

UWPM/2 724/22

Geognostische Jahreshefte.

Zweiundzwanzigster Jahrgang.

1909.



Herausgegeben

im Auftrage des Kgl. Bayer. Staatsministeriums des Königlichen Hauses
und des Äussern

von

der Geognostischen Abteilung des Kgl. Bayer. Oberbergamtes
in München.

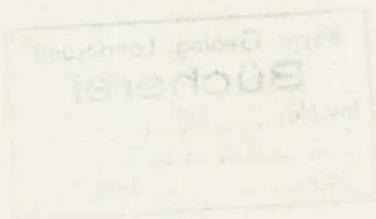
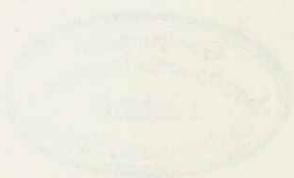


München.

Verlag von Piloty & Loehle.

1910.

Geognostische
Jahreshefte.



Übersicht des Inhaltes.

	Seite
Otto M. Reis: Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen Unteren und Mittleren Trias. — I. Muschelkalk und Untere Lettenkohle	1—285
(Mit 11 Tafeln, 2 Textbeilagen und 9 Textfiguren).	
Wolfram Fink: Ein weiterer Gletscherschliff am Tegernsee	286—288
(Mit vier Textfiguren.)	
Ludwig von Ammon: Die Oberbayerische Pechkohle	289—302
(Mit einer Analysentabelle.)	
Werner Koehne: Über die neueren Aufschlüsse im Peißenberger Kohlenrevier	303—312
(Mit einer Kartenskizze im Text.)	
Maximilian Weber: Das geologische Profil Waldkirchen-Neureichenau- Haidmühle	313—319
(Mit einem Profil.)	

Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen Unteren und Mittleren Trias.

I. Muschelkalk und Untere Lettenkohle.

Von

Dr. Otto M. Reis.

Mit Tafel I—XI, 2 Beilagen und 9 Textfiguren.

Vorbemerkung.

Die Kenntnis der Schichtenfolge und der Gesteinsausbildungen in der Trias, besonders in der Mittleren Trias Unterfrankens, bedarf notwendiger Ergänzungen und Vertiefung. Es sind im nachfolgenden die Ergebnisse nunmehr fünfjähriger amtlicher Aufnahmen und eigener Aufsammlungen in Unterfranken bearbeitet. Herr Dr. M. SCHUSTER hat einzelne zum Teil gemeinsam mit mir begangene Profile und Zeichnungen aus seinen Aufnahmsgebieten beigezeichnet. Den Hauptnachdruck legte ich auf die Morphologie der Gesteinsausbildungen und die sicher zu folgernden Geschehnisse während der Ablagerung, hiemit frühere Studien über die Gesteine des Muschelkalks und Gegenstände der allgemeinen Geologie fortsetzend.¹⁾ Mikroskopische und chemische Untersuchungen, welche letzteren Herr Landesgeologe A. SCHWAGER ausführte, mußten bei solchem Arbeitsplan in den Hintergrund treten. Die Literatur konnte nur, soweit sie mir bis Ende Mai 1909 zugänglich war, in Mitbenutzung gezogen werden. Die photographischen Aufnahmen auf Taf. IX und XI verdanke ich der Mühewaltung Herrn Dr. SCHUSTERS; die übrigen Tafeln habe ich bis auf Taf. III Fig. 1—3, Taf. VI Fig. 8, Taf. VII Fig. 3, Taf. VIII Fig. 1 (Dr. M. SCHUSTER del.) selbst gezeichnet.²⁾

I. Allgemeiner Teil.

(Profile und stratigraphische Erörterungen.)

Kap. 1. Die Untere Lettenkohle in der Umgebung von Würzburg.

Über die Verhältnisse dieses Formationsgliedens geben nördlich von Würzburg verschiedene Profile zwischen dem Unterdürrenbacher Steig und dem Lindleinsberg im Osten soweit Aufschluß, daß eine Grundlage für Späteres gelegt ist.

¹⁾ Geogn. Jahreshefte XIV 1901 und XV 1902.

²⁾ Die Herstellung der Tafeln einschließlich jener für die Behandlung des Buntsandsteins hat den Abschluß der Abhandlung, welcher von der Redaktion der Jahreshefte der gleiche Zeitpunkt des Erscheinens wie der sich ebenfalls mit den Gesteinen der Trias Unterfrankens beschäftigenden Abhandlung von H. FISCHER (Geogn. Jahreshefte XXI 1908) ursprünglich zugedacht war, etwas verzögert. Ich habe trotzdem nur im II. Teil die letztere wichtige Arbeit in die Erörterungen hereinziehen können.

Den höchsten Horizont der Unteren Lettenkohle enthält ein kleiner, wie es scheint, bei Wingertrudungen benützter Aufbruch, welcher in der BECKENKAMP'schen Karte,¹⁾ örtlich genau festgelegt, die nicht mehr gebräuchliche Bezeichnung „Weichselgarten“ hat; er ist im Text dazu S. 13 mit den Worten erledigt: „oben harte weißgraue Schiefer mit Anoplophora 0,40 m, darunter abwechselnd braune und grüne Schiefer, insgesamt 1,60 m. Der Anoplophoren-Sandstein liegt über den weißgrauen Schiefen auf den Feldern zwischen dem Schurf am „Weichselgarten“ und dem Rothkreuzhof“.

Dieser Schurf läßt nun folgende Schichten unterscheiden und zeigt bemerkenswerte Einzelheiten.

Zuoberst (0,1—0,2 m) graugrüne Schiefertone mit den hellweißlich grünen quarzitäen²⁾ Plattenschiefern 0,3 m, welche nach BECKENKAMP unter den Anoplophorasandsteinen liegen, was allerdings nicht sicher beobachtet werden kann. Nach einer 30 cm messenden Zwischenzone von Schiefertonen, einschließlich etwa 18 cm etwas sandiger Schiefer, folgt eine 10—15 cm starke Zone ockerigen Mulms, der sich als Folge der Zersetzung einer knolligen Lage von Sphärosiderit mit zahlreichen Schuppen- und Knochenfragmenten und einzelnen Linguliden leicht feststellen läßt; darunter folgen:

graue Schiefertone	0,40 m
ockerige, feinsandig-tonige Platten mit einzelnen Estherien	0,25 m

Die Ockerumwandlung des ursprünglichen Eisenkarbonatgehaltes findet hier bemerkenswerterweise senkrecht zur Schichtung statt und geht weder ins Hangende noch ins Liegende über (vgl. S. 3 und II. T. Kap. 7);

plattiger bis schieferiger grüngrauer Sandstein mit Anoplophoren; diese Bänke halte ich für die Fortsetzung, d. h. die Ursprungslage der seitlich und im Feld nach dem Rothkreuzhof liegenden Anoplophora-Sandsteinbrocken; ich fand in ihnen noch *Myophoria transversa* BORNEMANN; sie gehen nach unten ohne scharfe Grenze in Schiefertone über 0,20—0,40 m

hellgrüngraue Schiefertone, die in einer mittleren Lage außerordentlich reich sind an *Anoplophora lettica* und *Myophoria transversa* BORNEMANN, die zum Teil in sehr schönen Exemplaren zu gewinnen sind 0,50 m

Hiemit ist der Schurfaufschluß selbst beendet; auf dem Weg nach Osten, nach der Eintiefung des sogen. Rimpärer Steigs, erkennt man noch deutlich etwa 1 m tiefer, aber in etwas verstürzter Lagerung unter ockerig zersetzten Schiefen bzw. brockigen Bankfragmenten hellgraue bis dunkelbraungraue Bonebedkalkbänke; noch etwa 1,5 m tiefer folgen hellgraue quarzitive Schiefer; darunter liegt fast in der Sohle der Eintiefung der schwarze plattig-schieferige Glaukonitkalk, im ganzen vielleicht 9 m unter der Liegendbank des Schurfs.

Es ist für die Lokalität am Weichselgarten—Lindleinsberg nachzutragen, daß die Bonebedkalkbank mit den ihr beigeesellten Ockerkalkbänken auf Kosten der Schiefertone anschwillt und ziemlich nahe unterhalb ihres Auftretens ein kleiner Schurf schon die Semipartitusregion erkennen läßt.

