gebiet gleiche Bedingungen herrschten. Aus diesem Grunde haben wir die Lage als Bezugshorizont für Fig. 3 gewählt.

Lithologie

Im Schlibbild wie bei der Betrachtung von Lackfilmen erweisen sich die kreidigen Kalke als feine, manchmal leicht zuckerkörnige Kalkpelite. Sie gehören zu den reinsten Kalksedimenten, die wir kennen³⁾.

An Komponenten finden wir ausschliesslich Fossilien, oder Teile davon. Es handelt sich dabei um Relikte von zwei verschiedenen Faunengemeinschaften:

³⁾ Vgl. Anhang III: Chemische Daten.

1. Eine Fauna, die aus dem früher beschriebenen Riffbiotop stammt und in die kreidigen Kalke eingeschwemmt wurde. Ihr Lebensraum war das Riff.

Aus diesem Biotop sind vor allem die vielen Korallen- und Solenoporenfragmente, die dicken Schalen von Diceraten und diverse riffbewohnende Seeigel zu erwähnen.

2. Die Fauna, die das eigentliche Biotop der kreidigen Kalke bildete.

Durch die besonderen Ablagerungsbedingungen (siehe p. 840) wurde ein Lebensraum geschaffen, der sich deutlich von demjenigen des Riffs unterscheidet. Charakteristisch an diesem Faunenbezirk ist der grosse Reichtum an Gastropoden, Lamellibranchiern, das vereinzelte Auftreten von Ammoniten, sowie das Fehlen von Korallen in Lebensstellung.

Aus dem Biotop der kreidigen Kalke konnten folgende Fossilien bestimmt werden (die Riffbewohner wurden schon im vorangehenden Kapitel aufgeführt. F. WOLTERSDORF fasst in seinen Fossilisten beide Faunen zusammen – vgl. Anhang I):

Codiaceen:	<i>Cayeuxia</i> sp. sp.
Foraminiferen:	<i>Lenticulina</i> sp. sp.
	<i>Pseudocyclammia</i> sp. sp.
	<i>Quinqueloculina</i> sp. sp.
	<i>Textularia</i> sp. sp.
	<i>Verneuilina</i> sp. sp.
Brachiopoden:	<i>Zeilleria huddlestoni</i> DOUVILLE
Lamellibranchier:	<i>Arca laufonensis</i> ÉTALLON
	<i>Astarte</i> cf. <i>matheyi</i> LORIOLO
	<i>Bradycardia kobyi</i> LORIOLO
	<i>Cardium corallinum</i> LEYMERIE
	<i>Corbis episcopalis</i> LORIOLO
	<i>Corbis kobyi</i> LORIOLO
	<i>Corbis ursannensis</i> LORIOLO
	<i>Corbis valfinensis</i> LORIOLO
	<i>Diceras arietinum</i> LAMARCK
	<i>Lima</i> cf. <i>perrigida</i> ÉTALLON
	<i>Lima sublaevis</i> THURMANN
	<i>Lima tumida</i> ROEMER
	<i>Pachyerisma septiferum</i> BOEHM
Gastropoden:	<i>Ditretus thurmanni</i> LORIOLO
	<i>Harpagodes aranea</i> (ORBIGNY)
	<i>Natica amata</i> ORBIGNY
	<i>Natica</i> cf. <i>eurytha</i> LORIOLO
	<i>Natica mihielensis</i> LORIOLO
	<i>Nerinea elegans</i> THURMANN
	<i>Nerinea laufonensis</i> THURMANN
	<i>Nerinea ursicina</i> THURMANN
	<i>Pleurotomaria</i> sp. sp.
	<i>Purpuroidea moreana</i> BUVIGNIER
	<i>Purpuroidea tuberosa</i> SOWERBY
Echinodermen:	<i>Hemicidaris intermedia</i> (FLEMING)
	<i>Pseudodiadema pseudodiadema</i> (LAMARCK)
	<i>Pseudodiadema orbigny</i> (COTTEAU)
	<i>Rhabdocidaris</i> sp. sp.
Ammoniten:	<i>Perisphinctes</i> sp. sp.

Ausserdem wurde in den kreidigen Kalken – aber nicht zu ihrem Biotop gehörend! – ein Cycadaceenblatt gefunden (Fig. 21).

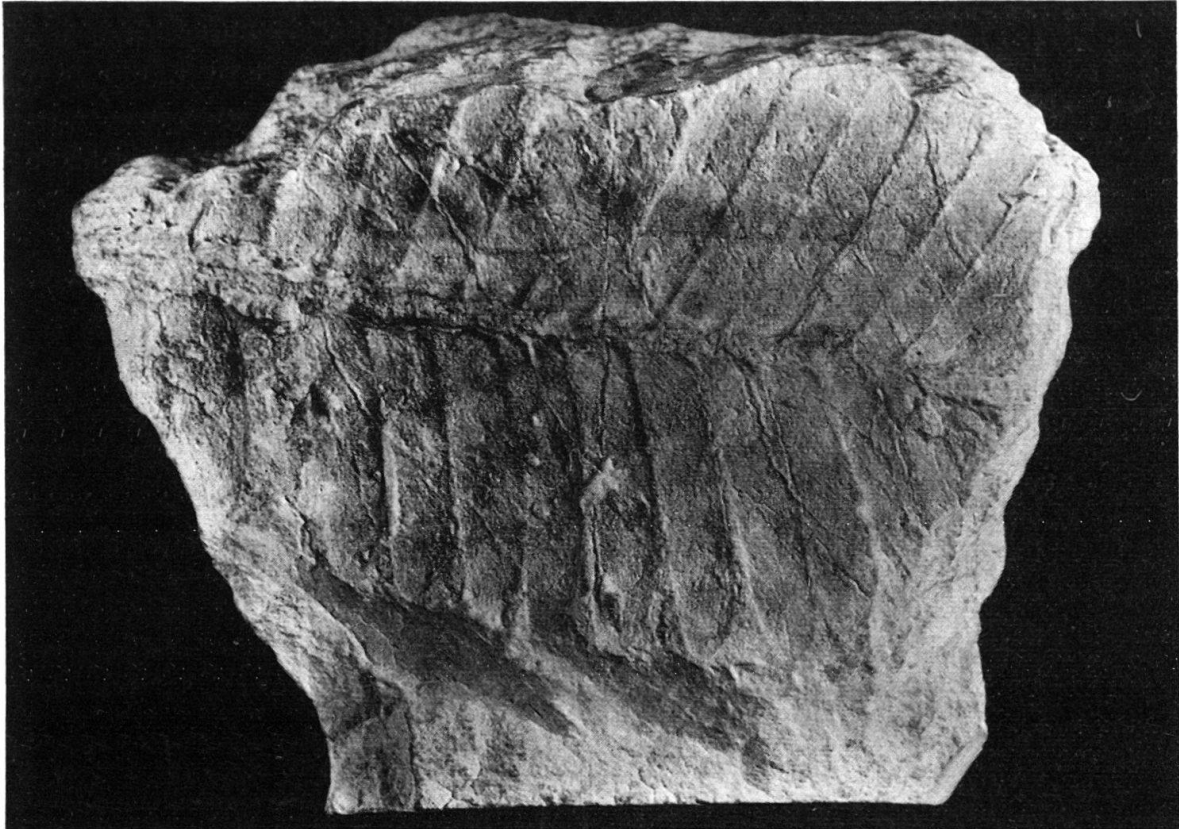


Fig. 21. Kreidige Kalke von St. Ursanne; Cycadaceenblatt $\frac{3}{4}$ nat. Gr., Steinbruch St. Ursanne.

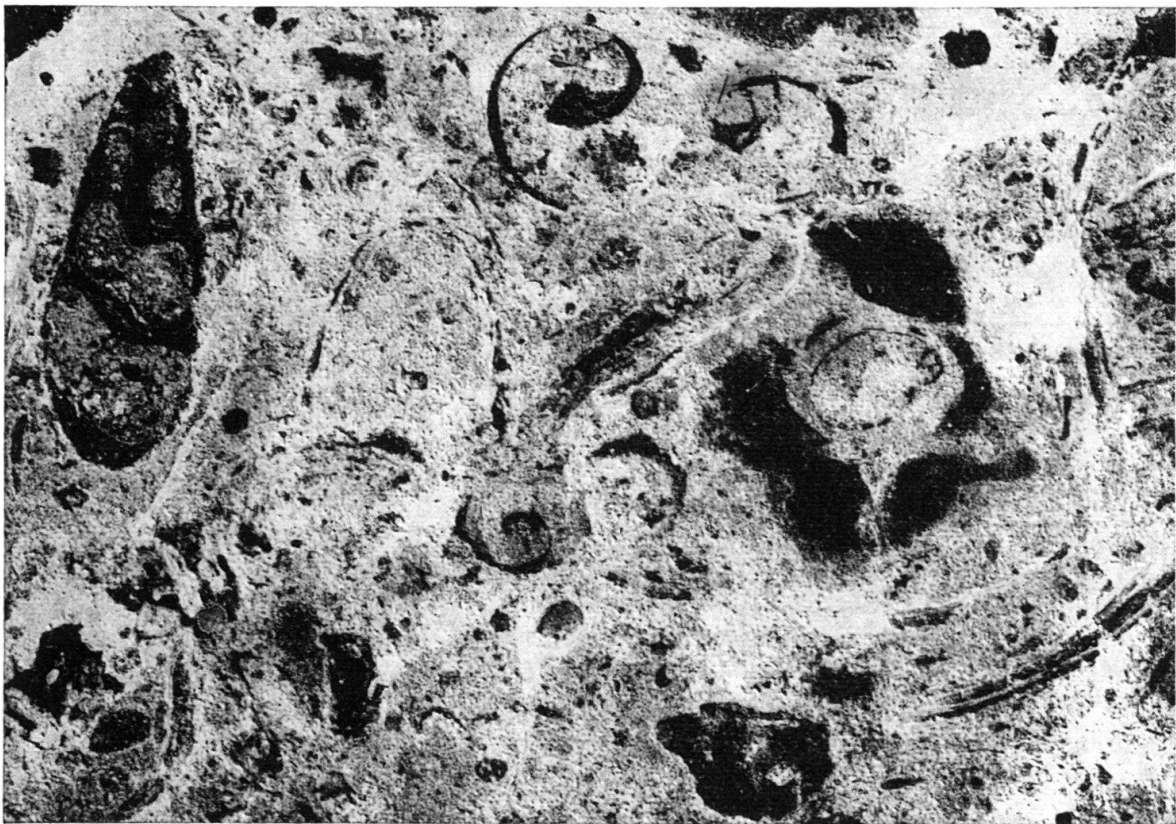


Fig. 22. Kreidige Kalke von St. Ursanne mit sehr stark korrodiertem Skelettmaterial (Lackfilmabzug). St. Ursanne, Kalkfabrik.

Die Muschelschalen sind meist geöffnet. Die Wirbel liegen nahe beisammen, d. h. die Verbindung durch das Ligament muss lange bestanden haben. Erst während der Umkristallisation der Sedimente wurde die organische Substanz zerstört.

Einige der beschriebenen Organismen konnten in beiden Lebensräumen existieren. So können z. B. an beiden Orten Nerineen und Körper von Seeigel der gleichen Spezies (*Hemicidaris intermedia* FLEMING) gefunden werden.

Die Skelette der Fossilien in den kreidigen Kalken sind meist stark korrodiert, so dass sie manchmal nur noch schattenhaft erkennbar sind (vgl. Fig. 22). Die Zerstörung der Hartbestandteile wurde vermutlich durch primäre Vorgänge, wie Abbau des Skelettmaterials durch Thallophyten und andere zerstörende Organismen und durch spätere diagenetische Prozesse, begünstigt durch die grosse Porosität des Gesteins hervorgerufen.

Häufig treten kugelige bis elliptische Gebilde auf, die nicht selten einen Durchmesser von über einem Meter aufweisen und bis zu zwei Meter lang werden können. Ihr Aufbau ist konzentrisch-schalig, mit einem Rhythmus im mm- bis cm-Bereiche. Um Konkretionen kann es sich kaum handeln, denn die einzelnen Schalen unterscheiden sich stark in der Porosität. Die Genese dieser Bildungen ist uns noch rätselhaft.

In den obern Partien der kreidigen Kalke können oft röhrenförmige Gebilde festgestellt werden. Diese Tuben, die 10 bis 15 cm lang werden, weisen einen Durchmesser von 2 bis 15 mm auf. Sie sind leicht gewunden und durchziehen das Gestein in vorwiegend senkrechter Richtung. Manchmal sind die einzelnen Tuben dichotom verzweigt oder U-förmig umgebogen. Das Lumen ist innen mit grobkristallinem Calcit ausgekleidet oder auch ganz ausgefüllt. Die Calcitkristalle sind durch eingeflossenen Boluston oft rot gefärbt.

Zusammen mit diesen Gebilden finden sich oft nestartige Anhäufungen von Nerineen und Korallentrümmern, die so gut erhalten sind, dass die Annahme, bei den oben beschriebenen Röhren handle es sich um weit verzweigte Korallenäste, die sich im Laufe der Diagenese auflösten, und deren Lumen durch Calcit gefüllt wurde, unwahrscheinlich ist.

Direkt unter den Vorbourgkalken, zum Teil in den kalkarenitischen Partien können andere Strukturen festgestellt werden, die möglicherweise genetisch mit den beschriebenen Tuben in Zusammenhang gebracht werden können. Sie fallen vor allem im Dünnschliff auf. Das Sediment ist stark gestört und mit einzelnen länglichen, vertikal orientierten Löchern von 0,5–2 mm Durchmesser durchsetzt. Diese sind in ihrem oberen Teil mit Calcit gefüllt. Gegen unten wird dann der Calcit oft durch geopetal eingelagertes gröberes Sediment ersetzt.

Beide Bildungen können folgendermassen erklärt werden:

1. Wohnbauten und Frassgänge benthonischer Organismen: Die meisten rezenten Seichtwassersedimente sind durch Würmer, Crustaceen, Mollusken etc., welche deren primäre Stratifikation zerstören, stark umgearbeitet. Die Hartbestandteile der grabenden Organismen sind meist nicht mehr erhalten, so dass nur noch die Spuren ihrer Tätigkeit zurückbleiben.

Von rezenten Crustaceen ist bekannt, dass sie oft Wohnröhren anlegen. So wissen wir von *Mictris* («army crab»), einer Krabbenart, die die australischen Küsten

besiedelt, dass sie spiralige Tuben baut. Der Amphipode *Corophium* (Schlickkrebs) baut längliche, zum Teil U-förmige Gänge, die manchmal leicht verzweigt sind. Dieser Gangtypus wird von ABEL, 1953, p. 463, *Corophites* genannt.

Figurierte Reste von grabenden Organismen, in Form von mehreren Krabbenexemplaren sind von Taschner (vgl. Verh. Natf. Ges. Basel, Band L, 1938–39, p. 246) an der Strasse Zwingen-Blauen (vgl. Landeskarte der Schweiz, 1:25000, Blatt 1067, Arlesheim) gefunden worden. Herr Prof. VONDERSCHMITT teilte uns mit, dass die gleiche Crustaceenfauna auch in den kreidigen Kalken nordwestlich von Röschenz aufträte, und zwar an der Strasse Cholholz-Forstweid und in einem kleinen Grübchen N P. 524 (Cholholz) Koord. 601 825 254 255, vgl. Landeskarte der Schweiz, 1:25000, Blatt 1066, Rodersdorf.

2. Sedimentbindende Florengemeinschaften: Seichte Sedimentationsräume sind in den seltensten Fällen «kahl». Meist sind die Ablagerungen durch ausgedehnte Wiesen von *Posidonia*, *Thalassia* und andern «Seegräsern» bewachsen. In rezenten Riffgebieten sind auch Mangrovewälder sehr häufig. Alle diese Pflanzen haben die Fähigkeit, mit ihrem Wurzelwerk das Sediment zu binden. BEALES (1963) zeigt an Beispielen, dass viele Strukturen, die bis heute als Frassgänge bezeichnet wurden, in Wirklichkeit von Wurzeln und Rhizomen herrühren, die im Laufe der Zeit verwesten. Das übrigbleibende Lumen wurde entweder durch Sediment aufgefüllt, oder blieb hohl, wenn die Ablagerungen schon etwas verfestigt waren.

Genetische Interpretation

Zur Zeit der Sedimentation der kreidigen Kalke waren einzelne Teile des Riffkomplexes, wie unser Cycadaceenblatt vermuten lässt, über Wasser gehoben. Das Gestein wurde auf einer sehr seichten Plattform abgelagert und dürfte wohl aus Kalkschlämmen hervorgegangen sein, wie wir sie heute im Innern der Bahamas oder im Persischen Golf finden. Dieser Kalkschlamm kann ursprünglich mikrokristallin oder mikroklastisch gewesen sein. Wegen der starken Rekristallisation der kreidigen Kalke kann heute seine genaue Herkunft nicht mehr ermittelt werden. Immerhin können wir einige Vergleiche mit der Kalksedimentation in den erwähnten rezenten Riffgebieten ziehen. Der Kalkschlamm könnte durch folgende Prozesse entstanden sein:

a) *Ausfällung von Aragonitnadeln durch Evaporation*: Schelflagunen, wie sie möglicherweise in unserem Falle vorlagen, sind vor allem in der heissen Jahreszeit semistagnierend. Im Laufe der sich so ergebenden starken Evaporationsperiode, die charakterisiert ist durch sehr hohe Salinität, werden die meisten Aragonitnadeln ausgefällt. Ist die Salinität noch höher, wird Dolomit ausgeschieden.

CLOUD (1962, p. 85) zeigt mit Hilfe regelmässiger Messungen der Anomalien im Chemismus des Meerwassers und durch Vergleiche mit der Sedimentationsrate, wie Zunahme der Sedimentation und des pH-Wertes in solchen Evaporationsgebieten Hand in Hand gehen. Die anorganische Kalkausfällung scheint also bedeutend zu sein.

b) *Whitings*: CLOUD (1962, p. 19 ff.) macht erstmals auf ein interessantes Phänomen aufmerksam, das sowohl von den Bahamas, als auch aus dem Persischen Golf gemeldet wird (vgl. auch WELLS & ILLING, in VAN STRAATEN, 1964, p. 429). Es handelt sich um gewissermassen explosive Ausfällungen von kleinsten Aragonitnadeln, die möglicherweise im Zusammenhang mit massenhafter Vermehrung kleinster Organismen (WELLS & ILLING erwähnen massenhafte Vermehrung von Diatomeen)

auftreten. Diese «Whittings» sind relativ häufig und werden als wichtige Karbonatlieferanten in seichten Schelflagunen angesehen.

c) *Ausscheidung von Aragonitnadeln, verursacht durch Tätigkeit anaerober Bakterien*: Die Aktivität anaerober Bakterien verursacht Schwankungen im CO₂-Gehalt des Wassers. Nach CLOUD (1962, p. 99) dürfen maximal 15% des Aragonits in den Kalkschlamm-bänken der Bahamas auf bakterielles Wirken zurückzuführen sein.

d) *Aragonitnadeln, die von Algen ausgeschieden werden*: LOEWENSTAM (1955, p. 270) beschreibt wie Aragonitnadeln, die identisch sind mit denjenigen, die in den Sedimenten vorgefunden werden, innerhalb der Gewebe verschiedener Algen ausgeschieden werden. Bei den Algen handelt es sich vor allem um Codiaceen (vgl. ILLING, 1954, p. 20). NEWELL & RIGBY (1957, p. 61) sind der Ansicht, dass diese Algen einen relativ kleinen Anteil an der Sedimentbildung haben. Immerhin mögen sie an Orten, wo ausgedehnte Algenrasen wachsen, eine grössere Rolle spielen.

Wir erwähnen diesen Prozess, weil Dünnschliffe aus den kreidigen Kalken immer wieder Codiaceenblättchen aufweisen (*Cayeuxia*). Es besteht also die Möglichkeit, dass Grünalgen zur Sedimentation der kreidigen Kalke beigetragen haben.

e) *Mikroklastischer Kalkpelit*: Der Anteil an mikroklastischem Material in den kreidigen Kalken ist wahrscheinlich grösser als derjenige an mikrokristallinem: Der Pelit wurde in der Umgebung von kleineren Biohermen abgelagert, die der Erosion ausgesetzt waren. Vor allem Bohrorganismen und andere Lebewesen, die das Riff als Behausung wählten, trugen zu dessen Zerstörung bei. Durch ihre Tätigkeit schufen sie mikroklastischen Pelit der durch Strömungen in die Lagune hinausgespült wurde. Brandung und andere mechanische Einflüsse schufen ebenfalls mikroklastischen Kalkpelit. Ferner sei noch darauf hingewiesen, dass auch die im Kalkschlamm eingebetteten Fossilien stark korrodiert sind (vgl. Fig. 22). Das aus ihren Hartbestandteilen abgebaute Karbonat ist wahrscheinlich auch als mikroklastischer Kalkpelit sedimentiert worden.

C. EIN VERGLEICH DER BIOHERME VON ST. URSANNE MIT SOLCHEN ANDERER FORMATIONEN

1. Die frasnischen Bioherme der Ardennen

LECOMPTE (1959–1960) gibt einen Überblick über die paläozoischen Riffbildungen in den Ardennen. In dieser Arbeit beschäftigt er sich besonders mit ökologischen Fragen. Für unsere Belange ergeben sich hier einige interessante Vergleiche.

Im oberen Devon Belgiens waren epirogenetische Bewegungen häufig. Diese beeinflussten die Struktur und Ausbildung der Bioherme. Wir können meist zwei Riff-typen unterscheiden:

a) *Biohermes construits sous la zone turbulente*: Die Bioherme beginnen im allgemeinen ausserhalb der Turbulenzzone, in tiefern, ruhigeren Gewässern zu wachsen. Riffbildner sind Korallen, Tabulaten, Spongien, Crinoiden. Stromatoporen treten selten, und dann nur als lamellierte, kleine Formen auf. Massive Köpfe fehlen vollständig.

Solange sich diese Bioherme ausserhalb der Turbulenzzone befanden, bildeten sie keine Schuttkegel. Die riffbildenden Organismen sind allgemein in Lebensstellung.

Wurde das Riffwachstum grösser als der Betrag der Subsidenz, so erreichten die Bioherme die Meeresoberfläche und gelangten in den Bereich der Brandung.

b) Biohermes construits dans la zone turbulente: Sie sind vom umgebenden Sediment durch Schuttmassen getrennt. Gebildet werden sie hauptsächlich durch massive Stromatoporenköpfe. Diese resistenten, der starken Brandung angepassten Hydrozoenkolonien, die zum Teil einen Durchmesser von mehr als 2 m haben, sind oft umgelagert, also nicht mehr in Lebensstellung.

Zwischen der zone sous-turbulente und der zone turbulente liegt eine Übergangszone, die zone sub-turbulente. Sie ist gekennzeichnet durch lamellenartige Stromatoporen und ästige Korallen. Detritisches Material beginnt sich stellenweise anzuhäufen, ist aber noch nicht in der Masse vorhanden wie in den Schuttkegeln der zone turbulente.

Versuchen wir nun eine Gegenüberstellung der Riffe von St. Ursanne und der Bioherme der Ardennen, so ergibt sich ungefähr folgendes Bild:

St. Ursanne	Ardennen
	<i>zone turbulente</i>
Solenoporenknollen im groben, eckigen Riffschutt;	Massive Stromatoporenköpfe
Korallen oft umgelagert;	Stromatoporen oft umgelagert
Riffschutt aus groben, eckigen Korallenblöcken	Schuttkegel
	<i>zone sub-turbulente</i>
Ästige Korallen	Ästige Korallen
	Lamellierte Stromatoporen
Kreidiger Riffschutt	Kleinere Lagen von Detritus
	<i>zone sous-turbulente</i>
ev. oberste Partien der Zone mit schwartenartigen und feinästigen Korallen	Korallen
	Kein Riffschutt, Raum zwischen den Korallen mit feinem Pelit gefüllt.

2. Rezente Riffbildungen

Wollen wir unsere Bioherme mit rezenten Riffbildungen vergleichen, so müssen wir uns im klaren sein, dass letztere meist nur in ihrem oberflächlichen Bau studiert werden können. Nur an wenigen Orten sind Bohrungen abgeteuft worden, die Aufschluss über die Entwicklung der Riffe im Laufe der Jahrtausende geben können.

Interessant an den heutigen Riffen ist die überall beobachtbare Zonierung der Korallen. Dies hat uns veranlasst die Bioherme im Steinbruch von St. Ursanne von diesem Gesichtspunkt aus zu untersuchen.

Die Korallenzonen in rezenten Riffen (vgl. WELLS, 1954; KORNICKER & BOYD, 1962) sind abhängig von den äusseren Einflüssen. Brandung erfordert grössere Resistenz der Korallen, also massivere Bauart. In der Brandungszone sind aus diesem Grund vor allem gedrungene, massive Formen zusammen mit Lithothamnien vorhanden. Sie bilden einen sog. «rigid frame» (vgl. KORNICKER & BOYD, 1962).

Auf der Leeseite eines Riffkomplexes finden wir dann mehr ästige und zarte Korallen (non-rigid frame).

Die Bioherme von St. Ursanne zeigen verschiedene solcher Zonen. Auffallend ist, wie die massiven Korallenköpfe und die Solenoporen, welche den Lithothamnien homolog sind, sich dem auf Fig. 14 dargestellten Riff südlich vorlagern, während die ästigen *Calamophyllia*- und *Latomeandra*-Kolonien erst weiter «hinten» wachsen. Es scheint somit, dass die Zone mit massiven Korallenköpfen und der durch Solenoporen verfestigte Riffschutt die Luvseite des Riffs darstellen.

Ausdehnungs- und lagemässig sind die kleinen Bioherme mit rezenten Rifftürmen oder -knollen (patch reefs, faros) vergleichbar. Diese sitzen normalerweise in den flachen Schelflagunen, hinter vorgelagerten Riffbarrieren. Unsere Fig. 2 und 3 (p. 809-810) zeigen, dass in dieser Beziehung grosse Analogien zu heutigen Riffgebieten vorhanden sind. Wir verweisen hier vor allem auf Fig. 2 von KORNICKER & BOYD (1962, p. 643), aus welcher hervorgeht, dass die Rifftürme im Alacran-Riff ihrer Ausdehnung und Lage nach mit den Biohermen im Steinbruch von St. Ursanne zu vergleichen sind.

D. DIE ENTWICKLUNG DER BIOHERME IM STEINBRUCH VON ST. URSANNE

Die ersten Korallen, die zu den Biohermen gehören, treten in den obersten Partien des dichten, Detritus führenden Oolithbandes auf. Es sind kleinere, oft umgelagerte Köpfe und Schwarten, die sich zusammen mit Austern in umgekehrter Lage, und nestartigen Anhäufungen von Serpelnröhren finden. Die Anlagerung der Korallen und dickschaligen Austern, etc., deutet auf seichte, relativ bewegte Gewässer hin.

Diese Fauna bildet das Substratum, auf welchem die Bioherme fussen. Über ihr folgen feinverzweigte bis büschelige Korallen (z. B. *Goniocora*). Ihre zerbrechlichen Skelette wären wohl von der gleichen Brandung, die die Korallenköpfe an der Basis umlagerte, zerstört worden. Wir nehmen aus diesem Grunde an, der Untergrund habe sich zur Zeit des Wachstums dieser Scleractinien leicht gesenkt, oder der Meeresspiegel sei infolge eustatischer Schwankungen gestiegen.

Solche Bewegungen ermöglichten die Konstruktion des eigentlichen Riffs. Sie schufen den Raum, den die Korallen benötigten, um in die Höhe wachsen zu können. Auf dem Korallenflechtwerk an der Basis finden wir jetzt die grobüstigen und büscheligen Korallen, die die Bioherme bauen (gewisse *Thamnasteria*-Arten, *Calamophyllia*, *Latomeandra* etc.). Das Aufwärtswachstum dauerte an, bis das Riff die Brandungszone erreicht hatte.

Die Zone mit den massiven Korallenköpfen, die wir an der SSW-Seite des auf Fig. 14 dargestellten Bioherms finden, betrachten wir als Korallenzone, welche an der Luvseite des Riffs wuchs. Sie dehnte sich der Brandung entgegen, lateral aus.

Die kleinen Solenoporenknollen im eckigen Riffschutt, die wir riffökologisch am gleichen Ort finden wie die grossen massiven Korallenköpfe, können mit den heutigen Corallinaceen verglichen werden (vgl. JOHNSON, 1961, p. 72). Letztere gedeihen in Riffkomplexen normalerweise an deren Luvseite. Sie bilden dort sog. Trottoirs, d. h. sehr resistente Algenkalk-Strukturen und sind fähig, der stärksten Brandung zu widerstehen. Für ihr Wachstum sind CaCO₃-reiche, ungetrübte Gewässer notwendig.

Zur Zeit des seitlichen Vorrückens des Riffs müssen die eustatischen Bewegungen für kurze Zeit aufgehört haben. Solche Ruheperioden waren vermutlich sehr häufig. Dadurch, dass das Riff während dieser Zeiten in die Brandungszone wuchs, erfolgte temporär vermehrte Schüttung von Detritus. Als Hinweis dafür ist auf folgendes zu verweisen:

- Der kreidige Riffschutt an der Basis der Bioherme stammt mehrheitlich von büscheligen Korallen. Er dürfte in dem Moment entstanden sein, als diese in die Brandungszone hineinwuchsen.
- Der lithostratigraphisch höher liegende grobe, eckige Riffschutt dürfte von Riffpartien stammen, die längere Zeit der direkten Brandung ausgesetzt waren.
- Die Schuttlagen in den oberen kreidigen Kalken, die bis zu 50 m vom Riff entfernt abgelagert wurden, könnten durch Springfluten und Stürme verfrachtet worden sein. Durch regelmässige Wellenbewegung wäre das Material später gerollt worden.

Das Dach der Bioherme ist oft ziemlich scharf abgeschnitten. Wir schliessen die Möglichkeit nicht aus, dass die Bioherme während einer mehr oder weniger langen Zeitspanne über Wasser gehoben waren und erodiert wurden.

E. DIE BIOHERME BEI P. 883,6, ROCHE AU VILAIN, SÜDLICH LA CAQUERELLE

Ein anderer gut aufgeschlossener Biohermkomplex liegt ca. 800 m südlich La Caquerelle, bei P. 883,6 (vgl. Fig. 2). Hier bildet eines der schönsten Bioherme der Gegend die als Aussichtspunkt bekannte Roche au Vilain, von wo wir einen prächtigen Blick ins Doubs-Tal, auf die Clos du Doubs-Kette und auf die Mont-Terri-Antiklinale geniessen. Die Roche au Vilain ist das südlichste aus einer Gruppe von drei Biohermen, die längs der markanten Geländekante anstehen, welche den Hang gegen Combe Chavat nach Osten begrenzt (vgl. Fig. 23). Das Rauracien liegt hier waagrecht; tektonisch gehört es zum überschobenen Dach der Caquerelle-Antiklinale.

Die Bioherme ragen aus der Gegend heraus, da der umgebende Sedimentmantel zum Teil wegerodiert ist. Der Felsen, der die Roche au Vilain bildet, ist heute noch 18 m hoch. Die oberste Partie des Bioherms ist abgetragen. Seine ursprüngliche Höhe dürfte 25–30 m betragen haben. Es wird aufgebaut von diversen Korallenkolonien und Solenoporen, die, wie in St. Ursanne, auf den Oolithen fussen und dann vertikal nach oben wachsen. Grundsätzlich stimmt die Ausbildung der Bioherme von La Caquerelle mit derjenigen der Riffe von St. Ursanne überein.

Im ersten Weltkrieg wurden im Gebiet von Roche au Vilain – Haut de la Montagne grosse Schützengrabensysteme ausgehoben. Diese heute leider ziemlich eingestürzten und überwucherten Aufschlüsse geben trotzdem noch ein gutes Bild der Sedimentation um die Bioherme herum. Fig. 23 zeigt den Verlauf der Gräben, die Stellung der Bioherme und die Ausdehnung der ihnen zugehörigen Schuttkegel. Die Fossilfundstellen, die in den letzten 40 Jahren regelmässig von F. WOLTERS DORF ausgebeutet wurden, sind numeriert. Die Nummern entsprechen den Angaben auf den Fossilisten von F. WOLTERS DORF (vgl. Anhang I). Die Fundstellen 1, 3 und 4 liegen im Riffschutt. Nr. 1 liegt in gerolltem kreidigem Riffschutt. Dieser hat die

gleiche Ausbildung wie der kreidige Schutt im Steinbruch von St. Ursanne. Eine Schürfung, die zwischen der Roche au Vilain und dem nördlich davon liegenden Bioherm ausgeführt wurde zeigte deutlich, dass auch hier der gerollte kreidige Riffschutt die basalen Partien des Riffs bedeckt.

Fundstelle 3 befindet sich in einem Loch, das in groben, eckigen Riffschutt getrieben wurde. Hier fand F. WOLTERS DORF ca. 300 Seeigelkörper (!). Bei Nr. 4 ist

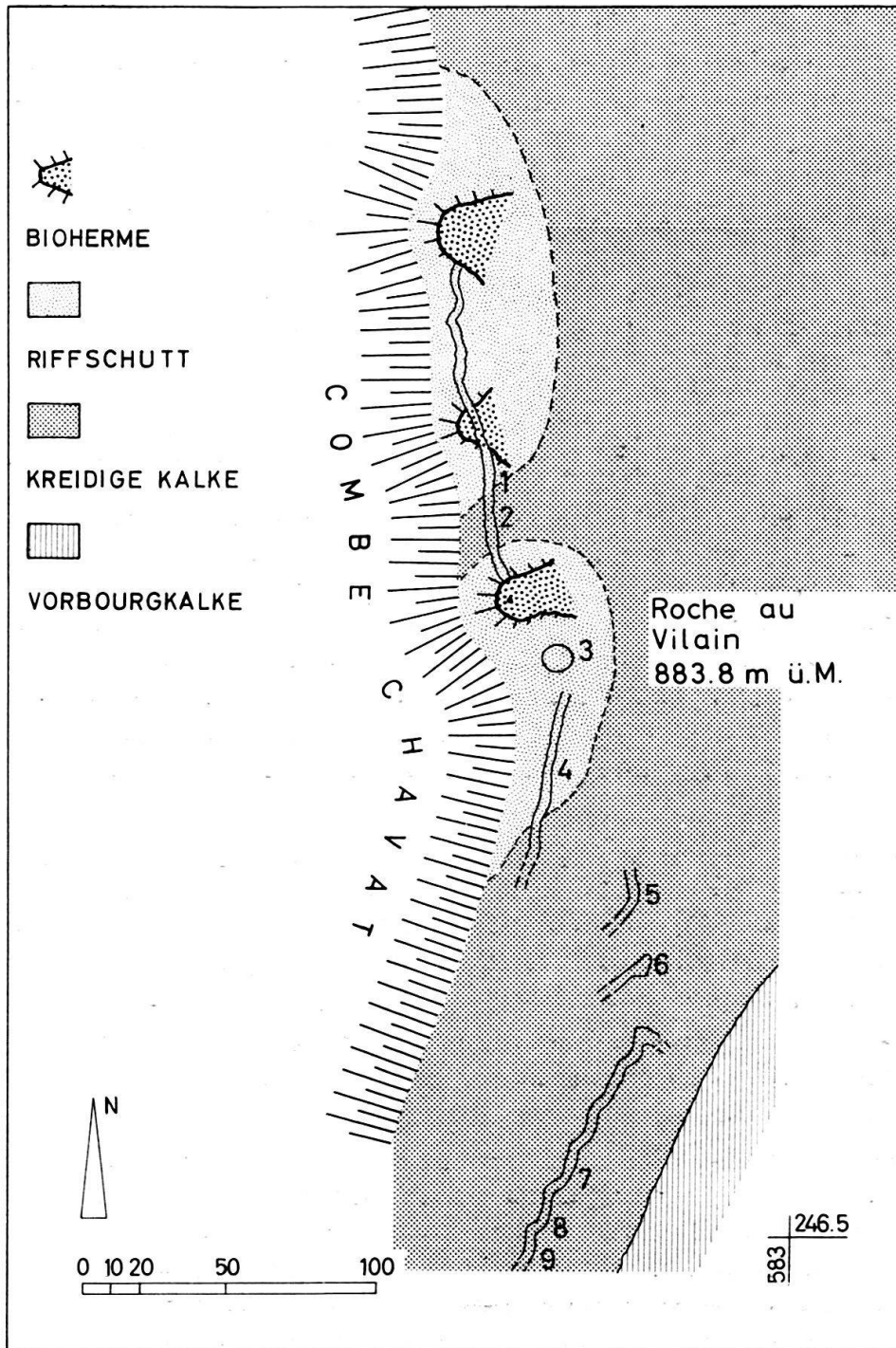


Fig. 23. Die geologischen Verhältnisse bei P. 883,8, Roche au Vilain, südlich La Caquerelle und die Fossilfundstellen von F. WOLTERS DORF.

eine grosse Kolonie von *Latomeandra amedei* ETALLON zu beobachten. Nr. 2, 5, 6, 7, 8, 9 liegen in den kreidigen Kalken. Hier wurde die reiche Lamellibranchier- und Gastropodenfauna zusammengetragen.

F. DIE BIOHERME VON LES ŒUCHES, ÖSTLICH VON RAVINES

(Koord. 579500/244600)

Der Malm-Südschenkel der Clos-du-Doubs-Antiklinale ist in der Gegend von Ravines nur noch als kleines Relikt von Rauracien bei Les Œuches vorhanden. Die Serie liegt horizontal. Die kreidigen Kalke und die Schuttkegel der Bioherme

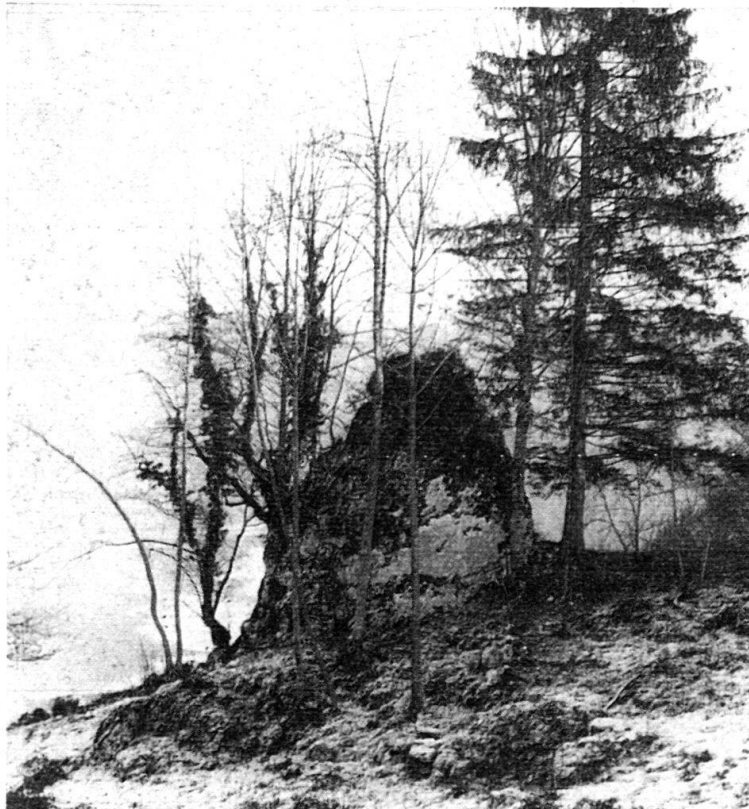


Fig. 24. Bioherm in den kreidigen Kalken von St. Ursanne. Das umgebende Sediment ist weg-erodiert. Nur noch das gewachsene Riff ist erhalten. Les Œuches, E Ravines (Koord. 579 500/244 600).

sind zum grossen Teil wegerodiert. Dank ihrer klotzigen Struktur haben mehrere Bioherme der Verwitterung widerstehen können und sind noch erhalten. Diese Riffe ragen dann pfeilerartig aus der Umgebung heraus (vgl. Fig. 24). Beim Anschlagen kann man gleich die koralligene Natur der einzelnen «Pfropfen» erkennen.

G. WEITERE BIOHERME IM NORDWESTLICHEN FAZIESBEREICH

- Der Schlossfelsen nördlich von St. Ursanne. Er gehört zum gleichen Komplex wie die Bioherme im Steinbruch.
- Die markante Fluh bei P. 889,3, nördlich Côte du Frêne (Koord. 581 500/248 100). Sie ist tektonisch stark gestört.
- Der Felsen SE Tariche (Koord. 577 500/242 500).

Die Vorbourgkalke ⁴⁾

M. A. ZIEGLER, 1962

Synonyma: Calcaires pauvres ROLLIER, 1894
 Plattige Kalke LAUBSCHER, 1948
 Plattenkalke P. A. ZIEGLER, 1956

Typlokalität: Chapelle de Vorbourg (Koord. 593850/247625).



Fig. 25. Vorbourgkalke; Mittlere Partie mit eckig zerfallenden Bänken. Unten Omissionsfläche, darüber Mergelfuge. Côte du Frêne.

Die Vorbourgkalke bilden den oberen Abschluss der kalkigen Rauracien-Serie und leiten über zu den mergeligen Naticaschichten des Sequanien. Die lithologische Grenze zu den hangenden Naticamergeln wird dort gezogen, wo die erste grosse Mergellage auftritt. Wir sind uns aber im klaren, dass diese Grenzziehung rein praktischer Natur ist, da die Mergelhorizonte von Aufschluss zu Aufschluss nicht verfolgt

⁴⁾ Die Vorbourgkalke von M. A. ZIEGLER entsprechen nicht den Couches du Vorbourg, die TOBLER (1905) erwähnt. Letztere sind ins untere Kimmeridgien zu stellen.

werden können, ein Aussetzen und Wiedereinsetzen in anderer stratigraphischer Lage also möglich ist.

Im Profil St. Ursanne sind nur noch 7 m der Vorbourgkalke gut aufgeschlossen. Ihr oberer Teil ist verschüttet. Bessere Aufschlussverhältnisse finden sich bei Côte du Frêne (10,80 m), bei Plan du Noyer (17 m) und bei Sous les Errauts (11,50 m – vgl. Tafel I, Profile 1, 4 und 5).

Die Vorbourgkalke sind gut gebankt, dicht und splintern beim Anschlagen. Sie verwittern eckig-bröckelig (vgl. Fig. 25). Die Bänke, die 50 cm– 3m messen werden oft durch eine Mergelfuge begrenzt.