Die tieferen Schichten der Lettenkohle zeigen: 1. ein Hohlweg östlich neben der Bismarcksäule, 2. ein solcher nordnordwestlich hinter ihr nach einer

¹⁾ Sitzungsber. d. Phys.-Med. Ges. z. Würzburg 1907.

²⁾ Vgl. SANDBERGER, Würzburger Naturw. Zeitschr. VI S. 198.

Geländeeintiefung südlich vom „Kreuzfeld“; beide Profile werden im folgenden kombiniert von unten nach oben gegeben:

die Basis bildet neben der Bismarcksäule ein Aufschluß mit den Mergelplatten der obersten Region der sogen. Ostrakodenschichten; darauf folgen: heller graue, zum Teil quarzitische Schieferplatten und dunklere Schiefertone, nahe deren Untergrenze bei 2. die hier nur vereinzelt Anoplophoren führende plattig-schieferige Glaukonitbank linsenartig auftritt . . . ca. 2 m
 graue, zu Blätterschiefer zerfallende Schiefertone mit einzelnen sphärosideritischen Einlagerungen ca. 2 m
 wechselnd starke, harte, dunkelgraue Kalkbank mit vereinzelt vertikalen Septarienrissen und eigentümlich hellen, feinporösen Flecken bzw. Lücken; hier *Myophoria Goldfussii* und eine schwache Bonebedauflagerung; es ist kein Zweifel, daß wir es hier mit einer faziell etwas verschiedenen Abänderung des oben erwähnten Bonebedkalkes zu tun haben . . . ca. 0,10 m
 wechselnd gehäufte, ockerig zersetzte Mergel (oben in drei Bänken erkenntlich) und Schiefertone 5,0 m
 schieferige, hellgraue quarzitische Platten mit vereinzelt Anoplophoren 0,40 m
 darüber Schiefertone, an der Basis mit knolligem Sphärosiderit und drusigen Kalkausscheidungen; stellenweise gehäuft erfüllt mit Estherien;
 darüber folgt der Sandstein, plattig-schiefrig mit Anoplophoren und *Myophoria transversa* (BORNEM.).

Die Bonebedkalkbank ist auf der anderen östlichen Seite des Rimplarer Steigs neben der Straße wohl aufgeschlossen, die Glaukonitbank i. e. S. nicht. Erstere besitzt eine nach unten mit undeutlicher oder völlig verwachsener Lagerungsgrenze abgesetzte Einschaltung eines dichten, reineren, zum Teil ostrakodenführenden Kalkes, zwischen zwei mürben kalkärmeren ockerigen Zonen; über und zum Teil unter diesem oft petrefaktenfreien, vereinzelt aber Muschelreste zeigenden Kalk liegt die Knochenansammlung, in der ich ganz vereinzelt *Myophoria Goldfussii* einsammelte. Der obere, ockerig zersetzte Mergelkalk ist fast frei von allen Einschlüssen, wie dies meist der Fall ist; es zeigen sich nur schmale Ostrakodenlagen. In sehr auffälliger Weise ist hier eine Erscheinung zu beobachten, welche wir schon in der tonigen Sandplatte vom Schurf am Weichselgarten erwähnten; die Zersetzung des primitiven Sphärosideritkalks zu Ockerkalk geht in Streifen durch die ganze Bank und zwar im ganzen fast senkrecht zur Bank vor sich (Taf. XI, Fig. 1, 2). Wenn ich sage, fast senkrecht, so sind doch dabei nicht nur leichte Ausbiegungen der Streifen nach der Seite vorhanden, sondern im Querschnitt auch leicht gewellt bis gelappt aussehende Unregelmäßigkeiten zu erwähnen, wie auch die Streifen an der Kalkeinschaltung oder dem Liegenden tangential, also nach der Horizontale ziemlich weit zurückbiegen; die „Durchsinterungsstreifen“, wie ich sie nennen möchte, sind im allgemeinen konkordant und bei der gelappten Entwicklung kann man sogar von fast konzentrischer Anordnung reden; das Wachstum einer Ausbiegung setzt nun eine ältere innere Ausbiegung voraus. Die Schicht spaltet sich natürlich nach den diesen Streifen entsprechenden Schalenflächen, die häufig nierenförmig-traubig, oft aber nur schwach konkav gestaltet sind und im allgemeinen senkrecht zur Schichtfläche ziehen. Manchmal erscheinen auch starke Zurückbiegungen der Streifen im Innern der Bank nach einem eine Fläche andeutenden Horizontalband, das dabei ohne die erwähnten Strukturanzeichen ist (II. Teil, Kap. 7).

Diese Strukturanzeichen sind sehr alt, da sie durch kleine haarscharfe Verwerfungsklüftchen offenbar großtektonischer Herkunft (vgl. die Nähe der Rimparer Steig-Störung) verworfen wurden und ihre Teilstücke wieder zu einem höchst einheitlichen Steinkörper verschweißt sind; es machen sich an dieser Stelle auch kleinere Schichtstauungen bemerkbar. Ich glaube daher, daß man es hier mit dem primären, später wieder ockerig zersetzten Absatz einer auch ganz sicher eisenkarbonatführenden und -umwandelnden Lösung zu tun hat.

Mit dieser Entwicklung der untersten Lettenkohlschichten stimmt auch die Profilfolge der ganzen nach Rimpar und Güntersleben sich erstreckenden Höhenzüge überein; z. B. ein Profil am südwestlichen Hang des Lerchenbergs bei Rimpar auf dem Steig nach Gadheim, zunächst des Gadheimer Tals.

Unter dem Lehm-Löß der Höhe erscheinen im Hohlweg zuerst grauschwarze Schiefer 0,8 m
 plattiger Sandstein mit Anoplophora 0,5 m
 graue Schiefer mit einzelnen Ockerplättchen und quarzitischen Einlagerungen ca. 4,0 m
 ockerige Knollenlage 0,4 m
 Haupt-Quarzitschieferplatten (weißgrauer Schiefer SANDBERGERS);
 schwarzgraue Schiefertone, hier und da mit ockerigen Knollen und Plättchen;
 Bonebedkalk (ohne Glaukonit) aus drei Teilen bestehend. Das Liegende bildet ein dichter mergeliger Kalk ohne Einschlüsse (ca. 5 cm), in welchen nierenförmig traubige Vorwachsungen als Umwandlung ursprünglich sphärosideritischer Beimengungen eindringen, darüber folgt ein reinerer Kalk mit vielen Petrefaktenresten und an der Basis mit vielen Knochenfragmenten in unregelmäßiger Anschwemmung zwischen 2 und 7 cm, darunter liegt wieder dichter mergeliger Kalk ohne Einschlüsse in linsenartigem Wachstum, die Unebenheit der Unterlage ausfüllend zwischen 8 und 5 cm;
 im ganzen ist die Bank mächtig ca. 0.18 m
 grauschwarze Schiefer 0,5 m
 dolomitisch aussehender, aber nur stellenweise und flaserzünftig ockerig verwitternder Kalk 0,05 m
 grauer, nach unten zum Teil feinsandiger, zum Teil quarzitischer gebundener Schiefer 1,00 m
 graue, feinblättrig zerfallende Schiefertone 0,5 m
 unter Ockerbänken, die sich dünnplattig zerschlagen, auch Knochenreste und Anoplophoren führender Glaukonitkalk unmittelbar auf Hauptmuschelkalk.

Bei Rimpar, südlich der Straße nach Güntersleben, unmittelbar bei der Kreuzung mit dem Lerchenberg-Höhenweg führen die Anoplophorensandsteine (ein nicht sehr treffender Name) massenhaft Knochen, Schuppen und Koprolithen.

Wie rasch wechselnd die Ablagerungsverhältnisse der tiefsten Lettenkohle sind, das beweist zum Vergleich mit den angeführten Aufschlüssen ein Steinbruch neben der Straße nach Estenfeld (Grainberg), O. von Würzburg (vgl. Taf. I Fig. 1).