Bei Sous les Errauts (vgl. Tafel I, Profil 5) konnte beobachtet werden, wie die Unterfläche der Kalkbänke sich oft über 50 cm weit ausbuchtet und bis 30 cm tief in das liegende Mergelband hineingreift (vgl. Fig. 26). Die feingeschichteten, z. T. etwas syndimentär verrutschten Mergel werden durch diese Auswölbung diskordant angeschnitten.

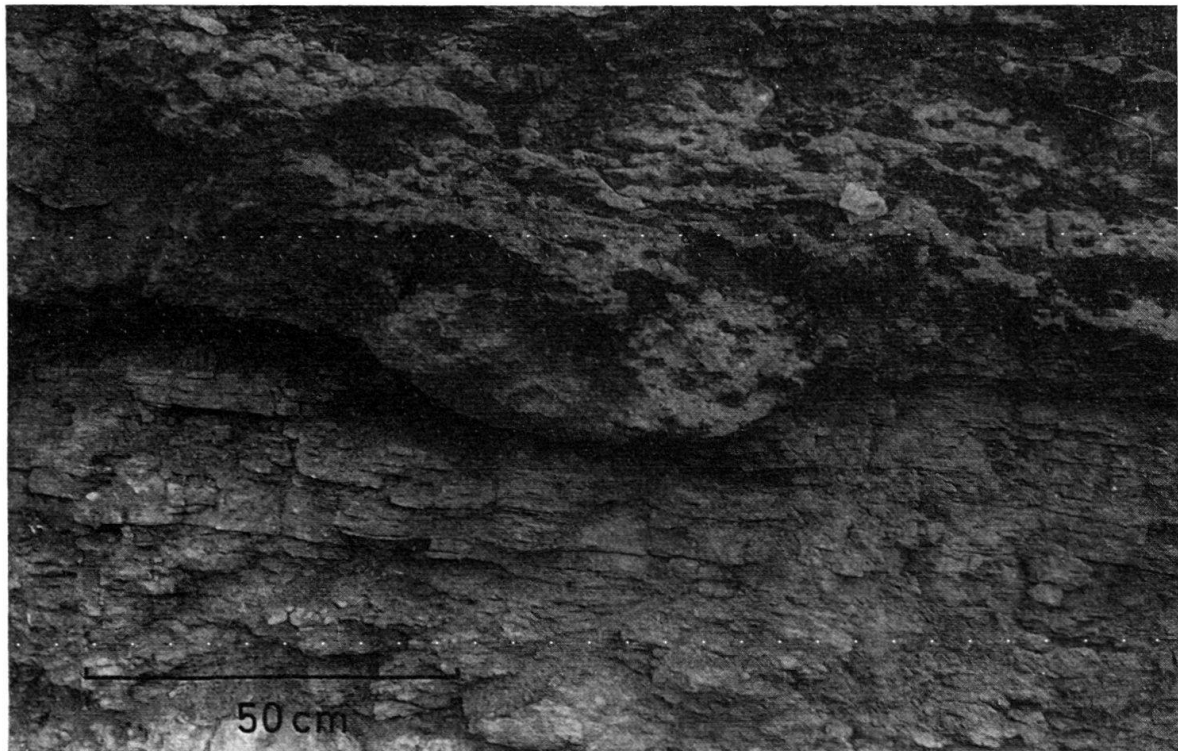


Fig. 26. Vorbourgkalke; Ausbuchtung an der Unterseite einer Kalkbank. Die liegenden Mergel werden durch die Struktur diskordant angeschnitten. Die Vertiefung ist mit aufgearbeitetem Material gefüllt. Möglicherweise handelt es sich um die Füllung eines Priels. Sous les Errauts.

Im Dünnschliff lässt sich erkennen, dass diese Ausbuchtungen ausschliesslich aus zusammengeschwemmtem Material bestehen. Cailloux noirs (vgl. p. 851), Ostracodenschalen, *Chara*-Oogonien und ganze *Chara*-Ästchen sind darin häufig (vgl. Fig. 27/28).

Nach oben schliessen die Kalkbänke meist mit einer Omissionsfläche ab. Diese ist gewöhnlich limonitisiert. Bohrlöcher konnten in unserem Gebiet keine festge-



Fig. 27. Vorbourgakalke; Aufgearbeitete Komponente (caillou noir), von Cyanophyceen umkrustet. Auch im Innern sind Algenhalli zu erkennen, die längs kleiner Klüfte eindringen. Côte du Frêne.

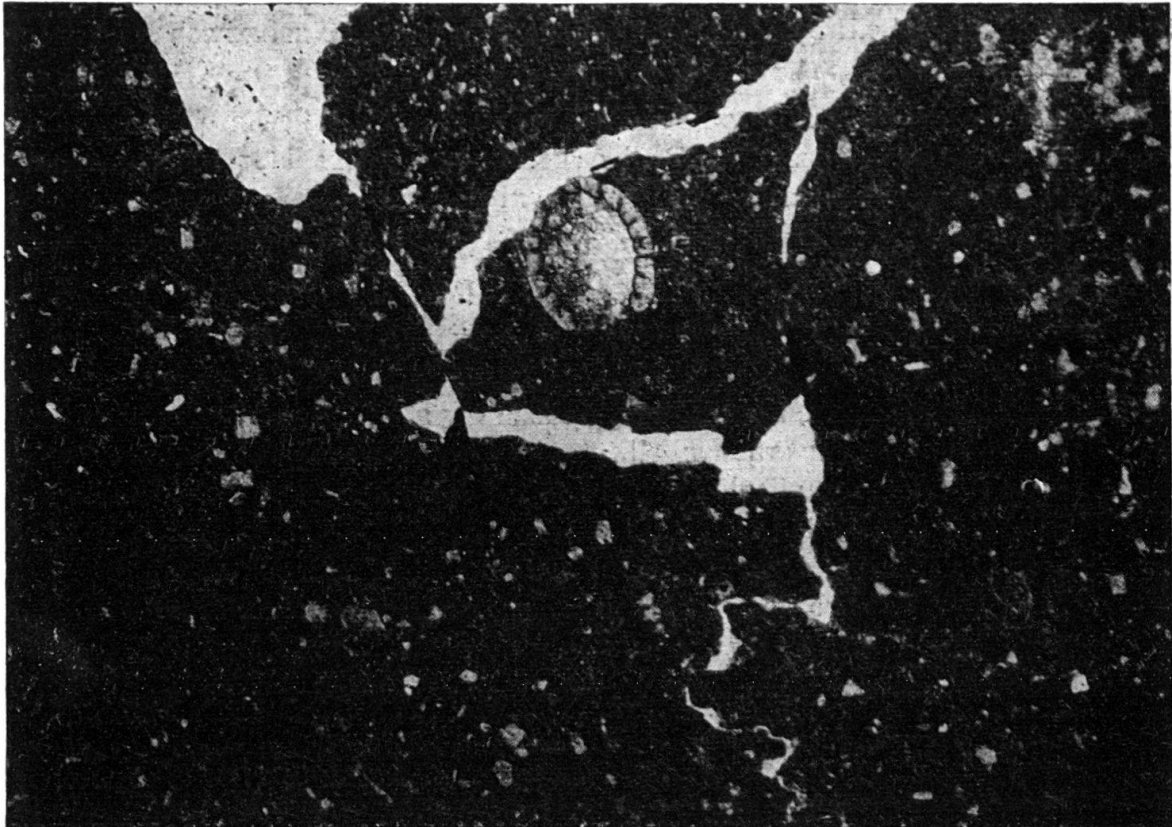
stellt werden, ebensowenig ausgedehnte intraformationelle Breccienlagen auf den Oberflächen der Kalkbänke⁵⁾. Dagegen sind andere Oberflächenstrukturen häufig:

Manchmal sind die Schichtflächen «höckerig». So konnte bei Côte du Frêne beobachtet werden, wie auf der Oberfläche einer Bank «Höcker» aus einer kalkpelitischen Masse mit einzelnen aufgearbeiteten Komponenten sitzen. Diese «Höcker», die 20 cm lang und 5 cm hoch werden können, sind durch einen feinen pelitischen Zement auf der Bankoberfläche festgekittet. Schichtoberfläche und «Höcker» sind von einer Limonitkruste überzogen.

Die Anlagerung dieser Körper erinnert an die Anlagerung gewisser «beach rocks» im Frasnien der Ardennen (vgl. LECOMPTE 1960), nur dass unser angelagertes Material nicht wie dort ausschliesslich aus Korallenfragmenten besteht, sondern aus der oben beschriebenen kalkpelitischen Masse.

Bei Côte du Frêne (Tafel I, Profil 1) können wir auf zwei Schichtflächen auch Muster von polygonal angelegten Furchen beobachten. Die Vertiefungen sind nur

⁵⁾ Weiter im Osten, in der Klus von Court (vgl. M. A. ZIEGLER 1962, Profiltafel II/22) und im Tiergarten, W Vermees (vgl. P. A. ZIEGLER, 1956 und M. A. ZIEGLER, 1962, Profiltafel I/3) sind die Schichtflächen in den Vorbourgakalke deutlich angebohrt und teilweise von intraformationellen Breccien überzogen.



1 mm

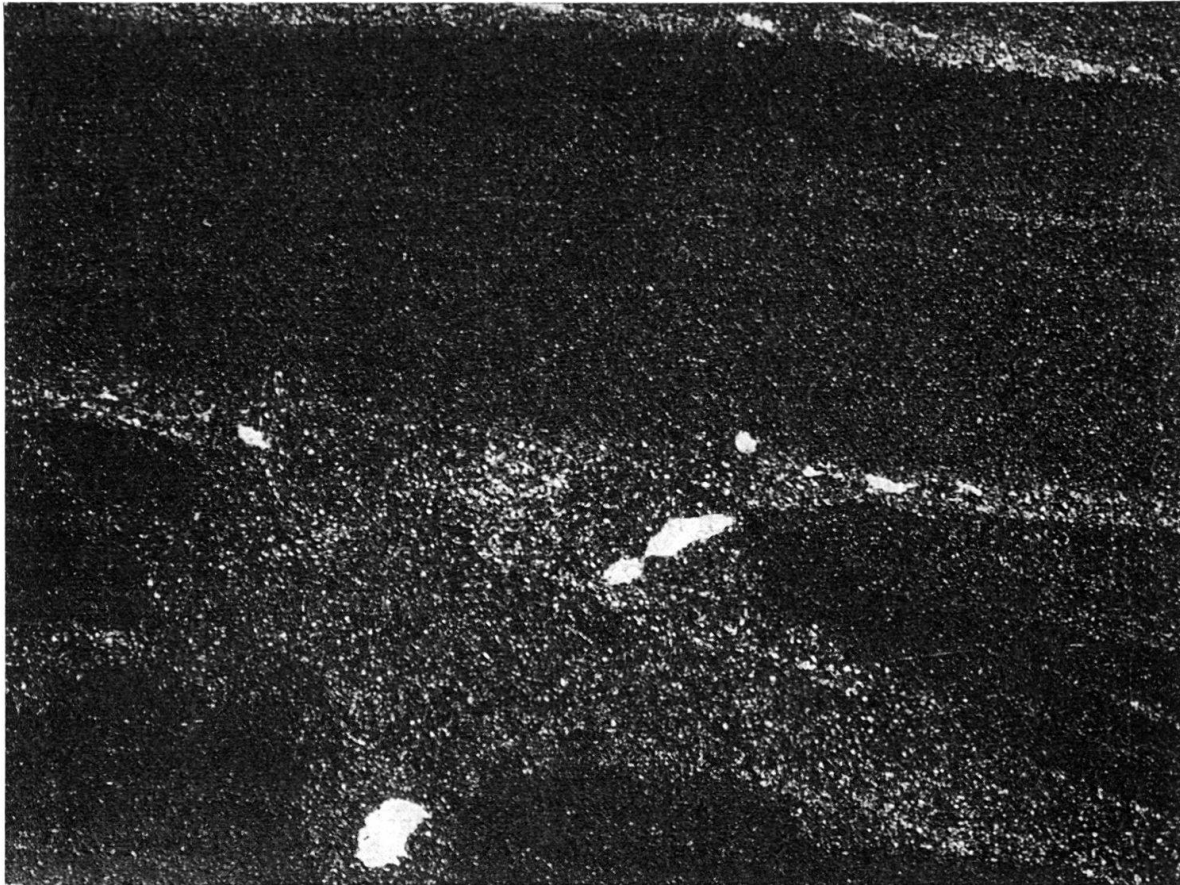
Fig. 28. Vorbourgkalke; *Chara*-Oogonie in kalkpelitischer Grundmasse; Sous les Errauts.

oberflächlich. Ihre Ränder sind gerundet. Möglicherweise handelt es sich um Trockenrisse, die vor der Bildung der Omissionsfläche entstanden, aber fast vollständig ausgelaugt wurden.

Das Schliffbild zeigt, dass die einzelnen Kalkbänke in den Vorbourgkalken sich lithologisch kaum unterscheiden. Eingebettet in eine dichte kalkpelitische Grundmasse finden wir folgendes Skelettmaterial:

Charophyten:	<i>Chara</i> -Oogonien und Ästchen
Foraminiferen:	<i>Ammobaculites</i> sp. sp.
	<i>Lenticulina</i> sp. sp.
	<i>Nautiloculina</i> sp. sp.
	<i>Pseudocyclamina</i> sp. sp. sehr hfg.
	<i>Quinqueloculina</i> sp. sp. sehr hfg.
	<i>Spirillina</i> sp. sp.
	<i>Textularia</i> sp. sp.
	<i>Verneuilina</i> sp. sp.
Ostracoden:	versch. limnische Formen (vgl. OERTLI, 1959; OERTLI et ZIEGLER, 1958).
Mollusken und Echinodermen:	einzelne Trümmer

Sehr häufig ist terrigener Detritus in Form von 10–30 μ grossen Quarzkörnern. Diese detritischen Körner, die die Hauptkomponenten stellen, sind manchmal in unregelmässigen Feinschichten angeordnet, die meist von Gängen durchbrochen sind (vgl. Fig. 29).



1 mm

Fig. 29. Vorbourgkalke: Feinschichtung mit Quarzkörnern, von Gängen durchbrochen, die mit terrigenem Detritus von grösserer Korngrösse aufgefüllt sind. Côte du Frêne.

Nicht selten enthält das Sediment in diesen Gängen Quarzkörner, die sich in der Grösse deutlich von denjenigen im umgebenden Gestein unterscheiden. Der darin eingelagerte Pelit ist oft anders gefärbt. Der Durchmesser der Gänge kann sehr gross werden (bis zu 1,5 cm); normalerweise liegt er aber bei 0,1–0,3 cm.

Eine zweite Art von Gängen, calcitgefüllte Hohlräume, kann ebenfalls häufig beobachtet werden. Sie sind im Querschnitt rund, in der Längsachse schlauchartig. Ihre sehr variablen Durchmesser betragen im Durchschnitt 0,6–1 mm. Die Gänge können Pelitkörner enthalten, die meist geopetal eingelagert sind.

Es wird wohl sehr schwer sein zu beweisen, auf welche Art diese Gänge entstanden sind. Wir haben die Möglichkeit ihrer Bildung bereits auf p. 839–840 diskutiert, wobei wir sie vor allem mit Frassgängen benthonischer Organismen und Wurzelgeflechten sedimentbindender Florengemeinschaften verglichen.

Viele intraklastische Komponenten finden sich in den unteren Partien einzelner Kalkbänke. Es sind aufgearbeitete gelbbraune bis schwarze Körperchen, sog. «cailloux noirs», die im Extremfall bis 2 cm gross werden können. Meist sind sie von Cyanophyceen umgeben. (vgl. Fig. 27). Die Algen, die diese Bildungen umkrusten, sind nicht die gleichen wie diejenigen, die die Mumien bilden. Die Schläuche sind bedeutend grösser; ihre Durchmesser betragen bis 0,25 mm. Die Röhren sind un-

gleich dick, gewunden und verzweigen sich unregelmässig. Ihr Inneres ist mit Calcit ausgefüllt.

In den aufgearbeiteten Komponenten sind kleine Schwundrisse vorhanden. Die Algen dringen dort ein und durchkrusten so die Grundmasse. Auf diese Art entstehen schwammige Algenklümpchen, die in diesen Horizonten überall beobachtet werden können.

Mit den Intraklasten zusammen finden sich immer *Chara*-Oogonien und Ästchen, sowie limnische Ostracoden. Dies zeigt, dass das Milieu zeitweise und lokal limnisch-brackisch war.

Ähnliche Sedimente finden wir im Kimmeridgien und Portlandien des zentralen Schweizer Jura, wo «cailloux noirs» ebenfalls zusammen mit limnischen Ostracoden und *Chara*-Oogonien auftreten (mündliche Mitteilung von C. HAEFELI, Bern). Aus reinen Süswasser-Sedimenten beschreibt STUMM (1964) «cailloux-noirs»-ähnliche Bildungen aus dem Miocaen des Nordwestschweizer Tafeljura. Er zeigt wie aufgearbeitete Partien von Effingerschichten (Malm argovischer Fazies) und Süswasserkalken von Algen stark umkrustet und schwarz imprägniert sind.

Für die Entstehung der Vorbourgkalke in sehr seichtem Milieu sprechen folgende Punkte:

Während gewisser Sedimentationspausen, sehr wahrscheinlich hervorgerufen durch Emersion, wurden die verschiedenen Oberflächenstrukturen geschaffen. Die «höckerigen» Oberflächen sind vermutlich im nicht überspülten Bereiche entstanden; aufgearbeitete Komponenten wurden hier festgekittet (beach rock). Die intraformationellen Breccien könnten entstanden sein, als das leicht verfestigte Gestein durch Gezeitenströme wieder aufgearbeitet wurde. Die polygonalen Muster stellen möglicherweise Trockenrisse dar. Die Ausbuchtungen der Schichtunterflächen bei Sous les Errauts, die viel aufgearbeitetes Material enthalten, werden von uns als Auffüllungen von Prielen, Rinnen von Gezeitenströmen eines bei Ebbe trocken gelegten Gebietes, aufgefasst.

Die limnischen Bildungen sind nicht an bestimmte Horizonte gebunden, sondern treten von Aufschluss zu Aufschluss sporadisch in ganz verschiedenen Niveaus auf. Aus diesem Grunde betrachten wir die Süswasserostracoden und *Chara*-Oogonien und -Ästchen nicht als von einem nahen Festland stammend, sondern vielmehr als Floren und Faunen, die in lokalen, mehr oder weniger grossen Tümpeln gediehen. Diese Tümpel könnten z. B. in Regenperioden entstanden sein.

Auf die beschriebenen Emersionsphasen folgten dann wieder neue marine Überflutungen, welche terrigenes Material in Form von tonigem Detritus und die beschriebenen marinen Foraminiferen brachten. Während einer neuen Hebung des Untergrundes oder Senkung des Meeresspiegels wurde die Tonzufuhr unterbrochen; die Kalkausfällung in dem nun wieder seichten Gebiet nahm zu.

Allgemein darf gesagt werden, dass das Ablagerungsmilieu der Vorbourgkalke am besten mit rezenten Watten zu vergleichen ist. In den sehr seichten Gebieten, wie wir sie im Innern der Schelf-Lagunen von Andros Island oder im Persischen Golf vorfinden, genügen sehr kleine Meeresspiegelschwankungen, um die gleichen Phänomene hervorzurufen, wie wir sie in den Vorbourgkalcken finden.

DIE FEINEN KALKARENITE IN DEN PROFILEN MONTMELON SOUS LES ERRAUTS
UND PLAN DU NOYER

(vgl. Tafel I, Profile 3, 4, 5)

Zwischen den Oolithen und Mumienkalken im Nordwesten, und dem Riffgürtel im Südosten, liegt ein 2–4 km breiter Gürtel von Gesteinen, in welchem feine Kalkarenite vorherrschen. Diese Gesteinsserie misst bei Montmelon 20 m, bei Sous les Errauts 30 m (Aufschluss teilweise verschüttet) und bei Plan du Noyer 35 m. Sie wird ebenfalls, wie die Mumienkalke und Oolithe im Nordwesten, von den kreidigen Kalken überlagert. Die Kalksande nehmen gegen Südosten an Mächtigkeit zu und verfangern sich in ihren obersten Partien mit den kreidigen Kalken.

Bei den feinen Kalkareniten handelt es sich um dichte, beige, gut gebankte Kalke. Die einzelnen Bänke messen 50–300 cm. In den unteren Lagen, direkt über den Liesbergschichten, sind Korallenschwarten und Crinoiden nicht selten. Die Trümmer der letzteren geben dem Gestein einen spätigen Aspekt. Eine detailliertere lithologische Beschreibung folgt unten.

In den feinen Kalkareniten treten Verkieselungen in zwei stratigraphisch verschiedenen Lagen auf:

a) In Form von kleinen Kieselknollen von 5–10 cm Durchmesser, die an einen Horizont mit wechselnder Mächtigkeit (5–50 cm) gebunden sind, der über grössere Distanz verfolgbar ist und gute Korrelationsmöglichkeiten bietet. Die Knollen zerfallen oft und hinterlassen ein huppererdeartiges Grus.