1.) Unmittelbar unter dem Humus nach einer 10 cm messenden Schicht sphärosideritischer Plättchen mit Anoplophoren und mit 2,5 mm breiten, von dunklem Ton gebildeten „Fucoiden“ verzweigungen (vgl. unter 8 u. II. T. Kap. 35) graue,

1) Die nicht aufgeführten Ziffern kommen in anderen Profilen vor; die nicht bezifferten Bänke sind in diesem Profil gesonderte Schichtausbildungen.

- plattig-schieferige Mergel, nach unten lettig zersetzt mit Kopolithenfund; hier eine starke Ablagerungsdiskordanz 2,0 m
2. Wechsel von mürben, ockerig zersetzten Bänken, grauen Schiefen und drei dichten Bänken blauen Kalks, in der Anwitterung mit feiner Körnelung oder mit feinsten Anwachsstreifen; die unterste Kalkbank mit großen Knochenresten und Glaukonit. 0,25 m
- 3—4. schieferige bis gebankte, mürbe, sphärosideritische (ockerige) Mergel mit rauhem Kern, verbunden 0,25 m
6. im Liegenden mit sphärosideritischem Kalk 0,10 m
— mulmiger Glaukonitschiefer (G) 0,03—0,05 m
7. wechselnd schieferige und plattige ockerige Schichtchen, mit vereinzelt noch unzersetzt erhaltenem rauhem Kern. 0,30 m
8. dichter, raubbrechender, blauschwarzer Kalk mit Ostrakoden 0,05 m
grobflaserig angewitterter Anoplophorenkalk, an den Schichtflächen, wie alle diese Bänken, mit Knochen- und Schuppenfragmenten 0,15 m
schieferiges, feinsandiges Mittel mit Nagel- und Faserkalk 0,01 m
graues, sehr feinsandiges Kalkgestein mit Estherien und kohligen Resten, trotz scharfer Trennung aber fest verwachsen mit einem Anoplophoren, Knochen und Zähnen (*Acrodus*) führenden und fein kristallisierten, dunkelgrauen, festen Kalk, der wiederum durch Faserkalk mit halb ausgebildeter Tutenstruktur abgeschlossen ist 0,15—0,2 m
— feinschieferiges Mittel. 0,01 m
9. zu einer unteren Faserkalklage mit halb ausgebildeter Nagel- bzw. Dutenstruktur überleitend 0,1—0,04 m
darunter folgen noch die Ostrakodenschichten des oberen Muschelkalks (S. 8).

Von besonderem Interesse sind die hier auftretenden Faserkalklagen, die auch am Oberzellerberg mit dem Glaukonitkalk verbunden sind. Ein Aufschluß zwischen Würzburg und Heidingsfeld auf der Höhe des Thalbergs zeigt Taf. I Fig. 2 von oben bis unten:

1. grauer, schwarzer, blättriger Schiefer mit einzelnen festen Lagen (Kalkeinschaltungen), mit „Fucoiden“-Verzweigungen von 2—3 mm Breite und toniger Petrifikationsfüllung ca. 1 m
- 1a. sphärosideritische Kalke mit vertikalen Durchsinterungstreifen 0,30 m
2. sehr stark glaukonitischer mulmiger Schiefer, durch sphärosideritisches Kalkbänken mit zahlreichen Anoplophoren geteilt, im Hangenden und Liegenden ist Nagelkalk vorhanden 0,10 m
- 3—4. sphärosideritische Schichten mit Kalkgeoden mit Septarienrissen 0,40 m
6. Anoplophorenbank 0,10 m
7. tonige, sphärosideritische Dolomite (?), dünnplattig und schieferig 0,35 m
- 7—8. fossilreiche, ruppige Kalke mit einzelnen Petrefakten in Linsen und Kuchen 0,50 m
— dichte Mergelkuchen in gelbem dolomitisch-sphärosideritischem Schiefer; die Linsen durch Druck zerprengt 0,05 m
— mürber Ockerkalk 0,08 m
— dichter blauer Kalk 0,08 m
- 8—9. Kalkbank mit vielen undeutlichen Petrefaktenresten (Anoplophorenkalk) 0,10 m
10. darunter nochmals eine Nagelkalklage, welche fast unmittelbar auf den

gewölbt-gekrümmten, mit Blatterschiefer untermischten Kalkmergelkuchen und Linsenlagern der Ostrakodenregion (1,0 m) auflagert.

Es reihen sich diese Nagelkalkvorkommen an die von mir im Geognostischen Jahreshfte 1902 S. 176 aus der Lettenkohle Frankens erwähnten Vorkommen unter einem sogen. Drusendolomit, der wahrscheinlich identisch ist mit der oberen zelligen Kalkbank mit *Myophoria Goldfussii*, wie wir sie erwähnten, die z. B. im Profil an der Estenfelder Straße durch mehrfach wiederholte Bänkechen vertreten ist. Durch die geognostischen Vorbereitungsarbeiten des damaligen Berg- und Salinenpraktikanten H. DYCK ist auch aus dieser Grenzregion zwischen Muschelkalk und Lettenkohle aus dem Main-Stockheimer Wald ein schönes Stück Tutenmergel in die geognostische Sammlung gekommen.

SANDBERGER erwähnt in dem jetzt verschütteten Profil auf der Höhe des Steinbergs (l. c. 1892, S. 19) in der tiefsten Region des Bairdienkalks eine unterste Lage, aus stenglichem Anthrakonit gebildet, unter welchem Namen er (Geogn. Jahresh. 1891 S. 28) durch organische Substanz schwarzgefärbten Nagelkalk begreift (S. 7¹):

Das Hangende des Trigonoduskalks vom Wachtelberg bei Randersacker bilden (vgl. Taf. I Fig. 3a) folgende Lagen von oben nach unten:

1. dunkle Schiefertone	0,60 m
— graue, plattige, feinsandige Schichten	0,20 m
— dunkle Schiefertone	0,60 m
1a. ockerige Kalklage	0,10 m
— Glaukonitmullm	0,02 m
2. glaukonitischer Kalk, bestehend aus einer oberen Anoplophorenschicht	0,20 m
und aus zwei weiteren dichten Kalkbänken (6), an deren mittlerer Grenzfläche	
(3—4.) die Bonebedreste besonders zahlreich sind	0,20 m
7. mürbe, ockerige Schichten mit sehr feinkörnigen, dichten, sphärosideritischen	
Geodenknollen	0,30 m
8—9. drei dünne, reichlich Glaukonit und Knochenreste führende, stark kalkige	
Sandstein- bzw. sandige Kalksteinplättchen von 1—2 cm in Schiefen	0,15 m
10. undeutlich geschichteter, oft mürber, ockeriger Kalkmergel	0,40 m
darunter folgt die obere Trigonodusbank (vgl. S. 10 Nr. 11).	

Hier fehlen Nagelkalke ganz; es ist aber das Profil fast deckend mit jenem an der Neumühle, nördlich von der Estenfelder Straße bei Würzburg und im wesentlichen gleich jenem vom Thalberg, südlich von Würzburg. Es wird dies deswegen betont, weil SANDBERGER (1892, S. 17) in seinem Profil am Hohenberg bei Randersacker zur Lettenkohle noch zwei Lagen, 6 und 7, rechnet, welche dem Muschelkalk zuzuzählen sind (vgl. hierzu auch die Erörterung im nächsten Kapitel).

Kap. 2. Übersicht über die Profile der unteren Lettenkohle.