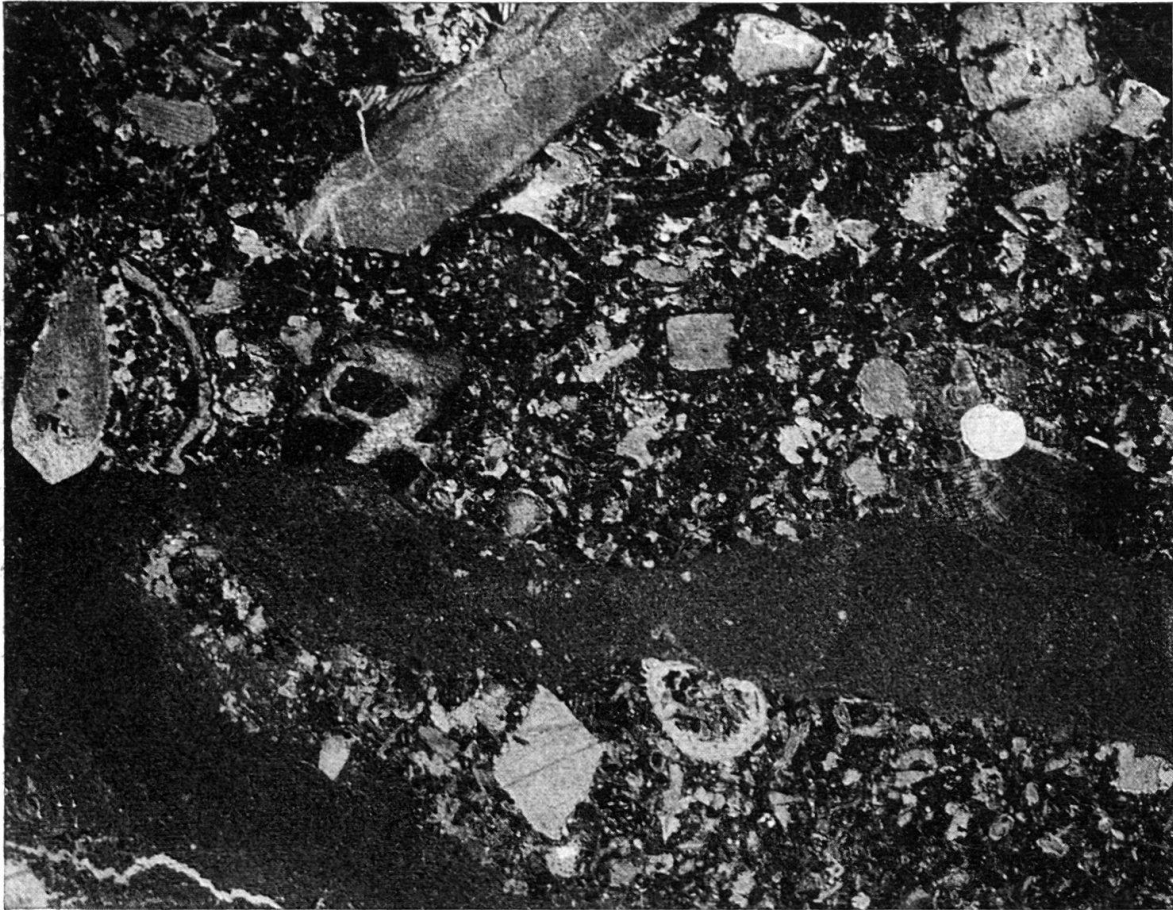
b) Als 15–20 cm messende Hornsteinknollen unmittelbar unterhalb der kreidigen Kalke. Sie sind aber nicht an einen bestimmten Horizont gebunden, sondern unregelmässig im Gestein verteilt.

Alle diese Knollen, sofern sie nicht verwittert sind, bestehen aus feinem, kryptokristallinem Calcedon. Es handelt sich um typische Kieselkonkretionen, die nach der Sedimentation des umgebenden Gesteins entstanden, denn die Gesteinskomponenten, besonders das Skelettmaterial, können meist noch schattenhaft innerhalb der Gebilde festgestellt werden, und zwar in der gleichen Verteilung wie im umliegenden Sediment. Aus welchem Grunde die Knollen im ersten Falle in einem bestimmten Horizont auftreten, ist noch nicht geklärt.

In einem Handstück aus dem Dach der Clos-du-Doubs-Antiklinale, nordwestlich von Montmelon dessus, konnten wir Risse beobachten, die sehr wahrscheinlich während, oder kurz nach der Sedimentation der feinen Kalkarenite entstanden (vgl. Fig. 30). Die Ränder der Einschnitte, die bis 5 cm tief sein können, sind sehr scharf. Harte Fossilfragmente wie Serpelröhren wurden glatt entzwei geschnitten. Die Vertiefungen sind mit einem feinen Kalkpelit aufgefüllt, in welchem eckige Komponenten des umgebenden Materials festgestellt wurden, sowie Milioliden (*Quinqueloculina*) die sonst in den umgebenden Kalkareniten nur selten auftreten.

Dieser Horizont, aus welchem das Handstück stammt, konnte wegen der Ungunst der Aufschlüsse nicht weiter verfolgt werden.

Das Schliffbild zeigt, dass die basalen Partien der feinen Kalkarenite fast ausschliesslich aus Skelettelementen bestehen. Es sind Spiculae von Spongien, und Foraminiferen (*Ammodiscus*, *Ammobaculites*, *Lenticulina*, *Haplophragmium*, *Tex-*



1 mm

Fig. 30. Feine Kalkarenite; Spalten, die mit Kalkpelit aufgefüllt sind. Dach der Clos du Doubs-Antiklinale W Montmelon dessus.

tularia, *Verneuilina*), sowie Trümmer von Korallen, Lamellibranchiern, Gastropoden, Brachiopoden, Serpuliden, Echinodermen (Ophiuren-Skeletteile, Crinoiden-Stielglieder, Seeigelstacheln). Die Fragmente sind oft leicht verkieselt und meist von Cyanophyceen umkrustet (vgl. Fig. 31). Nicht selten sind mehrere Komponenten durch Algenkrusten verbunden und bilden grössere zusammengesetzte Körner.

Neben den relativ leicht umkrusteten Skelettelementen sind einzelne diffus im Gestein eingelagerte Mumien häufig. Sie sind vom gleichen Typus wie die Mumien in den Mumienkalken (vgl. p. 815 ff.). Seltener sind einzelne dunkle Körner von 0,2 mm Durchmesser. Diese weisen eine leicht schwammige Struktur auf, was uns vermuten lässt, es handle sich um Algenklümpchen.

In den höhern Lagen der feinen Kalkarenite, 5–6 m über den Liesbergschichten, sind die Hartbestandteile weniger von Algen umkrustet. Dafür treten jetzt Pelitkörner von 0,05–0,2 mm Durchmesser als Hauptkomponenten auf (vgl. Fig. 32). Es sind gerundete Körper, die aus einer dunklen pelitischen Masse bestehen. Ihre Form ist unterschiedlich. Regelmässig gebaute, länglich-ovale Körperchen, wie auch unregelmässig gelappte Gebilde sind vertreten. Deutlich sichtbar ist, wie die gute Rundung vor allem Körner grösser als 0,1 mm umfasst. Die kleinern Komponenten sind oft weniger gut gerundet.

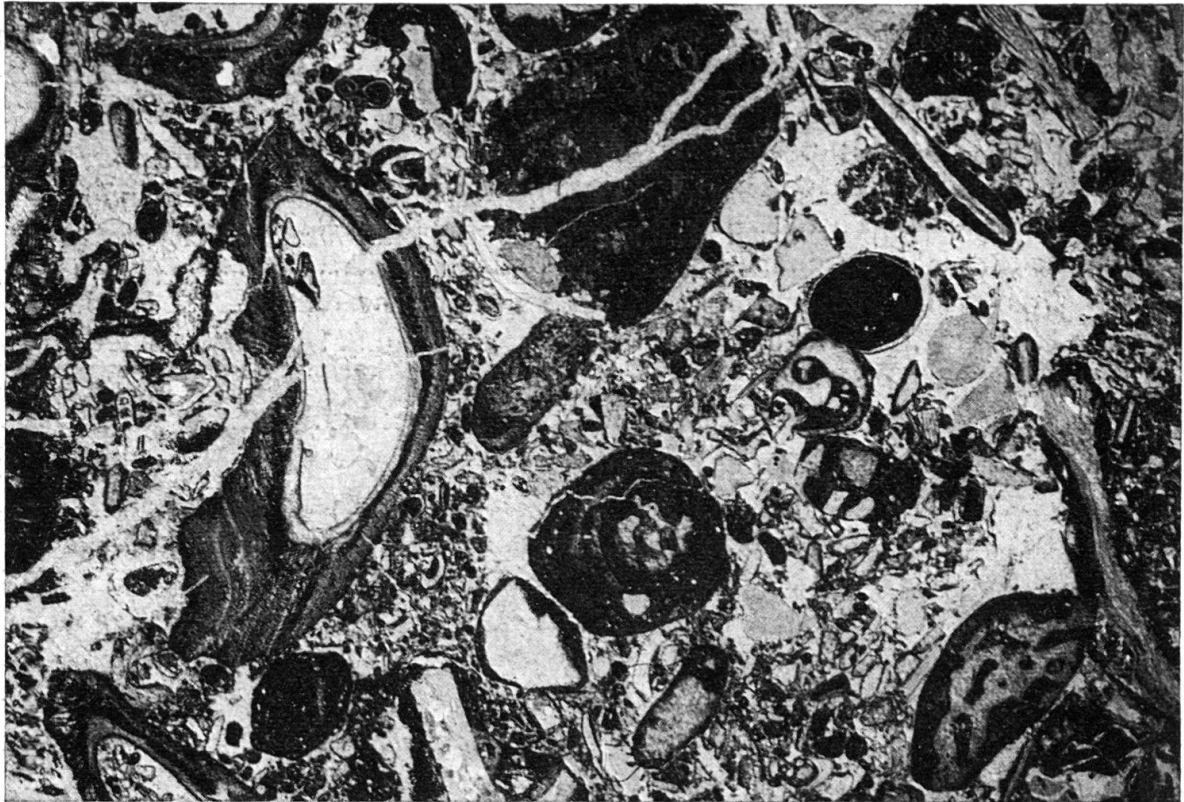


Fig. 31. Feine Kalkarenite; Basale Partien mit schlecht sortierten, z.T. groben Fossiltrümmern, die mehrheitlich von Algen umkrustet sind. In der Mitte einzelne Mumie, Montmelon dessus.

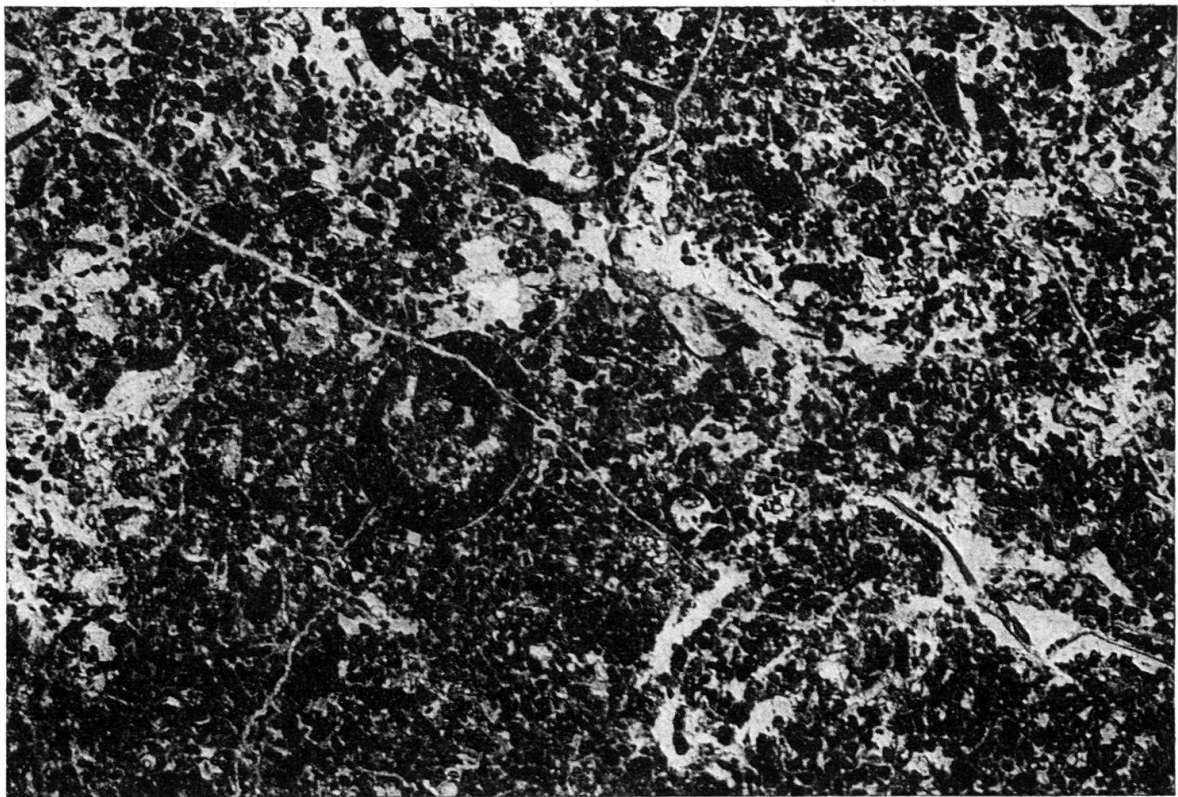


Fig. 32. Sehr feiner Kalkarenit (pellet limestone). In der Mitte schiefer Schnitt durch *Ammobaculites coprolithiformis* (SCHWAGER). Montmelon dessus.

Zusammengesetzte Körner sind hier häufig. Es sind Zusammenballungen von verschiedensten Komponenten, die diffus in eine dunkle pelitische Matrix eingelagert sind (vgl. Fig. 35).

Schalen von agglutinierenden Foraminiferen täuschen oft zusammengesetzte Körner vor. Ein Vergleich mit Dünnschliffen der Sammlung W. MOHLER ergab, dass in unserem Falle speziell *Ammobaculites coprolithiformis* (SCHWAGER) die Komponenten der feinen Kalkarenite zum Bau seiner Schalen verwendete (vgl. Fig. 33 und 34).

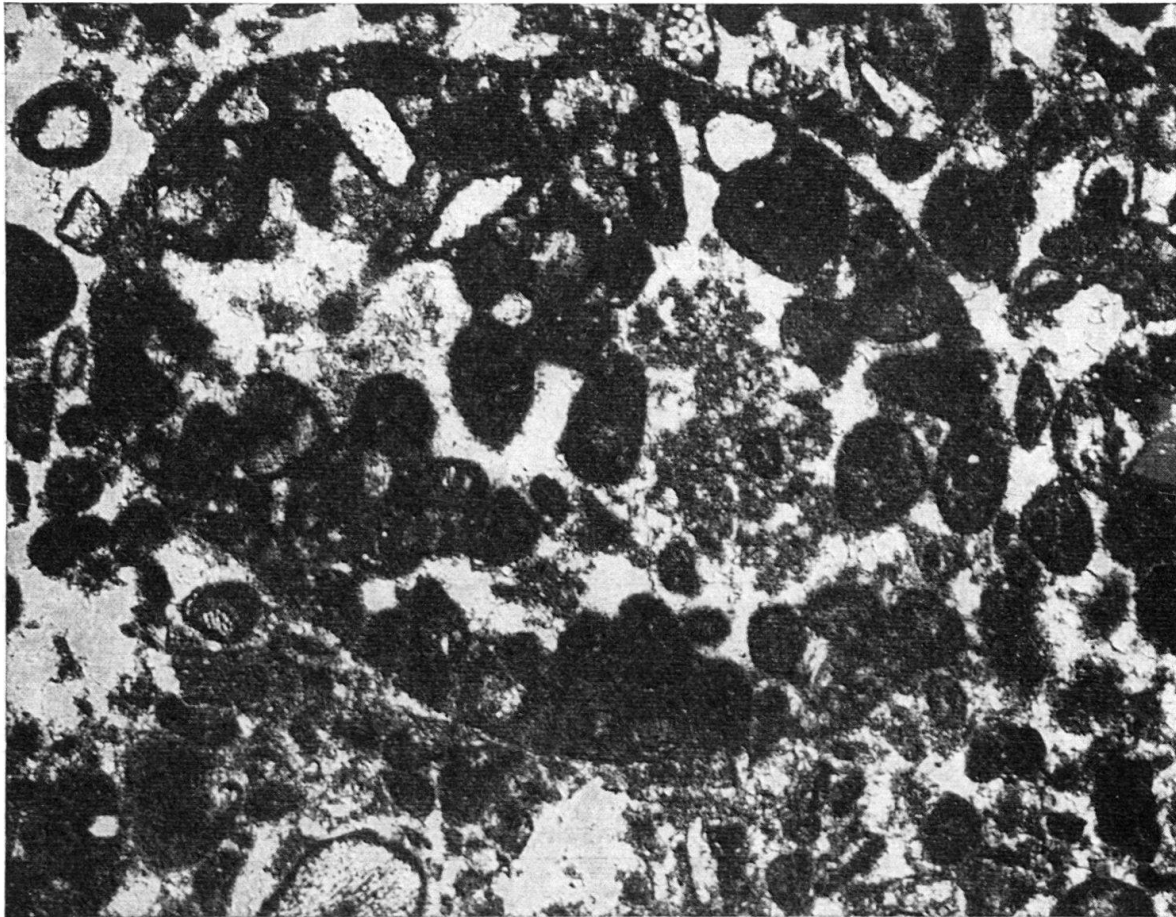


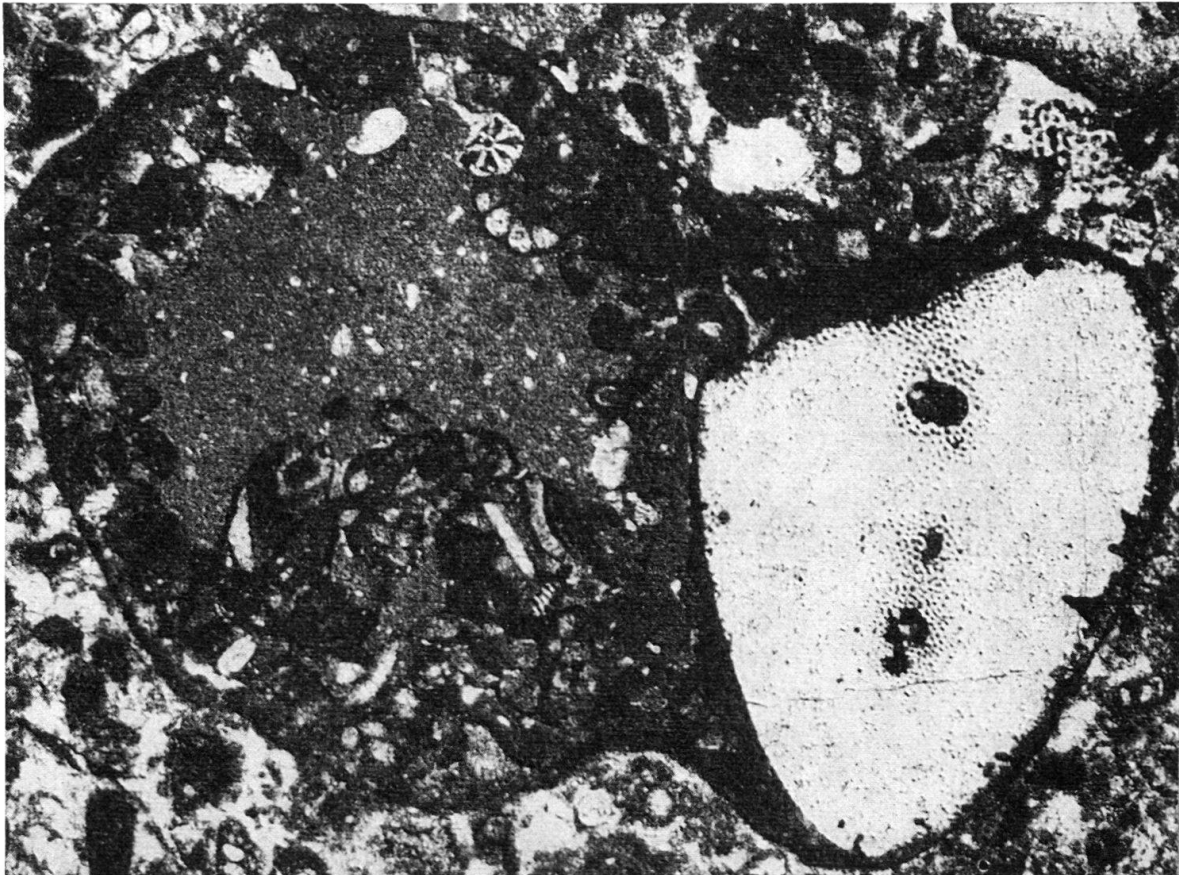
Fig. 33. *Ammobaculites coprolithiformis* (SCHWAGER) schiefer Schnitt; Schale aus dem umliegenden Material agglutiniert. Montmelon dessus.

Die feinen Kalkarenite sind durchgehend sehr fossilreich. Wir haben neben den bereits erwähnten Mikrofossilien folgende weiteren Versteinerungen gesammelt:

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| Korallen: | <i>Epismilia sp. sp.</i> |
| | <i>Stylina sp. sp.</i> |
| | <i>Thamnasteria sp. sp.</i> |
| Gastropoden: | <i>Natica sp. sp.</i> |
| | <i>Nerinea sp. sp.</i> |
| Lamellibranchier: | <i>Alectryonia sp. sp.</i> |
| | <i>Gervillia sp. sp.</i> |
| | <i>Ostrea sp. sp.</i> |
| | <i>Pecten sp. sp.</i> |
| | <i>Pinna sp. sp.</i> sehr hfg. |

Brachiopoden: *Terebratula bauhini* ÉTALLON sehr hfg.
 Anneliden: *Serpula sp. sp.* hfg.
 Echinodermen: *Cidaris sp. sp.* hfg. (Stacheln)

Die Grundmasse, in welche die Körner eingebettet sind, ist sehr unterschiedlich. So ist sie z.B. im Knollenhorizont fast 100% calcitisch-kristallin, in der darunter liegenden Bank dagegen mehrheitlich (bis 100%) kalkpelitisch. Gesamthaft gesehen sind die feinen Kalkarenite im Profil Montmelon besser ausgewaschen als diejenigen in den Profilen Plan du Noyer und Sous les Errauts.



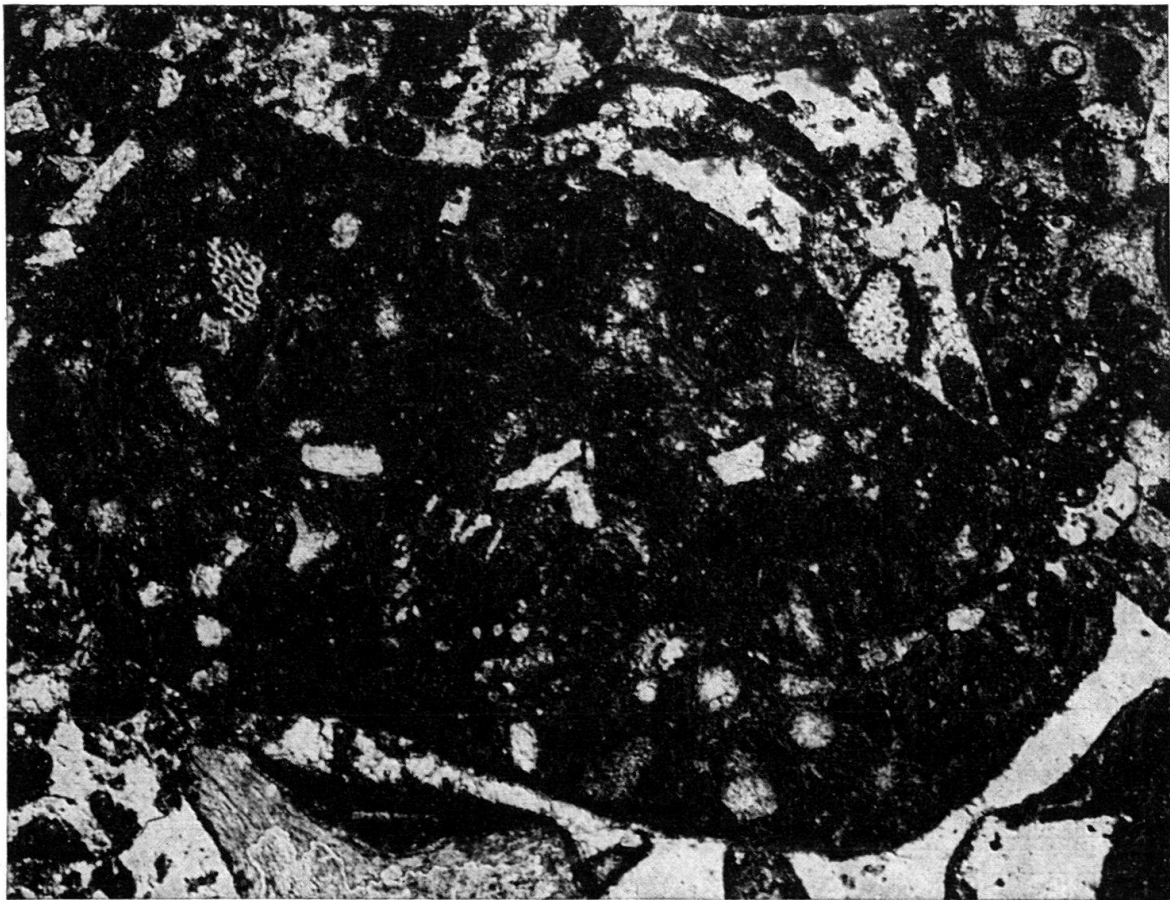
0,5 mm

Fig. 34. *Ammobaculites coprolithiformis* (SCHWAGER), schiefer Schnitt; Schale mit agglutiniertem grossem Echinodermenfragment rechts, Holothurienskeletteilen und Foraminiferen (Mitte oben).
 Montmelon dessus.

Die feinen Kalkarenite sind wahrscheinlich gleichzeitig mit den Mumienkalken und den Oolithen sedimentiert worden. Folgende Punkte erlauben diese Annahme:

1. Über den Liesbergsschichten folgt eine lithostratigraphische Zone, in welcher Cyanophyceen besonders aktiv waren. Dieser Horizont beschränkt sich nicht nur auf die Mumienkalke, sondern ist auch typisch für die basalen Partien der feinen Kalkarenite. Die Cyanophyceen wuchsen an beiden Orten gleichzeitig. Zur besseren Veranschaulichung der Verhältnisse haben wir auf Fig. 3 diese algenführenden Partien in den feinen Kalkareniten speziell abgetrennt.

2. In den algenführenden, feinen Kalkareniten sind einzelne eingestreute Mumien häufig; in den darüber folgenden Partien, wo keine blaugrünen Algen wuchsen, fehlen sie, dafür stellen sich Ooide ein.
3. Die Mumien und Ooide, die wir in den feinen Kalkareniten finden, sind nie in Paketen angeordnet, die auf Umlagerung aus den Mumienkalken und Oolithen schliessen lassen würden.
4. Rezente Kalkarenite vom gleichen Typus treten meist zusammen mit Oolithen und Lagen von traubigen Klümpchen auf. Sie sind dann häufig das Produkt



0,5 mm

Fig. 35. Feine Kalkarenite; Zusammengesetztes Korn (composite grain); Komponenten in dunkler pelitischer Matrix diffus verteilt. Montmelon dessus.

einer mechanischen Differentiation. So zeigen IMBRIE & PURDY (1962, p. 268), dass die Sedimente mit gröberen Komponenten (Oolithe, Trümmerlagen, Ablagerungen von traubigen Klümpchen: *grapestones*, etc.) auf den Bahamas am Rand der umspülten Bänke vorkommen. Gegen das Innere der Bänke hingegen, vor allem im Schatten von Andros Island, liegen ausgedehnte Flächen, die von feinen Kalkareniten (pellet limestones) bedeckt sind, welche zum Teil mit unseren feinen Kalkareniten verglichen werden können.

Der Fazieswechsel zu den Oolithen und Mumienkalken vollzieht sich im Dach der Clos du Doubs-Antiklinale, nordwestlich von Montmelon dessus (Koord. 580 500/

245325)⁶⁾ und bei P. 950, L'Ordon (Koord. 582125/245600). Der Wechsel findet auf einer Distanz von 150 m statt. An beiden Orten ist die Übergangszone tektonisch stark in Mitleidenschaft gezogen, so dass der Wechsel nicht genau beobachtet werden kann.

Bei Plan du Noyer verfangern sich die feinen Kalkarenite mit kreidigen Kalken:

Über einem stark koralligen Horizont mit limonitisierter Oberfläche (bei 20 m; vgl. Tafel I, Profil 4) folgen sehr weiche, leicht zerfallende Kalke, die nach oben zu allmählich wieder etwas kompakter werden und in Kalkarenite übergehen. Sie schliessen dann wiederum mit einem koralligen Horizont mit limonitisierter Oberfläche ab. Diese Sequenz wiederholt sich in diesem Profil viermal. Bei 35 m begrenzt dann eine kalkarenitische Lage mit Silexknollen endgültig die Verfängerungszone gegen die kreidigen Kalke.

Auf die Genese der Komponenten in solchen feinen Kalkareniten sind wir bei der allgemeinen Besprechung von Beschaffenheit und Aussehen der Komponenten (vgl. p. 807 ff.) bereits eingegangen. Werden diese Körner dann zusammengespült und entsprechend ihren Korngrößen durch mehr oder weniger starke Strömungen ausgesiebt und wieder abgelagert, so erhalten wir die ausgedehnten Feinsandablagerungen, wie sie von allen Riffgebieten gemeldet werden. Unsere feinen Kalkarenite dürften diesen Bildungen analog sein.

Bioherme und Sedimente des Riffgürtels

Im Südosten des Untersuchungsgebietes ist das Rauracien gekennzeichnet durch massige Korallenkalke. Ihre nordwestliche, zugleich «innere» Begrenzung folgt ungefähr der Linie: P. 825, westlich Peute Côte (Koord. 582175/245100) – Mont Ruselin (Koord. 581500/244400) – Moébrai (Koord. 580400/243350) – Glacenal (Koord. 577625/241025). Die «äussere» Grenze im Südosten ist durch den Übergang zur tonig-kalkigen Argovien-Fazies bestimmt. Dieser Fazieswechsel kann in den Gorges du Pichoux und in den Gorges de Moutier gut beobachtet werden.

Charakteristisch für den Riffgürtel sind die vielen grossen Bioherme, die den Rauracien-Felswänden ihren klotzigen Aspekt geben. Sie bilden, als Gesamtes gesehen, einen weiträumigen Wall, der die tonig-kalkigen Serien im Südosten von den kalkig-kreidigen Sedimenten im Nordwesten trennt.

Gut aufgeschlossen sind die grossen Bioherme östlich von Moébrai (vgl. Fig. 36), südöstlich Glacenal und bei P. 956.9, südlich Saulcy. Das grosse Bioherm östlich von Moébrai geht direkt aus den Liesbergschichten hervor. Es ist rund 70 m mächtig. Aufgebaut wird es hauptsächlich durch schwartenartige Korallen (Isastreen, Stylinen, Thamnasterien, etc.) und Solenoporen. Sie sind sehr fest verkittet und können nur selten isoliert werden.

Das Schliffbild zeigt, dass die meisten Skelette biogen korrodiert und von einem Cyanophyceenfilm umgeben sind. Es sind wohl diese blaugrünen Algen, die das Riffgestein banden und verfestigten, so dass es stärkster Brandung Widerstand leisten konnte.

⁶⁾ Das auf S. 853 beschriebene Handstück mit den pelitgefüllten Spalten stammt aus dieser Übergangszone.

Im Dach der Bioherme von Glacenal und Moébrai liegt eine auffallende, ca. 5 m mächtige Lage von *Calamophyllia flabellum* BLAINVILLE. Diese Korallenlage unterscheidet sich in der Textur deutlich vom klotzigen Habitus der Bioherme. Die Kolonien bilden ein lockeres Gefüge. Schwartenartige Korallen konnten hier nicht beobachtet werden.

Zwischen den gewachsenen Riffpartien liegen grobbrecciöse Trümmerlagen. Die Trümmerfragmente sind eckig und nicht gerollt. Lumachellen von grobschaligen Muscheln (*Diceras*) sind häufig.

Weiter vom Riff entfernt, südwestlich von Saulcy, am Weg nach Undervelier (Koord. 577900/238100), finden sich kreuzgeschichtete, feine Kalkarenite. Von den Riffen ausgehend, ziehen Schuttfächer in diese Kalksande hinein. Der Riffschutt setzt sich hier aus biogenem Trümmermaterial von psammitisch-psephitischer Grösse zusammen, das in eine Matrix von pelitischem bioklastischem Material eingebettet ist. Die Auflagerungsfläche der Schuttfächer durchschneidet die liegenden Kalkarenite diskordant.

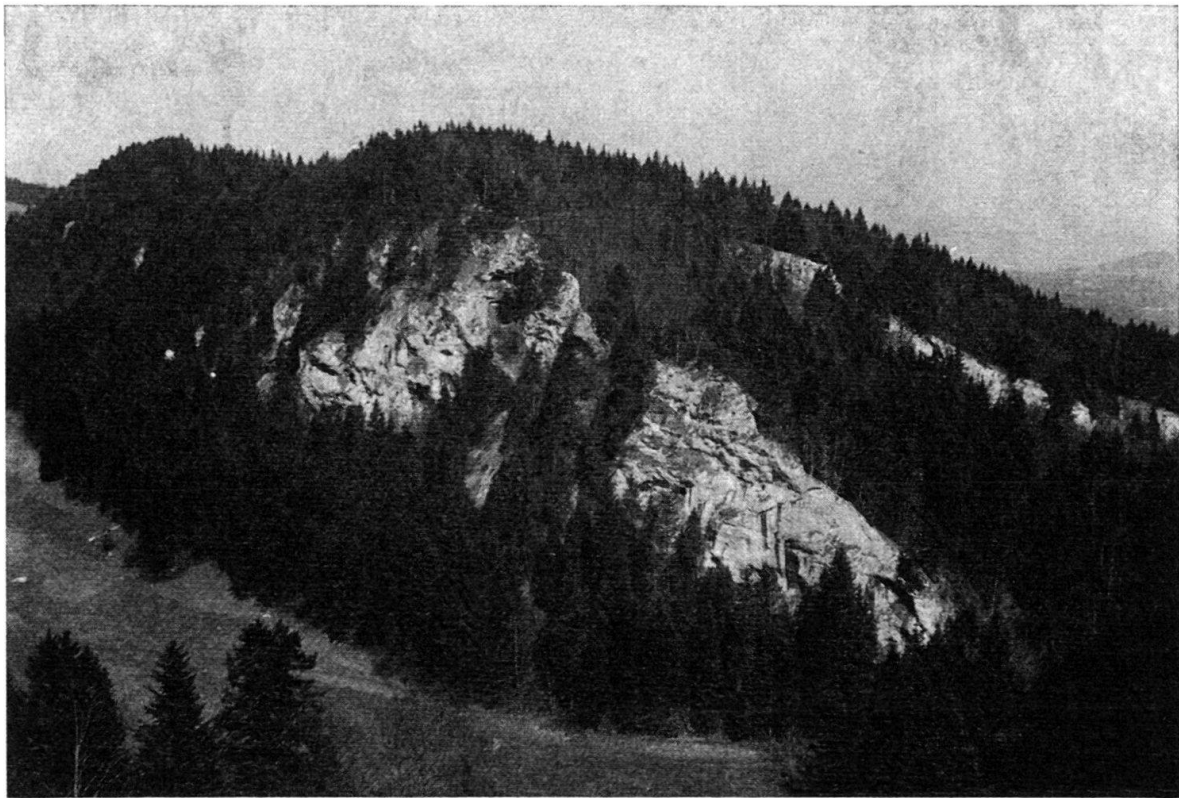


Fig. 36. Bioherme des Riffgürtels im Ostschenkel der Caquerelle-Antiklinale bei Glacenal-Moébrai.

Das feste Gefüge der Korallenkalke, der eckige Riffschutt, die dickschaligen Mollusken und die Schuttfächer lassen auf Bioherme schliessen, die unter äusserst heftigem Wellenschlag konstruiert wurden.

Die *Calamophyllia*-Lage von Glacenal-Moébrai deutet dann aber darauf hin, dass die inneren Bioherme später in ruhigere Gewässer hineinwuchsen. Die büschelig-ästigen Calamophyllien, die das Riffwachstum nach oben zu abschliessen, waren nicht mehr allzu starker Brandung ausgesetzt. Vermutlich wuchsen sie hinter der jetzt nach Süden vorgeschobenen Rifffront.

Wir können sie mit analogen Bildungen an der Innenseite der Cays der Bahamas (vgl. ILLING, 1954, p. 67) und innerhalb der Riffbarrieren von Saipan und Mariana Island (CLOUD 1959, p. 385) vergleichen, den sog. «lagoon fringes of the peripheral reef». Diese werden hauptsächlich aufgebaut von den ästigen Korallen *Acropora palifera* und *Porites lutea*. KORNICKER & BOYD (1962, p. 645) beschreiben ähnliche Verhältnisse aus dem Alacran-Riff vor der Küste von Yucatan (Mexico). Die beiden Autoren nennen solche Riffgebilde «non rigid frames». –

Gegen Osten können wir beobachten, wie die Riffe auf kalkarenitischen Schichten stehen, die lithostratigraphisch jünger sind als die Liesbergschichten und gleichzeitig dort auftreten, wo die Korallenbiostrome auskeilen. So sind in der Schlucht Berlincourt-Undervelier die Liesbergschichten noch ca. 6 m mächtig. Darüber folgen 18 m feine Kalkarenite. Erst auf diesen Kalksanden setzen die Riffkalke ein. In den Gorges du Pichoux, im Nordschenkel der Raimeux-Antiklinale sind überhaupt keine Liesbergschichten mehr vorhanden. Die Korallenkalke liegen hier auf ca. 40 m Kalkareniten mit Ammoniten (!) (Übergangskalke von M. A. ZIEGLER, vgl. Profiltafel III/38).

Weitere Untersuchungen, die gegenwärtig durch W. BOLLIGER und P. BURRI vom geologischen Institut der Universität Basel, südlich und östlich unseres Untersuchungsgebietes vorgenommen werden, sollen in Bälde mehr Licht in die speziellen Verhältnisse im eigentlichen Riffgürtel und in der Übergangszone Rauracien-Argovien werfen.

Entwicklung und Paläogeographie des Rauracien-Riffkomplexes in der Gegend von St. Ursanne

Zu Beginn der Ablagerung der Rauracien-Sedimente herrschte in unserem Untersuchungsgebiet tonig-mergelige Sedimentation vor. Das *Terrain à chailles* des Oxfordien bildet überall das Liegende der koralligenen Serien.

Nach oben zu wird dann diese lithostratigraphische Einheit immer kalkiger. Die Chaillen-Lagen werden häufiger und die ersten Korallen setzen sich fest. Diese bilden ausgedehnte Biostrome: die *Liesbergschichten*. Möglicherweise hatte sich der Untergrund durch tektonische Bewegungen oder durch Auffüllung des Sedimentationsbeckens soweit gehoben, dass auf einer sehr flachen Schelfplattform die weitläufigen Korallenrasen sich entwickeln konnten.

Diese Biostrome gehen dann im Südosten des Untersuchungsgebietes nach oben in massige Bioherme über, welche von Korallen und Solenoporen, die mehrheitlich von Cyanophyceen umkrustet sind, gebildet wurden. Es ist eine Vielzahl von ca. 70 m mächtigen Einzelriffen, die einen rund 5 km breiten *Riffgürtel* bilden. Diese Barriere trennt den argovischen Faziesbereich im Südosten, von den zwei Rauracien-Faziesbezirken unseres Untersuchungsgebietes.

Riffwachstum setzt Subsidenz des Untergrundes oder Ansteigen des Meeresspiegels voraus. Die relativ stabilen Verhältnisse zur Zeit der Sedimentation der Liesbergschichten müssen sich also geändert haben.

Während im Südosten Riffe wuchsen, herrschte im Nordwesten der Barriere ein Milieu, welches eine Konstruktion von Biohermen nicht zuließ. Die Liesbergschichten werden hier von *Mumienkalcken* und *algenführenden Kalkareniten*

überdeckt. Nur die Cyanophyceenflora, die wir in den grossen Biohermen finden, konnte sich hier also noch behaupten.

Ein grosser Teil der Komponenten in diesen Sedimenten besteht aus biogenem Detritus – vor allem Korallenfragmenten – der von der Riffbarriere stammen dürfte. Letztere hatte in vermutlich kurzer Zeit eine beträchtliche Höhe erreicht.

Die überall auftretenden Cyanophyceen lassen es möglich erscheinen, dass die Mumienkalke und die algenführenden, feinen Kalkarenite gleichzeitig sedimentiert wurden. Die Mumien, wie später die Ooide, entstanden am Rand des weniger unter Wellenwirkung stehenden Sedimentationsraumes der feinen Kalkarenite, wo sie in Form von sehr flachen Mumienbänken abgelagert wurden.

Die Mumienkalke werden von *Oolithen* überlagert. Bei Côte du Frêne liegt das kreidige Oolithband direkt auf den mumienführenden Schichten. In St. Ursanne trennt ein ca. 10 m mächtiges Paket von dichten, gut zementierten Oolithen Mumienkalke und kreidige Oolithe. Während also bei Côte du Frêne immer noch Mumien sedimentiert wurden, gelangten bei St. Ursanne bereits Ooide zur Ablagerung.

Zur Zeit der Oolithablagerungen im Norden und Nordwesten des Untersuchungsgebietes wurden zwischen dem Faziesraum der Oolithe und dem Riffgürtel im Südosten, *feine Kalkarenite* (pellet limestones) sedimentiert (vgl. Fig. 2 und 3). Diese sind mit rezenten Kalksanden zu vergleichen, die ILLING (1954) von den Bahamas beschreibt. In unserem Falle wurden sie «hinter» der Riffbarriere abgelagert, also auf der Leeseite der jetzt schon weit nach oben gewachsenen Bioherme.