Unter Einbeziehung der S. 15 in den Profilen des Trigonoduskalks bei Kirchheim von M. SCHUSTER gegebenen Lettenkohlen-Schichtfolgen läßt sich im allgemeinen feststellen,¹⁾ daß 1. der Glaukonit hier in verschiedenen Horizonten vorkommt, zu-

¹⁾ Im besonderen sei darauf aufmerksam gemacht, daß im Profil Fig. 2 Taf. III die Schicht 6, der Anoplophorenkalk zum Teil auf Kosten der liegenden ockerigen Schichten etc. (7—10) anschwillt und diese Schichten selbst verschwinden. Im Profil scheinen 7, 8 und 9 wieder vorhanden zu sein, während 10 sicher fehlt. Es mögen hier Abtragungen wirksam gewesen sein, wie die Schicht 6 ja auch nach Profil Fig. 3 in diskordanter Anlagerung die Unterlage beschneidet.

gleich aber in den reineren Kalken seltener auftritt, dagegen mehr da, wo sich zum Teil feinsandige Quarzbeimengungen, zum Teil auch stärkerer Eisengehalt zeigen, zugleich hiermit aber auch Knochenreste häufiger sind. 2. Anoplophoren kommen in allen angeführten Gesteinen vor, am seltensten in jenen weißgrauen, sehr feinsandigen, plattigen Schiefen, welche mit Säuren nicht brausen und rein quarzitisches gebunden sind, s. S. 2²); aber auch in diesen Schiefen können sie stellenweise in feinen Zwischenlagen häufig sein. 3. Knochenreste sind hauptsächlich in zwei Kalkbänken gehäuft, jedoch kommen sie (größere!) auch in sandigen, glaukonitischen Lagen, sowie sehr häufig in den eisenreichen Mergelkalken, besonders an tonigen Schichtflächen gehäuft vor. 4. Reiner Kalk und meist ockeriger Mergelkalk sind auf zwei Horizonte beschränkt, von denen der obere öfter und zahlreichere Reste von Vertebraten, der untere öfter und gehäuftere Schalenreste einschließt. 5. Quarzbeimengungen können in beiden Kalkhorizonten auftreten, den Kalk sogar zurückdrängen. 6. Die oben kurz erwähnten, quarzitisches gebundenen Schiefer kommen in der Unteren Lettenkohle der Umgebung von Würzburg in verschiedener Profilhöhe vor, hauptsächlich aber an deren oberer Grenze; hie und da scheinen sie durch schwache, etwas weniger feinsandige Lager unterbrochen zu sein; außer selteneren Anoplophoren kommen in diesen Lagen nur fucoidenartige Einschlüsse als die Lagerung oft senkrecht durchquerende Körper vor. 7. Ockerschichten, im allgemeinen Zersetzungsresiduen sphärosideritisch-dolomitischer Mergel von leichter Durchdringbarkeit, oft Schiefertone ersetzend und durchsetzend, sind meist völlig frei von organischen Einschlüssen, nur scheint ihre schon sehr früh begonnene Umwandlung durch das gelegentliche Auftreten von Septarien gekennzeichnet zu sein (II. Kap. 1). 8. Fucoidenartige Verzweigungen, stets von anderer Substanz als das umgebende Gestein, kommen in verschiedener Höhe allerdings selten vor (vgl. auch SANDBERGER l. c. 1892, S. 20, Nr. 15). 9. Nagelkalkartige Bildungen¹⁾ in zweiseitigem Auftreten an der Ober- und Unterfläche eines Kalklagers oder einer tonigen Bank, mit Wachstum nach oben und unten, kommen zunächst der Untergrenze der Lettenkohle vor und beweisen den Durchzug von Karbonatlösungen nach Absatz der betreffenden Schichten und ihres Hangenden; davon sei ausdrücklich ausgenommen jene quergefaserte Kalksintereinschaltung, welche als sehr späte Lösungsausscheidung an aufgeblätterter oder vorher durch Lösungsvorgänge erweiterter Schichtfuge, stets leicht schon durch ihre zu stalaktitischen Bildungen neigende Oberfläche erkenntlich ist.

Kap. 3. Die oberste Region des Hauptmuschelkalks.

(Ostrakodenschiefer, Semipartitusschichten und Trigonoduskalk).

Es ist bekannt, daß insbesondere SANDBERGER bezüglich der obersten Region des Hauptmuschelkalks in der Umgegend von Würzburg eine interessante Facies-

¹⁾ SANDBERGER nennt diese Nagelkalkbildungen Anthrakonit (vgl. oben S. 6). Diese Wendung des Begriffs ist aber der Schöpfung des Namens wohl fremd gewesen; nach den Originalen, auf welche dieser Name vorzugsweise bezogen wird, Anthrakonit von Abtenau und Rußbachtal im Salzburgischen, die ich (vgl. Geogn. Jahresh. 1902 S. 268) in der Hand gehabt habe, handelt es sich um zum Teil stengelig z. T. fiederig verzweigte Kalzitkristallisationen, wie sie als primäre Entstehungen in weicheren Mergeln oder Letten nicht selten sind; das Charakteristische ist bloß ihre stark dunkle Färbung durch beigemischte organische Substanz. Die Endigung „konit“ bezieht sich also nicht auf die Kegel- oder Tutenform der Kristallisation, sondern ist gebildet durch den Genitiv von Anthrax und das Suffix „it“; ich habe für letzteres den gleichwertigen Wortstamm „lith“ gebraucht und betone besonders, daß der Anthrakolith weder mit dem Nagelkalk, noch den Landschaftenkalken etwas zu tun hat. QUENSTEDT nennt unter Anthrakonit schwarze krummschalige spätige Kalkmassen von glaskopfähnllicher Form der freien Oberfläche.

grenze festgestellt hat: in einem nördlichen Bezirk ist das Verbreitungsgebiet der sogen. Ostrakodenschichten, in einem südlichen jenes der Trigonoduskalke. Beide Schichtgruppen folgen unter den annähernd gleichartig entwickelten Lagen der Unteren Lettenkohle mit Nagelkalk und schieferiger Glaukonitansammlung, in ganz geringer Vertikalentfernung von dem eigentlichen Bonebedkalk und unmittelbar unter der höchst charakteristischen, meist schwarzen, beim Schlag schieferig-dünnplattig zerfallenden Kalkbank mit zahllosen Anoplophoren, welche Bank besonders im Feld eine scharfe Abgrenzung ermöglicht. In diesen Schichten zeigt sich keine Faziessecheidung.

Der Name Ostrakodenschichten gründet sich darauf, daß in diesen versteinungsarmen Schichten über der Semipartitusregion neben den Resten einer marinen Fauna zuerst an einigen, leider in der Umgegend von Würzburg nicht mehr gut¹⁾ zugänglichen Stellen, zahlreichere Ostrakoden vorkommen, welche dann in der unteren Lettenkohle häufiger sind. Die Übergangsbildung ist interessant. Auf der Höhe des Steinbergs (SANDBERGER l. c. 1892, S. 19) fand ich einen kleinknolligen Geschiebekalk, dessen stark ockeriges Bindemittel Brachiopodenfragmente und crinoidenstrotzende Lagen enthielt. Am Rothkreuzhof wurde aus den obersten Schichten ein zum Teil etwas verwetztes Fragment eines Steinkerns von *Cer. semipartitus* ausgehoben, über und über bedeckt mit *Placun. subanomia*, im anhängenden ockerigen Mergel zahlreiche Vertebratenfragmente führend (vgl. SANDBERGER 1892, S. 16, Schicht 8 und 9). Andere Funde weisen auf gewisse Zerstörung des Untergrundes in dieser Übergangszeit im Ablagerungsbereich der Ostrakodenschichten hin.

Ganz abgesehen von der Mischfauna ist der hier zu betrachtende Komplex eindeutig gekennzeichnet durch seine stratigraphische Einschaltung zwischen die Schichten der Unteren Lettenkohle nach obiger Definition und jene der Semipartitusregion (vgl. S. 14 und 21).

Wir betrachten einige Detailprofile, welche eine geschlossene Schichtenreihe unter der Lettenkohle erkennen lassen.

I. Das Profil des Steinbruchs nördlich der Estenfelderstraße (Grainberg.)

Die hangenden Schichten, die Untere Lettenkohle, wurde schon oben (S. 4) genau besprochen; an sie schließen sich nach unten an (Taf. I Fig. 1):

- | | |
|---|--------|
| 10. graues, gelblich verwitterndes, sphärosideritisch-dolomitisches Gestein mit „Durchsinterungstreifen“ (vgl. S. 3) | 0,04 m |
| — mürber, gelber Mergel | 0,09 m |
| 11. feinblättriger Schiefer mit den linsen- und kuchenartigen Körpern vom typischen Charakter des Hauptmuschelkalks, in Aufwölbungen, die vor Entstehung des Hangenden schon vorhanden gewesen und in ihren höchsten Erhebungsgipfeln ausgeebnet zu sein scheinen; Schiefer mehr oder weniger ockerig gesetzt. Nach unten sind die Kalklagen wieder gestreckt | 1,0 m |
| 12. graugrüne, meist ebenflächige, fast plattige Schiefer mit ockerigen Einschaltungen | 0,75 m |
| 13. Mergelkalkbänkchen, doch ohne Petrefakten | 0,08 m |
| 14. Schiefer, wie vorher mit massenhaften Ostrakoden und einzelnen Estherien | 0,15 m |
| 13. Mergelkalkbänkchen wie vorher | 0,05 m |

¹⁾ Dafür werden mehrere andere instruktive Vorkommen im Nachfolgenden erwähnt werden.

14. Schiefer mit 2—3 cm starken, auskeilenden mergeligen Kalkbänken 0,45 m
 — Schiefer wie vorher 0,75 m
 15 + 16. Petrefaktenführender Kalk (Gervillien sind an der Schichtfläche) 0,30 m

Im Innern der oberen Hälfte dieser Bank zeigt sich die große *Coen. vulgaris* in einzelnen Exemplaren und mit ihr *Myoph. pes anseris*; die untere fossilfreie Hälfte dichten Kalkes ist von der oberen getrennt durch eine schmale ockerige Zone, in welcher neben Crinoidengliederchen und Schalenfragmenten reichliche Knochenrestchen vorkommen. Bis auf den Einschluß der *Coenolth. vulg.* stimmt diese Bank mit der von SANDB. (1892 S. 197) beschriebenen des verschütteten Profils von Rottendorf 2. Das Bonebed ist in dieser Lage ziemlich verbreitet und entspricht auch dem oben erwähnten Vorkommen mit *Cer. semipartitus*, der jedenfalls in der Unterlage seine nächste primäre Lagerstätte hatte. In der Umgegend von Hettstadt ist diese Bonebed-Ockerlage unmittelbar unter der Lettenkohle mit *Cer. semipart.* sehr verbreitet.

Hinzuzufügen wäre noch, daß in obiger Bank am Grainberg in dem Bonebed abgerollte und nicht abgerollte Kalkgeschiebe, von verschiedener Beschaffenheit als das Hangende und Liegende, zerstreut vorkommen (vgl. oben den Steinbergfund S. 8).

- Schiefer wie oben, mit Mergelkalklinsen mit vereinzelt *Coen. vulgaris* 0,50 m
 17. Schiefer mit einigen Petrefakten (Gervillien und Fischschuppen) führenden Kalkbänken 0,80 m
 18a. dichter, glatt brechender Kalk ohne Petrefakten mit netzförmiger Zeichnung durch breite ockerige Bänderung; unten eine Petrefaktenlage . . . 0,20 m
 Schiefer mit plattigen Kalkkuchen (zum Teil Septarien mit Baryt) . . . 0,25 m
 18b. Kalkbank wie vorher, zum Teil höchst feinkörnig, dicht und ohne Petrefakten, jedoch unten mit einem schmalen Band kleiner fragmentärer Einschlüsse; an der Basis eine Lage mit Terebratelfragmenten 0,25 m
 — stark tonige Mergelplatten 0,18 m
 19. ruppige, knollig gelagerte Kalke der unteren *Ceratites semipartitus*-Region;
 20. Mergelplatten, stark tonig, aufgeschlossen ca. 1,5 m

Zum Vergleich mit der obersten Region dieser Schichtenreihe sei auch das Profil Taf. I Fig. 2 herbeigezogen; es zeigt unmittelbar unter der Nagelkalklage:

11. gewellte Kalkmergelplatten, deren Vertiefungen von oben her mit ockerigem Mergelmulm ausgefüllt sind; die Mergelplatten sind dicht gepackt und lassen vereinzelte Schubtrichter erkennen, welche ebenso vor Ablagerung des Hangenden durch Schiefertone ausgefüllt sind 0,30 m
 12. Schiefertone mit mehr oder weniger gewellten und in Länge aushaltenden Kuchenplatten, nach unten (13) mehr in einzelne Kuchen und Linsen aufgelöst 0,90 m
 15. Beginn einer dichten Kalkbank mit netzförmiger Zeichnung ockeriger Bänder, wie im obigen Profil (unter 18) erwähnt.

Wenn man mit diesen Profilen jene SANDBERGERS 1892, S. 16, S. 19 und 20, vergleicht, so findet man, daß die wellenförmig gebogene, aschgraue Mergelkalkbank unter der unteren Anoplophorenbank der Unteren Lettenkohle eine große Verbreitung hat und daß ihr eine Wichtigkeit beigelegt werden muß, welche durch die Betrachtung der Trigonoduskalk-Profile noch erhöht wird.

Ich bemerke hier noch, daß ich nördlich und westlich von Würzburg, unmittelbar mit dem ersten Auftreten dieser knolligen, welligen Kalke unter der Anoplophoren-

bank (jedenfalls über der Semipartitusregion) eine Gesteinsplatte fand, welche zum Teil in großer Menge eine Riesenabart der *Coenoth. vulgaris* enthält (z. B. Zeller-Ranken—Pulvermagazin, westlich vom Schenkenschloß). Auf diese Bank kommt auch ZELGER 1867 in der Schilderung des Verbreitungsgebietes des Trigonodusdolomits zurück; sie hat, wie wir unten sehen werden, in der Tat eine große Wichtigkeit.

II. Der Trigonoduskalk in der Umgebung von Würzburg.

1. Profil bei Randersacker, Taf. I, Fig. 3b.

Die hangende Untere Lettenkohle in Fig. 3a ist S. 6 behandelt; unmittelbar unter den dort besprochenen, mürben, ockerig zersetzten Sphärosideritkalken folgt eine Kalkentwicklung von fast 0,8 m, die aus mehreren Teilschichten besteht.

- 11 a. feinkörnig diskordant struierter, fossilfreier Kalk; ca. 12 cm
- b. fossilführende Lage mit *Anoplophora* etc. in unregelmäßiger Grenzlinie gegen das Liegende abgesetzt, ca. 15 cm
- c. das aus ähnlichem Kalk besteht, aber große Septarien einschließt, welche sich in ockerige Zwischenbänder einreihen, ca. 21 cm

Der gesamte Kalk dieser Bank (besonders der petrefaktenführende Teil) ähnelt sehr dem Kalk der oberen Region des tieferen eigentlichen Trigonoduskalks, hat in dunkelbraungrauer Färbung, besonders wo er weniger feinkrümelige Fossilfragmente führt, unscharf begrenzte graue Flecken, welche aus reinerer detritusfreier und leichter verwittbarer Substanz bestehen, deren Hauptmasse eben die Septarien zusammensetzt; die ockerigen Bänder sind scharf abgesetzt und durch ihre völlige Armut an Fossileinschlüssen als Ablagerungswechsel gekennzeichnet.

- 11—12. Schicht mit unregelmäßiger Lagerung des Zuwachsstreifen, welche auskeilende, wellig gebogene dichtere Kalkmergel erkennen läßt . . ca. 18 cm
- 12—13. Schiefertonen mit Linsen und Kuchen sind wellig gebogene Schichtplatten von Kalkmergel eingeschlossen; die Linsen sind, soweit sie nach oben konvexe Formung haben, durch Druck an der konkaven Unterseite gesprengt ca. 85 cm
- 15—16. An einer deutlichen Grenzfläche gegen unten zeigt sich eine Kalkmergelplatte, unterlagert von einer unregelmäßig in die Schieferunterlage eingesenkten fossilführenden Bank, welche Brachiopodenfragmente erkennen läßt ca. 3 cm
- 17. Schiefertone, oben horizontal gelagert, unten allmählich in schwach wellige Lagerung übergehend. Hier zeigen sich in der Basis wellig gebogene Kalkmergel in Platten und auskeilenden Kuchen (vgl. Fig. 3d u. II Kap. 2) ca. 125 cm
- 18. Trigonoduskalk.