Nach der Ablagerung der Oolithe und der feinen Kalkarenite, müssen nordwestlich der Riffbarriere Bedingungen eingetreten sein, die auch hier Riffwachstum erlaubten. Hinter dem Riffgürtel bildeten sich die eingehend beschriebenen Riffe von St. Ursanne, La Caquerelle, etc. Diese können ihrer Struktur nach am besten mit sog. «patch reefs», wie wir sie im Innern von rezenten Riffkomplexen finden, verglichen werden. Sie dürften in recht seichtem Wasser gewachsen sein.

Während und nach der Bildung der Bioherme von St. Ursanne, wurden nordwestlich der Riffbarriere die *kreidigen Kalke* abgelagert. Sie sind im Südosten des Untersuchungsgebietes den feinen Kalkareniten diskordant aufgelagert und verfangern sich mit ihnen. Gegen die Riffbarriere zu wurden also länger Kalksande sedimentiert als im Nordwesten der Region. Die Verfingerungszone, die wir bei Plan du Noyer finden, und die Riffschuttungen der Bioherme von St. Ursanne zeigen, dass auch während der Sedimentation der kreidigen Kalke Oszillationen des Meeresspiegels oder tektonische Bewegungen des Untergrundes häufig waren.

Allerdings muss die Meerestiefe im Untersuchungsgebiet jetzt sehr gering geworden sein. Teile des Riffkomplexes waren über Wasser gehoben. Auf ihnen konnte sich eine Gymnospermenflora entwickeln. Im Innern der so gebildeten Inselgruppen entstanden ausgedehnte Schelflagunen, in welchen die kreidigen Kalke abgelagert wurden. Diese Lagunen müssen aber doch zeitweise mit dem offenen Meer in Verbindung gestanden haben, denn in den oberen Partien der kreidigen Kalke finden sich Ammoniten.

Die ausgedehnten Schutfächer innerhalb des Riffgürtels wurden vermutlich zu diesem Zeitpunkt abgelagert. Sie sind unserer Meinung nach als Zeichen einer beginnenden Denudation der Riffe aufzufassen. Möglicherweise wurde der abgetragene Schutt durch Sturmfluten verfrachtet.

Während der Sedimentation der *Vorbourgakalke* gelangten dann auch die Gebiete, die bis jetzt noch überflutet gewesen waren, in den Gezeitenbereich. Eine zyklische Mergel-Kalk-Sedimentation setzte ein. Das Meer muss so seicht gewesen sein, dass sich zeitweise Süßwasserseen und -tümpel bildeten, in welchen limnische Ostracoden und Characeen gedeihen konnten. –

Verfolgen wir das Rauracien über unser Untersuchungsgebiet hinaus, so ergibt sich folgende grossräumige Paläogeographie:

- Die Riffbarriere lässt sich nordwärts bis in den Raum Gempfen-Hochwald (SE Basel) verfolgen. Sie setzte sich vermutlich in den heute erodierten Sedimentmantel des Schwarzwaldes fort. Ihre nördlichsten Relikte sind die Bioherme, welche den Isteiner Klotz (NW Basel) bilden. Hier ruhen rund 50 m Korallenkalke auf den Thamnastreen-Mergeln, welche mit den Liesbergschichten zu vergleichen sind (vgl. KABELAC, 1955).

Südwestwärts erstreckt sich der Gürtel weit in den französischen Jura hinein.

- Im Gebiet, das westlich und nordwestlich an die Riffbarriere anschliesst können an verschiedenen Orten kleine Riffe beobachtet werden, die auf lithostratigraphisch höheren Einheiten stehen, als die Bioherme des Riffgürtels. So sind in einem Steinbruch an der Strasse Ettingen–Hofstetten (vgl. Landeskarte der Schweiz, 1:25000, Blatt 1067, Arlesheim) kleine Riffstrukturen aufgeschlossen, die mit den Biohermen im Steinbruch von St. Ursanne gut übereinstimmen. Sie liegen auf Oolithen und anderen Kalkareniten, welche das Hangende der Liesbergschichten bilden, und werden rund 30 m mächtig. Interessant ist, dass gewisse Partien dieser Bioherme fast ausschliesslich aus Solenoporen bestehen, welche oft ihre ursprüngliche Rotfärbung beibehalten haben.

Weitere vergleichbare Strukturen sind der Felsen von Burg (vgl. Landeskarte der Schweiz, 1:25000, Blatt 1066, Rodersdorf) und das Riff im unteren Steinbruch von Liesberg, das auch über Mumienkalken und Oolithen liegt.

Die Bohrungen von Hirtzbach, in der Nähe von Altkirch, ergaben, dass das Rauracien unter dem Tertiär des Rheintalgrabens gleich ausgebildet ist: Mergeliges unteres Rauracien mit Thamnasterien (Liesbergschichten) – oolithisches mittleres Rauracien – dichte Korallenkalke und kreidige Kalke im obern Rauracien (vgl. VONDERSCHMITT, 1942).

- In Frankreich finden sich im Rauracien ähnliche rezifale Bildungen im Sedimentmantel des Massif Central und am Rand des Pariser Beckens (vgl. DREYFUSS, 1954).

ANHANG I

DIE FOSSILFUNDSTELLEN BEI ROCHE AU VILAIN, SÜDLICH LA CAQUERELLE UND EINE ZUSAMMENSTELLUNG DER DORT GEFUNDENEN FOSSILIEN

(vgl. Fig. 23)

von **Fritz Woltersdorf**, Basel

Fundstelle 1:

Ort: Im Laufgraben, ca. 30 m nördlich Roche au Vilain, zwischen den Biohermen.

Fundstelle: An der Ostwand des Grabens, ca. 50 cm hoher Aufschluss (durch Schürfung freigelegt).

Gestein: kreidiger, gerollter Riffschutt.

Fossilien: Vor allem gerollte Korallenfragmente.

Fundstelle 2:

Ort: Im Laufgraben, ca. 20 m nördlich Roche au Vilain.

Fundstelle: An der Ostwand des Grabens. Frisch geschürfter Aufschluss.

Gestein: Kreidige Kalke von St. Ursanne.

Fossilien: Lamellibranchier, Gastropoden, Brachiopoden, Seeigelstacheln.

Fundstelle 3:

Ort: Rundes Loch, 30 m südöstlich P. 883,6, Roche au Vilain.

Fundstelle: Ca. 3 m Durchmesser, stark verschüttet und zum Teil eingedeckt.

Gestein: Grober, eckiger Riffschutt.

Fossilien: Viele Korallen, meist ungerollt, ästige Formen wie Kopfkorallen gleich häufig. Sehr viele Seeigelkörper; Lamellibranchier, Gastropoden.

Fundstelle 4:

Ort: Laufgraben, 50 m süd-südöstlich P. 883,6, Roche au Vilain.

Fundstelle: An der Ostwand des Grabens.

Gestein: kreidiger Riffschutt.

Fossilien: Grosser Stock von *Latomeandra amedei* (ETALLON).

Fundstelle 5:

Ort: Gebogenes Grabenstück 110 m süd-südöstlich P. 883,6.

Fundstelle: Im Grabenbogen.

Gestein: kreidige Kalke, stark verwittert, zerfallend.

Fossilien: vor allem Nerineen und Naticiden.

Fundstelle 6:

Ort: Grabenende 140 m süd-südöstlich P. 883,6.

Fundstelle: am Grabenrand.

Gestein: kreidige Kalke, stark verwittert, zerfallend.

Fossilien: vor allem Nerineen und Naticiden.

Fundstelle 7:

Ort: 190 m südlich P. 883,6, im «Zickzack»-Graben.

Fundstelle: an der Ostwand des Grabens.

Gestein: kreidige Kalke.

Fossilien: Lamellibranchier und Gastropoden.

Fundstelle 8:

Ort: 210 m südlich P. 883,6, im «Zickzack»-Graben.

Fundstelle: An der Ostwand des Grabens.

Gestein: kreidige Kalke mit gerolltem Schutt.

Fossilien: Die wichtigste Fossilfundstelle in den kreidigen Kalken bei Roche au Vilain. Mit Ausnahme weniger Arten sind fast alle Genera vorhanden, die in den kreidigen Kalken gefunden wurden. Die Individuen sind fast alle gerollt.

Fundstelle 9:

Ort: 220 m südlich P. 883,6, im «Zickzack»-Graben.

Fundstelle: An der Ostwand des Grabens.

Gestein: Weisse hervorwitternde Bank, die sehr viel Detritus enthält.

Fossilien: Auffallend viele Diceraten neben anderen Lamellibranchiern. Gastropoden und gerollten Korallen.

Fundstelle 10:

Ort: Äcker, 500 m südlich La Caquerelle.

Fundstelle: Auf frisch gepflügtem Boden.

Gestein: von Humussäure angeätzt.

Fossilien: Hauptsächlich grosse Korallenköpfe.

Fossilisten:

Scleractinia⁷⁾:

<i>Actinastrea bernensis</i> (Koby)	<i>Epismilia tenuis</i> Koby
<i>Amphiastrea basaltiformis</i> ÉTALLON	<i>Goniocora</i> sp. sp.
<i>Amphiastrea polymorpha</i> (Koby)	<i>Isastrea</i> sp. sp.
<i>Aplosmilia rugosa</i> Koby	<i>Latomeandra amedei</i> (ÉTALLON)
<i>Aplosmilia semisulcata</i> (MICHELIN)	<i>Latomeandra brevivallis</i> (BECKER)
<i>Axosmilia maxima</i> (Koby)	<i>Latomeandra caquerellensis</i> (Koby)
<i>Axosmilia vesiculosa</i> (Koby)	<i>Latomeandra corrugata</i> EDWARDS & HAIME
<i>Calamophyllia crassa</i> Koby	<i>Latomeandra crassa</i> (Koby)
<i>Calamophyllia ducreti</i> Koby	<i>Latomeandra curtata</i> (ÉTALLON)
<i>Calamophyllia flabellum</i> BLAINVILLE	<i>Latomeandra ducreti</i> (Koby)
<i>Calamophyllia furcata</i> Koby	<i>Latomeandra elegans</i> (Koby)
<i>Comoseris irradians</i> EDWARDS & HAIME	<i>Latomeandra gagnebini</i> (ÉTALLON)
<i>Comoseris meandrinoides</i> (MICHELIN)	<i>Latomeandra glomerata</i> (Koby)
<i>Dendrogyra angustata</i> (ORBIGNY)	<i>Latomeandra lotharinga</i> (MICHELIN)
<i>Dendrogyra rastellina</i> (MICHELIN)	<i>Latomeandra sinuosa</i> (Koby)
<i>Dendrogyra thurmanni</i> ÉTALLON	<i>Microsolena fromenteli</i> Koby
<i>Dermoseris dichotoma</i> Koby	<i>Microsolena sinuata</i> ÉTALLON
<i>Dermoseris plicata</i> Koby	<i>Rhipidogyra</i> sp. sp.
<i>Dermosmilia arborescens</i> Koby	<i>Stephanocoenia trochiformis</i> MICHELIN
<i>Dermosmilia corymbosa</i> Koby	<i>Stylina coalescens</i> (GOLDFUSS)
<i>Dermosmilia crassa</i> (ORBIGNY)	<i>Stylina corallina</i> (Koby)
<i>Dermosmilia laxata</i> (ÉTALLON)	<i>Stylina decipiens</i> (ÉTALLON)
<i>Dimorphastrea variabilis</i> Koby	<i>Stylina girodi</i> ÉTALLON
<i>Dimorphastrea vasiformis</i> Koby	<i>Stylina limbata</i> (GOLDFUSS)
<i>Epismilia</i> ⁸⁾ <i>contorta</i> Koby	<i>Stylina ramifera</i> EDWARDS & HAIME
<i>Epismilia elongata</i> Koby	<i>Stylina subramosa</i> Koby
<i>Epismilia grandis</i> (ÉTALLON)	<i>Stylosmilia michelini</i> EDWARDS & HAIME
<i>Epismilia inflata</i> Koby	<i>Thamnasteria concinna</i> (GOLDFUSS)
<i>Epismilia irregularis</i> Koby	<i>Thamnasteria lomontiana</i> (ÉTALLON)
<i>Epismilia laufonensis</i> Koby	<i>Thamnasteria nicoleti</i> (Koby)
<i>Epismilia multisepta</i> Koby	<i>Thamnasteria</i> sp. sp.
<i>Epismilia obesa</i> Koby	<i>Thecosmilia annularis</i> (FLEMING)

⁷⁾ Nach Treatise on Invertebrate Paleontology: (F) Coelenterata.

⁸⁾ FROMENTEL 1861 (nach Treatise *Oppelismilia*?).

Lamellibranchiata⁹⁾:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Anisocardia bernensis</i> LORIOI | <i>Lucina aspasia</i> LORIOI |
| <i>Arca cepha</i> LORIOI | <i>Lucina blauenensis</i> LORIOI |
| <i>Arca clytia</i> LORIOI | <i>Lucina diana</i> LORIOI |
| <i>Arca laufonensis</i> ÉTALLON | <i>Lucina drya</i> LORIOI |
| <i>Bradycardia kobyi</i> LORIOI | <i>Lucina lydia</i> LORIOI |
| <i>Cardium corallinum</i> LEYMERIE | <i>Lucina merope</i> LORIOI |
| <i>Corbis burensis</i> LORIOI | <i>Lucina phaedra</i> LORIOI |
| <i>Corbis episcopalis</i> LORIOI | <i>Opis kobyi</i> LORIOI |
| <i>Corbis gigantea</i> BUVIGNIER | <i>Opis moreana</i> BUVIGNIER |
| <i>Corbis kobyi</i> LORIOI | <i>Opis quadrata</i> LORIOI |
| <i>Corbis scobinella</i> BUVIGNIER | <i>Opis semilunata</i> ÉTALLON |
| <i>Corbis valfinensis</i> LORIOI | <i>Ostrea hastellata</i> SCHLOTHEIM |
| <i>Diceras arietinum</i> LAMARCK | <i>Ostrea solitaria</i> SOWERBY |
| <i>Diceras kobyi</i> LORIOI | <i>Pachyerisma septiferum</i> BOEHM |
| <i>Diceras sinistrum</i> DESHAYES | <i>Pachymytilus petasus</i> ZITTEL |
| <i>Diceras ursicinum</i> THURMANN | <i>Pecten nais</i> LORIOI |
| <i>Diplodonta kobyi</i> LORIOI | <i>Pecten subarticulatus</i> ORBIGNY |
| <i>Gastrochaena</i> sp. sp. | <i>Placunopsis blauenensis</i> LORIOI |
| <i>Lima greppini</i> ÉTALLON | <i>Terquemia irregularis</i> LORIOI |
| <i>Lima sublaevis</i> THURMANN | <i>Terquemia ostreiformis</i> LORIOI |
| <i>Lima tumida</i> ROEMER | <i>Trigonia geographica</i> AGASSIZ |
| <i>Lithodomus socialis</i> THURMANN | <i>Velata spondyloides</i> (ROEMER) |

Gastropoda:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| <i>Acteonia acuta</i> ORBIGNY | <i>Natica mihielensis</i> LORIOI |
| <i>Acteonia burensis</i> LORIOI | <i>Natica verdati</i> LORIOI |
| <i>Acteonia pupula</i> THURMANN | <i>Nerinea cybele</i> LORIOI |
| <i>Angaria stellata</i> (BUVIGNIER) | <i>Nerinea defrancei</i> DESHAYES |
| <i>Aporrhais greppini</i> (LORIOI) | <i>Nerinea elegans</i> THURMANN |
| <i>Brachytrema corallense</i> BUVIGNIER | <i>Nerinea episcopalis</i> LORIOI |
| <i>Brachytrema kobyi</i> LORIOI | <i>Nerinea gagnebini</i> LORIOI |
| <i>Cerithium blauenense</i> LORIOI | <i>Nerinea gaudryana</i> ORBIGNY |
| <i>Cerithium corallense</i> BUVIGNIER | <i>Nerinea gresslyi</i> LORIOI |
| <i>Cerithium limaeforme</i> ROEMER | <i>Nerinea kobyi</i> LORIOI |
| <i>Cerithium rotundum</i> ÉTALLON | <i>Nerinea laufonensis</i> THURMANN |
| <i>Cerithium ursicinum</i> LORIOI | <i>Nerinea nodosa</i> VOLTZ |
| <i>Chilodonta clathrata</i> ÉTALLON | <i>Nerinea pachyptycha</i> COSSMANN |
| <i>Cylindrites mitis</i> LORIOI | <i>Nerinea scalata</i> VOLTZ |
| <i>Diarthema matheyi</i> LORIOI | <i>Nerinea speciosa</i> VOLTZ |
| <i>Dicroloma alba</i> (LORIOI) | <i>Nerinea suprajurensis</i> VOLTZ |
| <i>Ditremaria amata</i> (ORBIGNY) | <i>Nerinea ursicina</i> THURMANN |
| <i>Ditremaria thurmanni</i> LORIOI | <i>Nerita canalifera</i> BUVIGNIER |
| <i>Ditretus thurmanni</i> LORIOI | <i>Nerita concinna</i> ROEMER |
| <i>Emarginula michaelensis</i> BUVIGNIER | <i>Nerita constricta</i> LORIOI |
| <i>Fissurella kobyi</i> LORIOI | <i>Nerita corallina</i> ORBIGNY |
| <i>Harpagodes aranea</i> (ORBIGNY) PIETTE | <i>Nerita doris</i> LORIOI |
| <i>Helcion thurmanni</i> LORIOI | <i>Nerita kobyi</i> LORIOI |
| <i>Itieria clymene</i> ORBIGNY | <i>Nerita mais</i> BUVIGNIER |
| <i>Natica amata</i> ORBIGNY | <i>Nerita thurmanni</i> LORIOI |
| <i>Natica autharis</i> LORIOI | <i>Neritopsis cottaldina</i> ORBIGNY |
| <i>Natica blauenensis</i> LORIOI | <i>Oonia daphne</i> LORIOI |
| <i>Natica eurytha</i> LORIOI | <i>Patella matheyi</i> LORIOI |
| <i>Natica matheyi</i> LORIOI | <i>Petersia buccinoidea</i> BUVIGNIER |

⁹⁾ Nach DE LORIOI (1889-92).

<i>Petersia microstoma</i> LORIOI	<i>Trochus acuticarina</i> BUVIGNIER
<i>Pleurotomaria</i> sp. sp.	<i>Trochus daedalus</i> ORBIGNY
<i>Pseudomelania</i> (?) <i>athleta</i> ORBIGNY	<i>Trochus delia</i> ORBIGNY
<i>Pseudonerinea blauensis</i> LORIOI	<i>Trochus dirce</i> ORBIGNY
<i>Ptygmatis bruntrutana</i> THURMANN	<i>Trochus dyoniseus</i> BUVIGNIER
<i>Ptygmatis crassa</i> ÉTALLON	<i>Turbo corallensis</i> BUVIGNIER
<i>Ptygmatis mirabilis</i> LORIOI	<i>Turbo epulus</i> ORBIGNY
<i>Purpuroidea gracilis</i> LORIOI	<i>Turbo erinus</i> ORBIGNY
<i>Purpuroidea lapierreana</i> BUVIGNIER	<i>Turbo erix</i> ORBIGNY
<i>Purpuroidea moreana</i> BUVIGNIER	<i>Turbo gerontes</i> LORIOI
<i>Purpuroidea tuberosa</i> SOWERBY	<i>Turbo globatus</i> ORBIGNY
<i>Rimula cornucopiae</i> ORBIGNY	<i>Turbo greppini</i> LORIOI
<i>Scaliconus costatus</i> (ORBIGNY)	<i>Turbo plicato-costatus</i> ZITTEL
<i>Scaliconus moreanus</i> (ORBIGNY)	<i>Turbo ursicinus</i> LORIOI
<i>Scurria moreana</i> BUVIGNIER	<i>Tylostoma corallina</i> ZITTEL
<i>Sequania moreana</i> (BUVIGNIER)	

Brachiopoda:

<i>Terebratula bauhini</i> ÉTALLON	<i>Zeilleria huddlestoni</i> DOUVILLE
------------------------------------	---------------------------------------

Echinodermata:

<i>Acrocidaris nobilis</i> AGASSIZ	<i>Phymechinus mirabilis</i> (AGASSIZ)
<i>Cidaris blumenbachi</i> (MÜNSTER)	<i>Pseudodiadema floescens</i> (AGASSIZ)
<i>Cidaris cervicalis</i> AGASSIZ	<i>Pseudodiadema orbignyii</i> (COTTEAU)
<i>Cidaris florigemma</i> PHILLIPS	<i>Pseudodiadema pseudodiadema</i> (LAMARCK)
<i>Diplocidaris gigantea</i> (AGASSIZ)	<i>Pseudosalenia aspera</i> AGASSIZ
<i>Diplopodia argoviensis</i> (THURMANN)	<i>Pygaster tenuis</i> AGASSIZ
<i>Diplopodia argoviensis</i> (THURMANN)	<i>Rhabdocidaris nobilis</i> (MÜNSTER)
<i>Diplopodia matheyi</i> (LORIOI)	<i>Stomechinus perlatus</i> (DESMAREST)
<i>Hemicidaris intermedia</i> (FLEMING)	<i>Trochotiara neglecta</i> (DÉSAR)
<i>Heterocidaris lestoquii</i> THURMANN	<i>Trochotiara prisca</i> (AGASSIZ)

ANHANG II

DETAILPROFILE¹⁰⁾ (vgl. Fig. 2 und Tafel I)

1. Profil Côte du Frêne (Koord. 582050/248000)

- e) Vorbourgakalke (hellbraun bis dunkelbeige, grau anwitternd)
22. eckig-bröckelig zerfallende Bank, sandig, noch ca. 1,50 m aufgeschlossen; darüber verrutschte Mergel. (31)
 21. knauerig anwitternde Kalke mit feinem detritischem Quarz. (30)
 20. splittrige Kalke mit Ostracoden und Foraminiferen, sowie feinem detritischem Quarz. Unten Mergelfuge, oben Omissionsfläche. (28–29)
 19. dichte Kalke mit aufgearbeiteten Partien aus der untern Bank, «cailloux noirs». Unten Mergelfuge, oben stark von Limonit überzogene Omissionsfläche, auf welche «Höcker» aus dichtem pelitischem Kalk aufzementiert sind. (27)
 18. Vier Lagen von splittrigen Kalkpeliten mit feinem detritischem Quarz. Zuunterst Mergelfuge, oben Omissionsfläche (24–26)
 17. Zwei Lagen von dichten splittrigen Kalkpeliten mit feinem detritischem Quarz. Oben je eine Omissionsfläche (22–23)
 16. drei Horizonte, die oben je mit einer Omissionsfläche abschliessen. Der unterste Horizont beginnt mit einer Mergelfuge. Der mittlere Horizont weist auf der Oberfläche ein Muster von polygonalen Furchen auf. Das Gestein enthält feinen Quarz und Foraminiferen. (21)
 15. dichte Kalkpelite mit feinen detritischen Quarzkörnern, *Chara*-Oogonien und «cailloux noirs». (20)

¹⁰⁾ Alle Profile sind im Felde markiert. Die hinter der Beschreibung der jeweiligen Bank in Klammern angeführten Ziffern entsprechen den Feldnummern.