- a. Er ist hier eingeleitet durch eine sehr merkwürdige Lage ziemlich reinen, hellgrauen, fossilfreien Kalks nach Art des Septarienkalks, welcher in auffälliger Weise in queren Abständen von 35—50 cm zu Falten von ca. 15 cm Höhe und 25 cm basaler Breite aufgeworfen wurde: an den Stellen stärkster Krümmung gehen 2—3 cm breite und tiefe Risse in das Gestein (von unten und oben her); das Bild dieser aufgewellten Oberfläche mit den Rissen zeigt Taf. II Fig. 2 von einer Fläche von ca. 4,5 qm. Von oben her ist die Schicht scharf abgetrennt und bedeckt durch einen graugelb, ockerig gefärbten, in seiner Lagerung nicht mehr sehr deutlichen, auch etwas zersetzten Mergel. Nach unten ist die Schicht zwar eng mit dem Trigonoduskalk verwachsen, zeigt aber unter einer scharfen Grenzfläche eine Trennungszone von schwach gelblichem Gestein, das nach den Firsten der Falten zu an Stärke zunimmt, also wie zusammengeschoben aussieht; Spuren eines solchen Schubs habe ich

nirgends gesehen; sie mögen verwachsen sein und können nicht erwartet werden. Von Wichtigkeit ist auch das Auftreten von Septarien, die sich einerseits eng an den Faltenkalk von oben und unten her anschmiegen, andererseits als Kerne inmitten der erwähnten Mergel und des ockerigen Kalkes auftreten. An einzelnen Stellen ist dieser letztere auch nach unten durch eine Schichtfuge (Zersprengungsfuge?) abgetrennt, was auch seinen Einschlüssen und seinem Körper entspricht; erstere bestehen fast lediglich aus Knochenrestchen (makroskopisch). Der Körper ist fein kristallisierter Kalk, in welchem an vielen Stellen ziemlich große Butzen von Zinkblende und kleine Körnchen von Kupferkies zu erkennen sind ca. 30 cm

- b. Der eigentliche Trigonoduskalk ist in seiner oberen Abteilung von dem Kalkkörper der Schicht 11 nicht verschieden; es ist ein dunkelbraungrauer Kalk mit kleineren grauen Flecken fossilfreier Einschlüsse nach Art des Septarienkalks. Eigenartig sind die schmalen, oft horizontal geordneten Züge ockerigen Materials, welche weniger dicht sind und etwas größeres Kristallkorn haben, an Schalenresten ärmer sind, dagegen hie und da Knochenreste führen und sich, abgesehen auch von ihrer Begrenzung, als ursprüngliche Absatzwechsel zu erkennen geben. Auffällig sind dabei quere, fast vertikale Kommunikationen, welche indessen auch auf sedimentäre Vorgänge (Böschungsbewegungen s. II, 10) zurückgeführt werden können. Gegen unten wird der Kalk größer und heller, die Einschaltungen verlieren sich, das Kristallkorn des marmorartig umkristallisierten Schalengemenges und der kalzitischen Lückenfüllungen wird größer, die Lumachelle tritt trotz ihrer Umwandlungen stärker hervor. Eine Fuge teilt den Gesteinskörper; es ist fraglich, ob es nicht eine Zersprengungsfuge mit Auslaugungsrückstand ist; zu regelmäßigen Styloolithenbildungen¹⁾ kommt es bei dieser Gesteinsstruktur nicht. ca. 2,50 cm

SANDBERGER hat 1892, S. 17 ein ähnliches Profil vom Hohenberg bei Randersacker kurz besonders bezüglich der gesammelten Petrefakten skizziert; er erwähnt dabei einen oberen versteinungsleeren Kalk; dieser scheint dann lokal aufzutreten, wenn die Masse der erwähnten helleren Butzen sich überwiegend ansammelt; außerdem geht aus seinem Profil hervor, daß da, wo in unserer Zeichnung die schichtige Ansammlung von Petrefakten verdeutlicht ist, eine Lage mit *Myoph. pes anseris* und *Coenoth. vulgaris* festzustellen war.²⁾ Wie schon oben S. 6 bemerkt ist, ziehe ich noch 6 und 7 dieses SANDBERGER'schen Profiles zu dem Muschelkalk; SANDBERGER hat einerseits keine Kennzeichen angeführt, welche zwingen würden, diese Lagen zu der Lettenkohle zu rechnen; andererseits läßt sich die Lettenkohle nach dem gegebenen Profilvergleich mit der Lage 8 (SANDBERGER) abschließen und erscheinen 5 und 6 von selbst mit den obersten Lagen des Muschelkalks identisch.

Endlich sei auch nochmals auf die auffallende Gesteinsähnlichkeit der Lage 11 unseres Profils mit dem obersten Trigonoduskalk hingewiesen, sowie auch darauf hin, daß SANDBERGER am Grainbergprofil in dem obersten Kalk 10 *Myophoria Goldfussii* und *Anoplophora brevis* anführt.

¹⁾ Bei dichterem Gefüge sind dagegen auch im Trigonoduskalk die Bedingungen zur Styloolithenbildung in reichlicherem Maße gegeben. Dabei ist zu beachten, ob die Schalenauslaugung den Kalk nicht noch nach Bildung der Styloolithen porös-lückig gemacht haben kann.

²⁾ In der unteren Bausteinbank erwähnt schon SANDBERGER (Würzb. Naturw. Zeitschr. Bd. VI 1866 S. 178) hier und da Hornsteinknauer, wie auch anderwärts Verkiesselungen häufig sind.

Ein weiteres Argument scheint mir darin zu liegen, daß dieser obere Kalk, den ich als oberen Trigonoduskalk bezeichnen möchte, sich unter Einschaltung von Schiefertonen in die angedeuteten Grenzugen in eine Anzahl weniger Fossilienfragmente führender bis fossilfreier Mergelkalke auflöst, welche völlig den Typus jener kuchenartigen Mergelkalke der Ostrakodenschichten besitzen. Diese Orientierung geht auch aus dem Vergleich der noch später mitgeteilten Profile als zutreffend hervor.

In Fig. 3d ist eine etwas vergrößerte Darstellung der obersten Grenzzone des Trigonoduskalks gegeben; sie zeigt ein gehäuftes Auftreten von Kalkmergelbänken in den Schiefertonen über der Faltschicht; die Masse ist gefaltet, aber ohne Risse, es ist aber auch das Maß der Fältelung nicht so stark; es zeigt sich eine abflauende Anpassung an die starken Falten des Liegenden, aber keine Kongruenz der Firste und Kehrfirste; die Wellung hat auch das freie, durch Schiefertone ausgeschaltete Ende der obersten gewellten Schicht dieser Mergelkalke ergriffen.

2. Profil bei Rottendorf.

Ein weiteres Profil durch den Trigonoduskalk ist das in Fig. 1 Taf. II dargestellte von Rottendorf, SSW. vom Dorf, N. der Bahnlinie; es ist wichtig wegen der Nähe der Faziesgrenze, da das nächste Profil, das SANDBERGER von der Umgegend von Rottendorf mitteilt (l. c. S. 20), ungefähr gerade so weit, ca. 8 km, nach NO. gelegen ist, wie das von mir oben beschriebene nach WNW. und an beiden, also ungefähr in einer ONO.—WSW.-Linie schon der Trigonoduskalk als solcher fehlt; von dieser Linie schon wäre der Anschluß von Rottendorf in rechtwinkeligem Abstand etwa 2,5 km entfernt, wobei indessen zu bedenken ist, daß die Faziesgrenze im ganzen hier mehr in NO.—SW. verlaufen dürfte, der Punkt Rottendorf ihr also noch viel näher liegen könnte. Das Profil beginnt mit Schiefen, welche wohl noch der Lettenkohle zugerechnet werden müssen, eventuell der obersten Lage der typischen Muschelkalkfazies angehören.

- 11 bezeichnet eine dreigeteilte Kalkbank mit Petrefakten, in deren Fugen sich Schiefertone auf Kosten der Kalkentwicklung und sogar der Versteinerungsführung einschalten; die Auflösung führt auch zur Linsenplattenbildung; Gesteinstypus wie von 18 A (unten). 0,20 m
- 12 und 13. Schiefertone, nach unten mit sich anhäufenden Linsenplatten und Kuchenplatten in schwachen Aufwölbungen 0,75 m
- 15—16. Fossilfreie Ockermergel-Bank mit eingeschalteten Septarien, aus vier bis fünf Teilbänken bestehend 0,35 m
- 16—17. Schiefertone, nach unten mit einzelnen dünneren Mergelkalkplatten und Kuchen, welche wellige Biegungen zeigen, die in den Tonen nach oben allmählich ausgeglichen erscheinen; stellenweise liegt eng der Unterlage angepaßt eine ca. 1,8 m dicke Mergelbank mit breiten ockerigen Einschaltungen und fossilführenden Schmitzen; erstere führen Fischschuppen; der dichte Kalk ist zum Teil Septarien-artig zersprengt, wobei die Sprünge sich auch in die Fossilkalke fortsetzen; in einem der die Masse durchsetzenden Sprünge fand ich Kupferkies und Kupferpecherz ca. 1,30 m
18. Der darunter folgende Trigonoduskalk bildet zwar noch eine dichte Packung mächtiger Quaderkalke, zeigt aber eine Differenzierung, welche als Beginn einer Auflösung betrachtet werden könnte.
- A. Die oberste, etwa 0,60 m mächtige, Septarien führende Bank besteht aus einem dunkelbraungrauen Kalk, der reichlich Schalenreste führt und von ockerigen,

viel weniger Schalenfragment-reichen, netzförmig verteilten, aber hauptsächlich horizontal verbreiteten Bändern durchzogen ist; die ockerigen Bänder führen in hervorragendem Maße Knochenrestchen, die in den übrigen schalenreicheren Partien ganz fehlen. An der oberen Grenze und in der Mitte ungleichmäßig verteilt zeigen sich Septarien von außerordentlicher Größe und Dicke aus einem völlig Schalenfragment-freien, wenn auch an feinem, gleichmäßigem, tonigem Rückstand nicht armen Kalk; die Auskleidung der Reißspalten besorgt Kalkspat und ockerig zersetzter Eisenspat, wie auch Ockermulm die Hohlräume hie und da füllt. Die Septarien stoßen auch da im Innern des Fragmentkalks oft mit steilen Flächen aneinander; die Unterseite sieht meist wie eine Anpassungsfläche an den Untergrund aus, die Oberseite hat offenbar selbständigere Wachstumswölbung. Auffällig ist an mehreren Stellen oberhalb der Septarien ein sich an dessen Umrisse anschließendes Verdichtungsband des Gesteins, das lediglich durch eine Verstärkung der kalkigen Bindung hervorgebracht scheint. Auch in der obersten Grenzlage der Septarien ist die Anpassung an den Untergrund maßgebend, während die Oberseite frei wachsend scheint; auch da, wo die Septarien die Oberkante der Bank nicht selbst bilden, sind doch ihre Wölbungen für die Ausbiegungen der Oberkante maßgebend.

Die feine Substanz der Septarien findet sich übrigens in zahlreichen kleinfleckig eingeschalteten Partien in gleicher Art vor wie in der Bank 11 und in noch viel größerem Maße in den erwähnten entsprechenden Bänken 11 und 18 des Profils von Randersacker.

Die untere Begrenzung der Bank wird durch Schiefertone gebildet, aber auch — ein Beweis wechselnder Vorgänge an dieser Fläche — nach Abtragung der Schiefertone durch feinstreifig zu Ockermergel verwandelten tonigen Sphärosideritkalk, beides in unregelmäßigen Aufbiegungen bzw. Abtragungsrelikten. Die Schiefer führen massenhaft Ostrakoden . ca. 0,60 m

- B. Die nächste fast gleich starke Teilbank zeigt zuoberst einen meist feinkörnigen, Detritus führenden, diskordant struierten, an gewissen Stellen aber etwas mehr Schalen aufhäufenden Kalk von ca. 8 cm; hie und da zeigen sich Septarienartige Differenzierungen mit typischen Rissen.¹⁾ Die Hauptmasse der Bank wird wieder gebildet wie oben; in zwei Zonen zeigen sich aber die feinkörnigen bis dichten blaugrauen bis braunblaugrauen Einnengungen von Kalk inmitten der Schalen führenden ockerigen Züge sehr viel häufiger und stärker angewachsen, ohne daß es stets zur Septarienbildung gekommen wäre; die Einschaltungen bestehen oft aus einem dichten blauen Kalk mit einem Hof unregelmäßig verteilter Beimengungen gelbgrauen lichten Kalkes; ein kleiner Unterschied besteht zwischen der oberen und unteren Zone. Die ockerigen Zwischenbänder sind mehr horizontal gestreckt. Abgeschlossen wird diese Teilbank durch eine Einschaltung von Schiefen und an Detritus reichen Kalkzügen, unternetzt von flaserig verteiltem dichtem Kalk. 0,85 m
- C. Die dritte Bank zeigt die oben erwähnten Teilbildungen nicht, sonst ist die Grundmasse der Schicht die gleiche; die ockerigen Beimengungen sind unregelmäßiger verteilt und geringer. An der Untergrenze der Bank zeigt sich

¹⁾ Kleinere Zersprengungen durch Septarien und in deren Umgebung haben hier dazu geführt, daß sie von oben her durch breitköpfige Styloolithenbildungen typisch ausgenagt wurden.

- eine grünliche Schieferereinschaltung, deren kantig-stengelige, knotige und wulstige Oberflächen-Gestaltungen die Kalkbank abgedrückt hat . . . 0,50 m
- D. wie C. Die Untergrenze ist gebildet durch eine schmale Zone dichten Kalkes mit wenigen Petrefaktenfragmenten und unregelmäßigen Einschaltungen ockeriger Mulmfüllungen in Bohrröhren-artigen Taschen 0,60 m
- Das Liegende ist gebildet von Schiefertönen mit Mergelkalklinsen.

Taf. II Fig. 1a stellt einen anderen Abschnitt der Schichtgrenzzone 17, 18 dar, woselbst noch eine stärkere Entfaltung von Kalkmergelbänken mit selbständig gesteigerten Wellungen zu beobachten ist. Taf. I Fig. 4 zeigt die netzförmige Verteilung von Fossilkalk und ockerigen Zwischenbildungen von 18A in schiefem Querschnitt.

3. Profil der Trigonoduskalkbrüche bei Sommerhausen.

Das Hangendste der Brüche, sowie das durch die mächtige Kalkentwicklung hier bezeichnete Plateau ist in weitem Umkreis gebildet durch einen

11. Hangenden Komplex von 3—4 eng zusammengepackten Kalkbänken von ca. 15 cm, welche in der Basis einen dichten Kalk, im Hangenden einen fossilführenden Kalk erkennen lassen, von welchen sich in ersteren mit Ockerkalk erfüllte Bohrröhren einsenken 0,40 m
12. Hellgraue, etwas ockerige Mergelschiefer mit Kalkmergelkuchen . . . 0,40 m
13. Bänken mit *Pecten discites*, *Placunopsis ostracina*, *Modiola* cf. *triquetra* . . . 0,05 m
14. Hellgraue Mergelschiefer mit Kalkmergellinsen 0,18 m
15. Unten durch zwei stärkere Fugen, oben durch unregelmäßigere Horizontalklüfte zerteilter, dunkel blaubrauner, geflasarter oder gefleckter Kalk nach Art der Rottendorfer Fazies des Trigonoduskalks, mit massenhaft gehäuften *Coenothyris vulgaris* (große Form); nach oben einige Lagen mit zertrümmerten Terebratelschälchen 1,00 m
16. Hellgrauer, knotig-knolliger Kalk mit quer netzförmiger Verteilung von Ockerkalk (Ockeranastomosen); hier besonders *Coenothyris vulgaris* in größeren Exemplaren, *Hoernesia socialis* und *Ceratites semipartitus*; von dieser Bank gehen nach der tieferen Bohrröhren aus 0,20 m
- 16a. Fast dichter, fein gelagerter Fragmentkalk, zum Teil wie 15 mit geschiebeartigen Einschlüssen und mit *Cer. semipartitus* 0,10 m
17. Wie 16, jedoch ohne die bezeichnenden Petrefakten 0,15 m
18. Durch eine Anzahl unregelmäßig bis 3 cm anschwellender Schiefertonzwischenlagen zerteilter, im Habitus einheitlicher, dunkelbraungrauer Kalk mit ockerigen Fasern und Längszügen wie die obere Schicht des Rottendorfer Bausteins; der dunkle fossilführende Kalk ist durch etwas helle einschlußfreie Flecken gesprenkelt; an einzelnen Fugen zeigen sich Bohrlöcher mit ockeriger Füllung; in einzelnen Fugen reichlich Vertebratenresten 1,00 m
- Schiefertone mit kalkigen Plättchen 0,20 m
- 18a. Sehr dichter Kalk mit ockerig-spätig umgewandelten Schalen und kleinen ockerigen, der Sedimentation angehörigen fleckigen Partien 1,20 m
- 18a—b. Blaugrauer, feine Fossilreste führender Kalk in sehr unregelmäßig netzartiger Verteilung von breiten, weniger reichlich Schalen, als Schuppen und Zähnen führenden breiteren Zügen ockerigen Mergels durchsetzt; der erwähnte Kalk ist selbst sehr arm an Eisenkarbonat, und die Art der Verquirlung und