14. dichte Kalkbank, unten Mergelfuge mit aufgearbeitetem Material, oben Omissionsfläche. *Chara*-Oogonien, detritischer Quarz. (19)
 - d) Kreidige Kalke von St. Ursanne (weiss)
13. eckig-bröcklig zerfallende Bank. Oben gut ausgewaschener Kalkarenit mit Foraminiferen, darüber Omissionsfläche. (18)
12. eckig-bröcklig zerfallende, dichte Kalke mit einzelnen aufgearbeiteten Komponenten. Frass- oder Wurzelgänge. (15–17)
11. verschüttete Partie (35 m) mit kreidigen pelitischen Kalken. Teilweise einzelne Calamophyllen im Schutt. (14)
 - c) Oolithe (weiss)
10. kreidige Oolithe mit einzelnen Mumien (kontinuierlicher Übergang zu den Mumienkalken). (12–13)
 - b) Mumienkalke (angewittert: grau; frisch: beige)
9. Bank mit sehr grossen Mumien, Gestein stark stylolithisiert (11)
8. dichte Mumienkalke, zuunterst 10 cm mächtige Mergelfuge, darüber 10 cm Mergel mit Kalkknollen (\varnothing 20 cm). Die Mumien enthalten Serpelnröhren mit darin geopetal eingelagertem Pelit (vgl. Fig. 7). (10)
7. dichte mumienführende Kalke, unten Mergelfuge, oben limonitisierte Oberfläche (9)
6. massige, knauerige Lage mit grossen Mumien, stark stylolithisiert, einzelne Serpelnröhren. (8)
5. schlecht gebankte Mumienkalke; unten Mergelfuge, oben limonitisierte Oberfläche. (7)
4. schlecht gebankte Mumienkalke; unten Mergelfuge, oben limonitisierte Oberfläche (6)
3. leicht mergelige Mumienkalke; unten 10 cm mächtige Mergelfuge. (5)
2. knollige Mumienkalke, gegen oben etwas kompakter werdend; mit Girvanellenkrusten und Serpuliden; unten 1 cm mächtige Mergelfuge, oben limonitisierte Oberfläche. (2–4)
 - a) Liesbergschichten (grau, weisse Verkieselungen)
1. Korallenschwarten-Lagen; nach oben langsames Einsetzen von Mumien, stark mergelig, viele Crinoiden, Seeigelstacheln, Calcispongien, Austern. (1)

2. Profil St. Ursanne, Kalkfabrik (Koord. 579300/246375)

- e) Vorbourgakalke (beige, grau anwitternd)
12. sechs Bänke aus dichten Kalken; unten sind sie leicht knollig, oben laminiert mit feinem detritischem Quarz. Die Bänke sind von Frass- oder Wurzelgängen durchzogen. (23–29)
 - d) Kreidige Kalke von St. Ursanne (weiss, z. T. durch Boluston rot imprägniert)
11. braune, dichte, splittrige Kalke mit arenitischen Komponenten und vielen Foraminiferen; gut ausgewaschen. (22)
10. kreidige Kalke mit eingeschlossenen Biohermen, die bis dicht unter die Vorbourgakalke verfolgt werden können, und Zungen von Riffschutt (genauere Beschreibung p. 823 ff.). Das Gestein ist sehr fossilreich. In den obern kreidigen Kalken wurde ein Blattfund gemacht. Teilweise sind die kreidigen Kalke von Tuben (1,5 cm \varnothing) durchzogen, die bis 15 cm lang werden. (14–21)
 - c) Oolithe (beige; rötlichbraun verwitternd; kreidige Oolithe weiss)

Dichtes Oolithband an der Basis der kreidigen Kalke

 9. oolithische Lage mit sehr viel Skelettmaterial, traubigen Klümpchen, Algenklümpchen etc. Korallen umgelagert und in Lebensstellung; Austern, Serpuliden. (13)
 8. oolithische Lage mit viel Skelettmaterial; Austern, Serpuliden, Seeigel, Brachiopoden. (12)

Kreidige Oolithe

 7. kreidige Oolithe mit einzelnen Mumien; schlecht gepackt; zerfallend. Das Gestein ist von rotem Boluston, der später eindrang, schlierig durchzogen. (11)
 6. unten dichte, gut gepackte Oolithe, nach oben kreidig werdend; gut gerundete gröbere Fossiltrümmer. (10)

Gut gebankte, dichte Oolithe

 5. kompakte Oolithbank mit viel Skelettmaterial. (9)
 4. zwei dichte Oolithbänke mit etwas größeren Ooiden (\varnothing bis 1,5 mm), einzelnen Lumachellenlagen und calcitgefüllten Drusen. (7–8)

3. vier dichte Oolithbänke mit ganzen Austern, viel anderem Schalenmaterial und Calcitdrusen
Die oberste Bank ist leicht kreidig. (4–6)
 - b) Mumienkalke (frisch: beige; angewittert: grau)
2. vier Bänke von dichten Mumienkalken. Die unterste Bank ist an ihrer Basis noch etwas mergelig. Das Gestein ist oft stark stylolithisiert. Die kalkpelitische Grundmasse ist oft geopetal eingelagert. Die Oberfläche der obersten Bank ist mit Seeigeln besetzt. (0–3)
 - a) Liesbergsschichten (grau, weisse Verkieselungen)
1. leicht mergelige Korallenschwarten-Lagen. Viele Crinoiden, Muscheln (*Pinna!*), Spongien.

3. Profil Montmelon (Koord. 580350/244950)

- d) Kreidige Kalke von St. Ursanne (weiss)
8. verschüttete Partie mit einzelnen Calamophyllien. An der Basis Jaspisknollen von 15–20 cm Durchmesser. (13)
 - c) Feine Kalkarenite (hellbeige bis beige, weisse Verkieselungen)
7. sechs Bänke dichte Kalkarenite mit grossen Korallenschwarten in Lebensstellung; spätig; vereinzelt Ooide; verkieselte Bivalven, Gastropoden, Serpuliden. Die Bankoberflächen sind limonitisiert. (7–12)
6. ungleich mächtiger Horizont mit kleinen Kieselknollen (\varnothing : 10 cm). Die Kieselknollen zerfallen in ein huppererdeartiges Mehl. In den die Knollen umgebenden Areniten einzelne Ooide. (6)
5. feine Kalkarenite mit vielen verkieselten Fossilien: Korallen, Brachiopoden, Lamellibranchier (*Alectryonia*, *Pinna*). (5d–e)
4. In der Mächtigkeit stark variierender Horizont mit grossen Bivalven. (5c)
3. Drei Bänke dichte Kalkarenite mit Foraminiferen, Korallen, Brachiopoden, Lamellibranchier, Gastropoden, Crinoiden, Serpuliden. Vereinzelt Mumien und Ooide. Bankoberflächen limonitisiert. (3a–5b)
 - b) Feine, algenführende Kalkarenite (beige bis braun, gelb anwitternd)
2. zwei Bänke spätige Kalkarenite mit vielen biogen umkrusteten Fossiltrümmern und Mumien, Korallen, Crinoiden, Echiniden, Lamellibranchier, Serpuliden. Fossilien verkieselt. (1a–2g)
 - a) Liesbergsschichten (grau, weisse Verkieselungen)
1. knauerig-mergelige Korallenschwarten-Lagen mit vielen verkieselten Fossilien (Crinoiden, Spongien etc.).

4. Profil Plan du Noyer (Koord. 579125/243500)

- f) Vorbourgkalke (beige, grau anwitternd)
23. verschüttete mergelige Partie mit aufgearbeiteten Komponenten (33).
22. feinarenitische Kalke mit Algenklumpen, Foraminiferen, Ostracoden und detritischem Quarz. (32)
21. oben leicht mergelige, in der Mitte dichte Kalkbank mit vielen Foraminiferen, intraklastischen Komponenten und detritischem Quarz. Unten Mergelfuge. (31)
20. dichte Kalkbank mit Wechsellagerungen von dichten Peliten und detritischem Quarzkorn-Lagen; feine Pelitkörner, vereinzelt intraklastische Komponenten. (30)
19. dichte Kalkbank mit viel detritischem Quarz und grösseren intraklastischen Komponenten; Ostracoden; oben Omissionsfläche. (29)
18. mergelige Kalke mit vielen aufgearbeiteten Komponenten; Ostracoden, Foraminiferen; oben Omissionsfläche. (27–28)
17. unten Mergelfuge, oben dichte Kalke mit *Lenticulina*, *Nautiloculina*, *Pseudocyclamina*, *Quinqueloculina*, *Textularia*, *Verneuilina*; oben Omissionsfläche.
16. unten dichte Kalke, oben knollig verwitternd, darüber Omissionsfläche. (24–25)
15. unten Mergelfuge mit «cailloux noirs», darüber dichte pelitische Kalke mit feinem detritischem Quarz und *Chara*-Ästchen; oben Omissionsfläche. (23)
14. dichte pelitische Kalke mit viel detritischem Quarz, in dünnen Bändern angeordnet (lamination); oben limonitisierte Omissionsfläche. (21–22)

13. dichte pelitische bis leicht arenitische Kalke mit feinem detritischem Quarz; gut gebankt; viele Foraminiferen:
Lenticulina, *Nautiloculina*, *Pseudocyclamina*, *Quinqueloculina*, *Textularia*, *Verneulina*, Ostracoden, *Chara*-Oogonien; oben Omissionsfläche (18–20).
- e) Kreidige Kalke von St. Ursanne (weiss).
12. gut gebankte Kalkarenite; stellenweise verschüttet; mit *Nautiloculina*, *Pseudocyclamina*, *Quinqueloculina*; oben intrastische Komponenten. (17)
11. mächtige verschüttete Partie; unten Kieselknollen und -schnüre; oben gut gebankter, feiner fossilloser Kalpelit. (15–16)
- d) Verfängerungszone: Kreidige Kalke–Kalkarenite.
10. unten zurückwitternde kreidige Kalke, darüber sehr feine, stark pelitische Kalkarenite, die oben mit einer Korallenlage abschliessen, welche von einer Limonitkruste überzogen ist. (14)
9. unten zurückwitternde kreidige Kalke; darüber feine, pelitreiche Kalkarenite; oben deutlich hervortretende Korallenlage. (13)
8. unten zurückwitternde kreidige Kalke; darüber pelitreiche feine Kalkarenite; oben Korallenlage mit limonitisierter Oberfläche; viele Brachiopoden (*Terebratula bauhini* ETALLON). (12)
7. unten zurückwitternde kreidige Kalke; oben Kalkarenite mit deutlich hervortretender Korallenlage. (11)
- c) Feine Kalkarenite (beige bis dunkelbraun)
6. unten knollig zerfallende, weiche fossilreiche Kalkarenite; zum Teil leicht kreidig; mit vielen Austern, Korallenbruchstücken und Einzelkorallen; oben hervorstehende Kalkarenite mit scherbigem Bruch; Korallen führend; darüber limonitisierte Oberfläche. (9–10)
5. drei Bänke dichte Kalkarenite mit viel Skelettmaterial. (6–8)
4. dichte feinarenitische Kalke mit Kieselknollen (\varnothing 5 cm). (5)
3. drei Bänke dichter feinarenitischer Kalke mit viel Skelettmaterial; Fossilien verkieselt: Korallen, Brachiopoden, Lamellibranchier, Gastropoden, Crinoiden, Serpuliden. (2–4)
- b) Feine algenführende Kalkarenite (unten grau, oben grau-beige)
2. feinarenitische Kalke; hauptsächlich aus Skelettmaterial bestehend, das stark von Algen umkrustet ist; unten einzelne Korallen; viele Austern und Crinoiden. (1)
- a) Liesbergsschichten (grau, weisse Verkieselungen)
1. verkieselte Korallenschwarten-Lagen, viele Crinoiden; mergelig, nach oben etwas kompakter werdend.

5. Profil Sous les Errauts (Koord. 578200/242300)

- e) Vorkalke (beige, grau anwitternd)
18. dichter Kalkpelit mit lamellenartig angeordneten Quarzsandlagen; viele Frassgänge. (38)
17. Mergelband mit Ostracoden, Foraminiferen und *Chara*-Oogonien. (37)
16. plattige, mergelige Kalke mit Pelitkörnern und grossen aufgearbeiteten Komponenten. (36)
15. Mergelband mit Ostracoden und Foraminiferen. (35)
14. dichter Kalkpelit mit detritischem Quarz und «cailloux noirs»; Spalten, die mit andersartigem Pelit gefüllt sind; Frass- oder Wurzelgänge mit Geopetalgefüge. (34)
13. leicht mergelige Kalke mit detritischem Quarz; unten Auswölbungen, die mit aufgearbeitetem Material gefüllt sind (Prielfüllungen?). (33 b)
12. gut geschichtete, zum Teil synsedimentär leicht verrutschte kalkige Mergel, von der unter 13 erwähnten Auswölbung diskordant angeschnitten. (33 a)
11. Dichter Kalkpelit mit Pelitkörnern; unten Mergelfuge mit aufgearbeiteten Kalkpartien, oben mergeliges Band mit Kalkknauern, Foraminiferen, *Chara*-Oogonien, Ostracoden; darüber Omissionsfläche. (31–32)
10. mergelig-knaueriger Horizont mit detritischem Quarz; unregelmässige Unterfläche; oben Omissionsfläche. (30)
9. vier Bänke dichte pelitische Kalke; teilweise knollig zerfallend; viele Foraminiferen, einzelne Ostracoden und *Chara*-Oogonien; Frass- oder Wurzelgänge; in Hohlräumen oft Geopetalgefüge; jede Bank schliesst mit Omissionsfläche ab. (21–28)

8. drei Bänke fein laminierte Kalke mit viel detritischem Quarz. Bänke durch Mergelfugen getrennt; viele Foraminiferen; über jeder Bank Omissionsfläche. (18–20)
 - c) Kreidige Kalke von St. Ursanne (weiss)
7. unten, stark umgearbeiteter Kalkpelit mit Frass- oder Wurzelgängen und vielen Pelitkörnern; oben, Kalkarenite in teilweise calcitisch-kristalliner Grundmasse; detritischer Quarz; Foraminiferen: *Pseudocyclamina*, *Quinqueloculina*, Ostracoden. Als Abschluss Omissionsfläche. (17)
6. Verschüttete Partie entlang der Strasse; einzelne Blöcke von kreidigen Kalken mit Nerineen und Calamophyllien. (16)
 - b) Feine Kalkarenite (hellbraun bis beige)
5. dichte Kalkarenite mit vielen Pelitkörnern als Komponenten in pelitischer Grundmasse; verkieselte Fossilien: Austern, Thamnastreen, Brachiopoden; im Dach Kieselknollen (\varnothing : 20 cm), die zu einer huppererdeartigen Masse zerfallen. (13–15)
4. Verschüttete Partie unterhalb der Strasse; unten noch feinarenitische Kalke mit viel Skelettmaterial; oben dichte Kalke mit verkieselten Mollusken und Crinoiden; limonitisierte Oberfläche. (10–12)
3. feinarenitische Kalke mit Kieselknollen (\varnothing : 5 cm). (9)
2. feinarenitische Kalke mit vielen verkieselten Fossilien; (Felswand im Bachgraben). (3–8)
 - a) Feine, algenführende Kalkarenite (dunkelgrau, weisse Verkieselungen)
1. Kalkarenite mit biogen umkrustetem Skelettmaterial; viele Brachiopoden; unten Korallenschwarten in Lebensstellung (Felswand im Bachgraben). (1–2)

ANHANG III

Chemische Daten¹¹⁾

Probe:	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SrO	CaCO ₃
	%	%	%	%	%	%
Vorbourgkalke S 9 ¹⁾	4,2	0,7	0,24	0,4	0,02	92,8
Kreidige Kalke von St. Ursanne						
U 11 (kalkarenitischer Horizont)	0,6	0,16	0,12	0,17	0,007	98,0
U 10 (oben)	0,4	0,13	0,1	0,1	0,003	99,4
U 10 (unten)	0,2	0,1	0,1	0,11	0,005	99,9
Feine Kalkarenite						
M 3	0,6	0,1	0,1	0,2	0,016	99,1
S 5	0,3	0,1	0,1	0,15	0,008	99,9
Feine algenführende Kalkarenite						
P 2 (oben)	0,8	0,4	0,19	0,3	0,017	97,1
P 2 (unten)	3,3	0,4	0,27	0,4	0,032	95,5
Oolithe						
U 7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,01	99,4
Mumienkalke						
C 7	2,4	0,8	0,4	0,4	0,018	95,5

¹⁾ Vgl. Tafel I (C = Côte du Frêne, U = St. Ursanne, M = Montmelon dessus, P = Plan du Noyer, S = Sous les Errauts)

¹¹⁾ Analysen von Dr. H. SCHWANDER, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Basel

LITERATURVERZEICHNIS

- ABEL, O. (1935): *Vorzeitliche Lebensspuren*, Jena.
- AGASSIZ, L. (1840): *Description des Échinodermes fossiles de la Suisse*.
- AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1961): *Code of Stratigraphic Nomenclature*, Bull. AAPG., 45, 5.
- ANDREE, K. (1920): *Geologie des Meeresbodens*, Bd. II, Leipzig.
- ARKELL, W.J. (1956): *Jurassic Geology of the World*, London.
- BEALES, F.W. (1956): *Conditions of Deposition of Palliser (Devonian) Limestone of Southwestern Alberta*, Bull. AAPG., 40, 5.
- (1958): *Ancient Sediments of Bahaman Type*, Bull. AAPG., 42, 8.
 - (1963): *Baldness of Bedding Surface*, Bull. AAPG., 47, 4.
- BLACK, M.A. (1933): *The Precipitation of Calcium Carbonate on the Great Bahama Bank*, Geol. Mag., 70, pp. 455-466.
- BITTERLI, P. (1945): *Geologie der Blauen- und Landskronkette südlich von Basel*, Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF. 81.
- BOURGEAT, ABBÉ, F. (1888): *Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional*, Paris.
- BRÖNNIMANN, P., & NORTON, P. (1960): *On the Classification of Fossil Fecal Pellets and Description of New Forms from Cuba, Guatemala and Libya*, Eclogae geol. Helv., 53, 2.
- CAROZZI, A. (1953): *Pétrographie des roches sédimentaires Lausanne*.
- (1954): *Le Jurassique supérieur récifal du Grand Salève, essai de comparaison avec les récifs actuels*. Eclogae geol. Helv., 47, 2.
 - (1961): *Reef Petrography in the Beaverhill Lake Formation, Upper Devonian, Swan Hills Area, Alberta, Canada*, J. Sed. Petrol., 31, 4.
- CAYEUX, L. (1935): *Les roches sédimentaires de la France, Roches carbonatés*, Masson, Paris.
- CLOUD, P.E. (1942): *Notes on Stromatolites*, Amer. J. Sc. 240, p. 363.
- (1959): *Geology of Saipan and Mariana Island, Part 4, Submarine Geology and Shoal Water Ecology*, US Geol. Surv. Prof. Pap. 280-K.
 - (1962): *Environment of Calcium Carbonate Deposition West of Andros Island, Bahamas*, US Geol. Surv. Prof. Pap. 350.
- CORRENS, C.W., BARTH, T.F., ESKOLA, P. (1939): *Die Entstehung der Gesteine*, Lehrbuch der Petrogenese, Berlin.
- CUMINGS, E.R. (1932): *Reefs or Bioherms*, Bull. Geol. Soc. Amer., 43, p. 331.
- CUMINGS, E.R., & SHROCK, R.R. (1928): *Niagaran Coral Reefs of Indiana and Adjacent States and their Stratigraphic Relation*, Bull. Geol. Soc. Amer., 39, p. 579 ff.
- CUSHMAN, J.A. (1955): *Foraminifera, Their Classification and Economic Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- DANGEARD, L. (1953): *Oolithes marines actuelles, Comparaison avec les oolithes marines anciennes*. Congr. Géol. Intern. Alger, C.R. 19. session, Alger 1952, section IV, 4.
- DANGEARD, L., & FREMY, P. (1944): *Pérforations produites par des végétaux microscopiques dans des matériaux calcaires de profondeur*. Bull. Soc. Linn. Normandie, Caen, 9e série, 3.
- DAPPLES, E.C. (1938): *The Sedimentational Effect of the Work of Marine Scavengers*, Amer. J. Sc., 5th series, 136.
- DREYFUSS, M. (1954): *Le Jura dans les mers du Jurassique supérieur*, Mem. Soc. Géol. France, NS, 33, 1, Nr. 69.
- DUNBAR, C.D., & RODGERS, J. (1957): *Principles of Stratigraphy*, John Wiley, New York.
- DUNHAM, R.J. (1962): *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture*, in: *Classification of Carbonate Rocks, a Symposium*, AAPG - Mem. 1.
- EARDLEY, A.J. (1938): *Sediments of Great Salt Lake*, Utah, Bull. AAPG., 22, 10.
- ELBER, R. (1920): *Geologie der Raimeux- und Vellerat-Kette im Gebiet der Durchbruchstäler von Birs und Gabiare (Bernser Jura)*, Verh. Natf. Ges. Basel, 33.
- FISCHER, H., & LUTERBACHER, H. (1963): *Das Mesozoikum der Bohrungen Courtion I und Altishofen I*, Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF, 115.
- FLÜGEL, E., & KIRCHMAYER, M. (1962): *Zur Terminologie der Ooide, Onkoide und Pseudooide*, N. Jb. Geol. Pal., Monatshefte, 3.

- FOLK, R.L. (1959): *Practical Petrographic Classification of Limestones*, Bull. AAPG., 43, 1.
 – (1962): *Spectral Subdivision of Limestone Types*, in: Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG – Mem. 1.
- GASCHE, E. (1956): *Über die Entstehung der Mumien und übrigen Kalkknollen aus dem Sequan des Berner Jura*, in P. A. ZIEGLER: *Zur Stratigraphie des Séquanien im zentralen Schweizer Jura*, Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF. 102.
- GEIER, O.F. (1958): *Die Korallenfaunen des europäischen Malm und ihr stratigraphischer Wert*, Congr. Géol. Intern. Mexico, 20. Sesion.
- GILLET, S., & SCHNEEGANS, D. (1933): *Stratigraphie des Terrains Jurassiques dans la région de Ferrette (Jura alsacien)*, Bull. serv. carte géol. Alsace et Lorraine, 2, 1.
- GINSBURG, R.N. (1957): *Diagenesis of Carbonate Sediments, Florida*, in: Regional Aspects of Carbonate Deposition, a Symposium with Discussion, Soc. Ec. Pal. Min., Spec. Publ., 5.
- GLANGEAUD, L. (1944): *Remarques préliminaires sur les subdivisions et les faciès du Lusitanien dans le Nord-Est du Bassin de Paris et le Jura septentrional*. CR. Soc. Géol. France.
- GREPPIN, J.B. (1867): *Essai géologique sur le Jura Suisse*, Delémont.
 – (1870): *Description géologique du Jura bernois et de quelques districts adjacents*, Mat. carte géol. Suisse, 8.
- GRESSLY, A. (1838–1841): *Observations géologiques sur le Jura soleurois*, N. Denkschr. Schweiz. Ges. f. gesamte Natw. 2.
 – (1864): *Rapport géologique sur les terrains parcourus par les lignes du réseau des chemins de fer jurassiens par le Jura bernois de Bienne à Bâle et de Delémont à Porrentruy*, Bern.
- GWINNER, M.P. (1962): *Geologie des weissen Jura der Albhochfläche*, N. Jb. Geol. Pal., 115, 2.
- HAM, W.E., & PRAY, L.C. (1962): *Modern Concepts and Classification of Carbonate Rocks*, in: Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG.–Mem. 1.
- HEER, O. (1865): *Die Urwelt der Schweiz*, Zürich.
- HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz, 1 (Molasse, Jura)*, Leipzig.
- HENSON, F.R.S. (1950): *Cretaceous and Tertiary Reef Formations and Associated Sediments in Middle East*, Bull. AAPG., 34, p. 215.
- HERZOG, P. (1956): *Tafeljura und Rheintalflexur südöstlich von Basel*, Eclogae geol. Helv. 49, 2.
- HOUBOLT, J.J.H.C. (1957): *Surface Sediments of the Persian Gulf Near the Qatar Peninsula*, Diss. Utrecht.
- ILLING, L.V. (1954): *Bahaman Calcareous Sands*, Bull. AAPG., 38, 1.
- IMBRIE, J., & PURDY, E.G. (1962): *Modern Bahamian Carbonate Sediments*, in Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG.-Mem. 1.
- JOHNSON, H.J. (1961): *Limestone Building Algae and Algal Limestones*, Colorado School of Mines.
- KABELAC, F. (1954): *Beitrag zur Kenntnis und Entstehung des untern Weissjura am Ostrand des südlichen Oberrheingraben*, Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Br., 45.
- KOBY, F. (1880–1889): *Monographie des polypiers jurassiques de la Suisse*, Mem. Soc. Pal. Suisse, 7–16.
- KOECHLIN, E. (1947): *Chaetetiden aus dem Malm des Berner Jura*, Mem. Soc. Pal. Suisse, 65.
 – (1955): *Über korallenähnliche Fossilien aus der Juraformation*, Leben und Umwelt, 12.
- KORNICKER, L.S., & BOYD, D.W. (1962): *Shallow Water Geology and Environments of the Alacran Reef Complex, Campeche Bank, Mexico*, Bull. AAPG., 46, 5.
- KUENEN, PH.H. (1950): *Marine Geology*, New York.
- LADD, H.S. (1950): *Recent Reefs*, Bull. AAPG., 34, p. 203.
- LADD, H.S., & TRACEY, J.I. (1949): *The Problem of Coral Reefs*, Sci. Monthly, 69, p. 297.
- LAUBSCHER, H. (1948): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt St. Ursanne (Berner Jura)*, Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF. 92.
- LECOMPTE, M. (1960): *CR. de la session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique et de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, consacrée à l'étude du phénomène récifal dévonien dans la partie occidentale du bassin de Dinant et du bassin de Namur, du 25 au 28 sept. 1959*, Ann. Soc. Géol. Belgique, 83.
- LEIGHTON, M.W., & PENDEXTER, C. (1962): *Carbonate Rock Types*, in Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG.-Mem. 1.

- LOEWENSTAM, H. A. (1955): *Aragonite Needles Secreted by Algae and some Sedimentary Implications*, Jour. Sed. Petrol., 25, 4.
- LORIOU, DE, P. (1889-1892): *Études sur les mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura bernois, accompagnées d'une notice stratigraphique de F. Koby*, Mem. Soc. Pal. Suisse, 16-21.
- (1895): *Études sur les mollusques du Rauracien supérieur du Jura bernois, accompagnées d'une note stratigraphique de F. Koby*, Mem. Soc. Pal. Suisse, 22.
- MAC NEIL, F. S. (1954): *Organic Reefs and Banks Associated Detrital Sediments*, Am. Jour. Sci. 252, p. 385.
- MANTEN, A. (1961): *Korallengestalten als Kennzeichen des Milieus*, Geol. Rdsch., 51, 2.
- MATTAUER, M. (1958): *Présence de brèches à cailloux noirs et de calcaires lacustres dans le Kimmeridgien du Jura central*, CR. Soc. Géol. France 3.
- MOHLER, W. (1938): *Mikropaläontologische Untersuchungen in der nordwestschweizerischen Juraformation*, Abh. Schweiz. Pal. Ges., 60.
- NELSON, H. F., BROWN, CH. W., BRINEMAN, J. H. (1962): *Skeletal Limestone Classification*, in Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG.-Mem. 1.
- NEWELL, N. D. (1955): *Bahamian Platforms*, Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 62, p. 303.
- NEWELL, N. D., et al. (1953): *The Permian Reef Complex of the Guadalupe Mountains Region, Texas and New Mexico*, a Study in Paleoecology, San Francisco.
- NEWELL, N. D., & RIGBY, K. J. (1957): *Geological Studies on the Great Bahama Bank*, in Regional Aspects of Carbonate Deposition, a Symposium with Discussion, Soc. Ec. Pal. Min. Spec. Publ. 5.
- OERTEL, W. (1913): *Stratigraphie und Tektonik der Gegend von St. Brais und Saulcy im Berner Jura*, N. Jb. Min. Geol., 34.
- OERTLI, H. J. (1957): *Ostracodes du Jurassique supérieur du Bassin de Paris*, Rev. Inst. Franç. Petrole, 12. 6.
- (1959): *Malm-Ostracoden aus dem schweizerischen Juragebirge*, Denkschr. Schweiz. Natf. Ges., 83, 1.
- OERTLI, H. J., & ZIEGLER, M. A. (1958): *Présence d'un Séquanien lacustre dans la région de Pontarlier (Dép. Doubs, France)*, Eclogae geol. Helv., 51, 2.
- ORBIGNY, D', A. (1842-1849): *Paléontologie Française, Terrains oolithiques ou jurassiques, I*.
- PETTIJOHN, F. J. (1957): *Sedimentary Rocks*, New York.
- PIA, J. (1926): *Pflanzen als Gesteinsbildner*, Berlin.
- (1933): *Die recenten Kalksteine*, Leipzig.
- PLUMLEY, W. J., et al. (1962): *Energy Index for Limestone Interpretation and Classification*, in Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG.-Mem. 1.
- POKORNY V. (1958): *Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie*, Bd. 1 u. 2, Berlin.
- POLLOCK, J. B. (1928): *Fringing and Fossil Coral Reefs of Oahu*, Bull. Bernice P. Bishop Mus., Honolulu.
- POWERS, R. W. (1962): *Arabian Upper Jurassic Carbonate Reservoir Rocks*, in Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG.-Mem. 1.
- PURDY, E. G. (1963): *Recent Calcium Carbonate Facies of the Great Bahama Bank, 1. Petrography and Reaction Groups*, Jour. Geol., 71, 3.
- QUERVAIN, DE, F., & GSCHWIND, M. (1949): *Die nutzbaren Gesteine der Schweiz*, Bern.
- REVELLE, R., & FAIRBRIDGE, R. (1957): *Carbonates and Carbon Dioxide*, Geol. Soc. Amer.: Treatise on Marine Ecology and Paleoecology, 1, Ecology, p. 259: Organic Carbonate Precipitation.
- ROLLIER, L. (1888): *Etude stratigraphique sur le Jura bernois*, Eclogae geol. Helv., 1, 1.
- (1888): *Excursion de la Société géologique Suisse au Weissenstein et au Jura bernois*, Eclogae geol. Helv., 1, 3.
- (1893): *Sur la composition et l'extension du Rauracien dans le Jura*, Archives sci. phys. nat., 3, 29, Genève.
- (1894): *Le Malm du Jura et du Randen. Etude de nomenclature et de parallélisme stratigraphique*, CR, 6^o session, Congr. géol. int. Zürich.
- (1895): *Défense des faciès du Malm*, Archives sci. phys. nat., 3, 34, Genève.

- ROLLIER, L. (1895): *Über den Jura zwischen Doubs (Chaux de Fonds), Delsberg, See von Neuenburg und Weissenstein*, N. Jb. Min. Geol. Pal. 2.
- (1897): *Résumé des relations stratigraphiques et orographiques des faciès du Malm dans le Jura*, Archives sci. phys. nat., 4, 3. Genève.
- (1897): *Note additionnelle à la défense des faciès du Malm et réponse à M. Choffat*, Archives sci. phys. nat., 4, 4. Genève.
- (1898): *Deuxième supplément à la description géologique de la carte géologique de la Suisse*, Mat. p. la carte géol. de la Suisse, nouv. sér., livr. 8, Berne.
- (1917): *Résumé stratigraphique des terrains secondaires du Jura*, Mem. Soc. Pal. Suisse, 42.
- ROTHPLETZ, A. (1892): *Über die Bildung der Oolithe*, Botanisches Zentralblatt, 35.
- SANDER, B. (1936): *Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge I u. II*, Tschermak's Min. Petr. Mitt., NF., 48.
- SEIBOLD, E. (1962): *Untersuchungen zur Kalkfällung und Kalklösung am W-Rand der Great Bahama Bank*, Sedimentology, 1, 1.
- SCHMASSMANN, H.J. (1945): *Stratigraphie des mittleren Doggers der NW-Schweiz*, Liestal.
- SCHNEIDER, A. (1960): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Porrentruy*, Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF, 109.
- SCHWAAR, D. (1962): *Note sur les «terriers» et tubes d'annelides dans la Dalle nacrée callovienne du Jura neuchâtelois (Suisse)*, Bull. Soc. neuchâteloise Sci. nat., 85.
- STEPHENSON, A., & TANDY, G. (1931): *The Ecology of Low Isles*, Brit. Mus. Great Barrier Reef Exp. 1928–1929, Sci. Rep., 3, 2.
- STRAATEN, VAN, L.M.J.U. (1964): *Deltaic and Shallow Marine Deposits*, in Developments in Sedimentology, vol. 1, Amsterdam, London, New York.
- STRUVE, W. (1963): *Das Korallenmeer der Eifel vor 300 Millionen Jahren; Funde, Deutungen, Probleme*, Natur und Museum, 93, 6.
- STUMM, F. (1964): *Das Tertiär des Basler Tafeljura. Mit besonderer Berücksichtigung der miocaenen Ablagerungen*, Verh. Natf. Ges. Basel, 75, 2.
- THEOBALD, N. (1950): *Paléogéographie du Jurassique supérieur dans le Sud-Ouest de l'Allemagne et le Nord-Est de la France*, Verh. Natf. Ges. Freiburg i. Br. 40.
- THIRRIA, M.E. (1830): *Notice sur le terrain jurassique du Département de la Haute Saône*.
- THOMAS, G.E. (1962): *Grouping of Carbonate Rocks into Textural and Proximity Units for Mapping Purposes*, in Classification of Carbonate Rocks, a Symposium, AAPG.-Mem. 1.
- THURMANN, J. (1832–1836): *Essais sur les soulèvements jurassiques*, Strassbourg et Porrentruy.
- THURMANN, J. & ÉTALLON, A. (1861–1863): *Lethea bruntrutana ou des études paléontologiques et stratigraphiques sur le Jura bernois*, N. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. 17.
- TOBLER, A. (1905): *Tabellarische Zusammenstellung der Schichtenfolge in der Umgebung von Basel*.
- TSCHOPP, R. (1960): *Geologie des Siegfriedblattes Miécourt*, Bern.
- TWENHOFEL, W.H. (1950): *Principles of Sedimentation*, New York.
- VAUGHAN, T.W. (1918): *Some Shoal Water Bottom Sediments from Murray Island, Australia and Comparison of them with Samples from Florida and the Bahamas*, Carnegie Inst. Washington Publ. 213, Pap. Dep. Marine Biology, 9.
- VOIGT, E. (1959): *Die oekologische Bedeutung der Hartgründe (Hardgrounds) in der obern Kreide*, Pal. Zeitschr., Stuttgart, 33, 3.
- VONDERSCHMITT, L. (1942): *Geologische Ergebnisse der Bohrungen von Hirtzbach bei Altkirch (Ober-Elsass)*, Eclogae geol. Helv., 35, 1.
- WELLS, J.W. (1954): *Recent Corals of the Marshall Islands*, US Geol. Surv. Prof. Pap. 260-I.
- WELLS, A.J., & ILLING, L.V. (1964): *Present-Day Precipitation of Calcium Carbonate in the Persian Gulf*, in Developments in Sedimentology, 1, Deltaic and Shallow Marine Deposits, (L.M.J.U. VAN STRAATEN, editor), Amsterdam, London, New York.
- WETHERED, E. (1889): *On the Microscopic Structure of the Jurassic Pisolithe*, Geol. Mag., New Ser., Decade III, 4.
- WILSON, W.B. (1950): *Reef Definition*, Bull. AAPG., 34, p. 181.

- WOLF, K. H. (1962): *The Importance of Calcareous Algae*, in Limestone Genesis and Sedimentation, N. Jb. Geol. Pal., 5.
- YONGE, C. M. (1935): *Studies on the Biology of Tortugas Corals*, Carnegie Inst. Washington Publ. 452.
- ZIEGLER, M. A. (1962): *Beiträge zur Kenntnis des untern Malm im zentralen Schweizer Jura*, Zürich.
- ZIEGLER, P. A. (1956): *Geologische Beschreibung des Blattes Courtelary (Berner Jura) und zur Stratigraphie des Séquanien im zentralen Schweizer Jura*, Beitr. Geol. Karte Schweiz. NF. 102.

Manuskript eingegangen am 13. Januar 1965

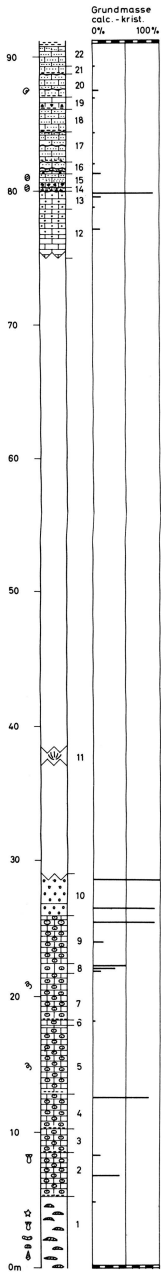
DETAILPROFILE IM RAURACIEN VON ST. URSANNE
UND UMGEBUNG
von V.F. Pümpin

PROFIL 4
PLAN DU NOYER

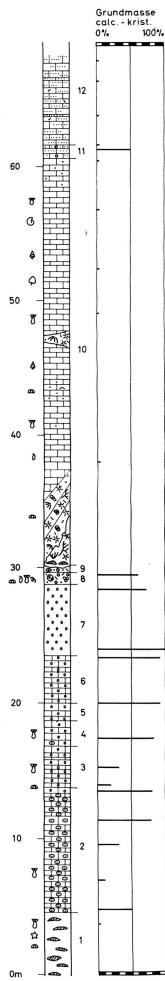
PROFIL 5
SOUS LES ERRAUTS

LEGENDE :

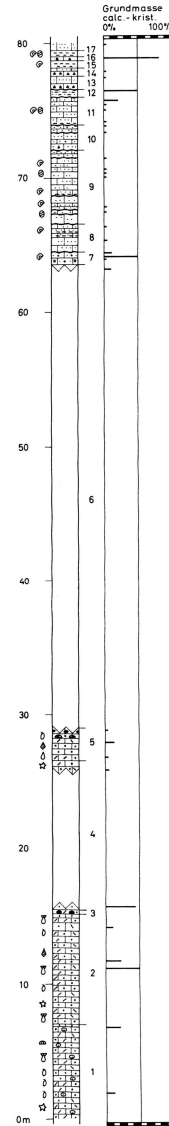
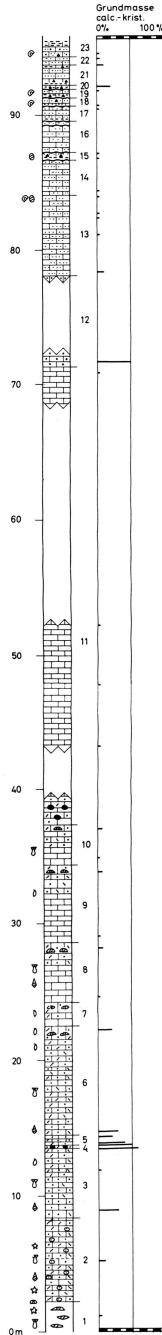
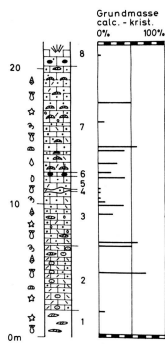
PROFIL 1
CÔTE DU FRÈNE



PROFIL 2
ST. URSANNE



PROFIL 3
MONTMELON



- VORBOURGKALKE MIT TERRIGENEM DETRITUS
- MERGEL
- GUT GEBANKTE KALKE
- BIOHERM
- RIFFSCHUTT
- UNVERFESTIGTE KREIDIGE OOLITHE
- DICHTE GUT GEBANKTE OOLITHE
- MUMIENKALKE
- FEINE KALKARENITE
- FEINE KALKARENITE (ALGENFÜHRENDER HORIZONT)
- LIESBERGOSCHICHTEN
- OMISSIONSFLÄCHE
- SILEXKNOLLEN
- MUMIEN
- OOIDE
- PELITKÖRNER
- BIOGENER DETRITUS
- CAILLOUX NOIRS
- TERRIGENER DETRITUS
- KORALLENSCHWARTEN
- BÜSCHELIGE UND ÄSTIGE KORALLEN
- CHARA - OOGONIEN
- BLATTFUND
- AMMONITEN
- LAMELLIBRANCHIER
- GASTROPODEN
- BRACHIOPODEN
- SPONGIEN
- CRINOIDEN
- SEEIGEL
- OSTRACODEN
- SERPULA-RÖHREN