- Drehung der Fossilfragmentzüge mit eingestreuten und ebenso gerichteten ovoiden Kalkkörperchen in großer Anzahl, beweist, daß man es hier mit einem umgelagerten oder vielmehr verrutschten Rhizokorallenschlamm zu tun hat (vgl. II Kap. 34); vereinzelt wurde zerdrückter *Cer.semipartitus* gefunden 0,30 m
- 18b. Typischer hellgrauer Trigonoduskalk; kalzitisierte Schalenfragmentbrekzie in sehr wechselnden diskordanten Anschwemmungstreifen (Textfig. 7), welche durch einen Wechsel von mehr oder weniger ockerigen, d. i. weniger und mehr Schalenfragmente führende Lagen gekennzeichnet sind. In der unteren Hälfte zeigen sich in einer mittleren Zone linsenartige Einlagerungen hellen, dichten, fossilfreien Kalkes, zum Teil als Ausfüllungen von Vertiefungen und Ausnagungsrippen zu erkennen, zum Teil vielleicht Abtragungsreste von kontinuierlichen Zwischenlagen 2,0 m
- 18b—c. Oben 30 cm feinsandige Plättchen mit Vertebratenresten in Schiefen, unten dunkelbrauner dichter Kalk mit unregelmäßigen Zügen ockerigen und hellgrauen dichteren Gesteins 0,40 m
- 18c. wie bei 18b jedoch etwas weniger feinporös und weniger stark ausgeprägte Streifen der beschriebenen Substanzunterschiede; auch hier Lagerungsdiskordanzen und Einschlüsse hellgrauen, dichten, fossilfreien Kalkes, teils lagenartig, teils linsenartig verteilt 1,20 m

III. Profil aus der Region des Trigonoduskalks in der Umgebung von Kirchheim S. von Würzburg (Taf. III Fig. 1—3).

Von MATTH. SCHUSTER.

Die in regem Betrieb befindlichen Steinbrüche in der Gegend von Kirchheim und Kleinrinderfeld, südwestlich von Würzburg, geben ein gutes Bild von der Aufeinanderfolge der Schichten vom Trigonoduskalk bis in die Untere Lettenkohle in diesem Landstrich. Besonders günstig ist dieses Profil in einem Steinbruche hart außerhalb des Dorfes Kirchheim an der Straße nach Sulzdorf und Gaubüttelbrunn aufgeschlossen. Dort ging ein reger Abbau auf den in mächtigen Blöcken brechenden Trigonoduskalk um, dessen Liegendes im Jahre 1906 noch nicht entblößt war.

An der ca. 7 m hohen Steilwand des Steinbruches ließen sich von oben nach unten folgende Schichten feststellen (Taf. III Fig. 1):

Zu oberst Lößlehm (l) (1—2 m), dann folgen

Schichten der Unteren Lettenkohle:

- 1.¹⁾ Graue quarzitische Schieferstückchen mit Bänkchen von ockerig zersetztem Eisenkarbonat (Sphärosiderit), nach oben gegen die Lößüberdeckung zu sandig-lehmig werdend, während sie gegen Schicht 2 in graue dünnblättrige Schiefertone übergehen ca. 60 cm
2. Gelbbraunlicher, plattiger Bonebedkalk, reich an Schalenresten, Fischzähnen, Schuppen, Knochenfragmenten und Glaukonitanhäufungen; führt über in
- 2a. durch Kalk und Eisenkarbonat gebundenen Bonebedsandstein von bräunlicher Färbung, im Bruch braun und weiß gesprenkelt, an Glaukonit, Fischzähnen und Knochenresten ärmer als Schicht 2. Gegen die Liegendgrenze zu plattig verwitternd 15—20 cm

¹⁾ Die Nummern und Zeichen entsprechen denen des Profils Taf. III Fig. 1.

3. Ockerig verwitterter, toniger Ockerkalkmergel, mit festeren Kernresten hiervon 10 cm
4. Stärker gebundener, dünnplattiger, wellig gebogener, braungelber Ockermergel, stellenweise in dichten, gelblichgrauen Mergelkalk übergehend 10—15 cm
5. Zu bräunlichem Letten verwitterter, eisenschüssiger Schieferton; füllt die Lücken zwischen 4 und 6 aus 2—3 cm
6. Im Bruch blaugraue, nach außen gelbliche Kalkbank mit rauher Oberfläche, bewirkt durch Herauswitterung zahlreicher und scharfkantiger Schalenfragmente. Im Kalk stellenweise Einlagerungen von frischem oder ockerigem Ockerkalk. Die Liegendfläche ist wulstig 40 cm
7. Eisenschüssiger Letten, ähnlich wie 5 8—10 cm
8. Kalkmergelbänkchen mit eigentümlichen Knollen (wie Steinkerne) auf der Hangendfläche, nach unten zu in Ockerkalk übergehend, der die Oberfläche einer zweiten, ähnlichen Kalkmergelbank wie 8, bildet. Die Bänkchen sind im allgemeinen 2—3 cm mächtig, häufig keilen sie sich linsenförmig im weichen Ockerkalk aus.
9. Grauer Schieferton 8—10 cm
10. Plattiger, stark verockerter Ockerkalk mit langgestreckten, linsenartigen Einschaltungen von grauem Kalkmergel (K) und mit lettigen Zwischenlagen; zu unterst wellig werdend 60 cm
- 10a. Eine schwach eisenschüssige, plattige Mergelschieferlage bildet in 10 ganz unten eine durchgehende Schicht, die sich der welligen Oberfläche des untersten Sphärosideritbänkchens anschmiegt.

Schichten des obersten Hauptmuschelkalks.

11. Lagen von wellig gebogenen, brotlaibförmig oder fladenartig ausgebildeten, grauen Kalkmergeln mit ockerig ausgeheilten Zerreißungsspältchen (80 bis 100 cm). Das Zwischenmittel zwischen den einzelnen Kalklagen sind:
 - 11a. Graue, schichtige Tone und ungeschichteter Ockermergel, die sich den Oberflächen der Kalkgebilde eng anschmiegen.
 12. Zersetzter, lehmiger, bröckeliger Schieferton (80 cm) mit geschwärzten Querflächen an den Bruchstücken, in der oberen Region braun, nach unten zu schmutzigrün. Hier finden sich auch in ihm eingeschaltet mehrere
 - 12a. Lagen von teils reinem, teils unreinem sinterartigem Kalk (2—3 cm) von gelblicher Farbe, mit vertikaler Faserstruktur und stellenweise lückiger Ausbildung. Auf der Ober- und Unterseite der Einlagerungen befindet sich ein System sich kreuzender Rippen aus reinem, sinterartigem Kalk, die bei der Herauswitterung ihrer Unterlage, im Verein mit der lückigen Ausbildung der Bänkchen diesen einen „zellenkalk“-artigen Habitus verleihen. Die Kalk-einlagerungen stellen sekundäre Ausfüllungen von Spalten und Rissen zwischen den Schieferlagen dar, die Rippen sind die kalkigen Abgüsse vertikaler Spältchen in den Schichten, der Zufuhrwege bei dem Ausfüllungsprozeß. Gegen die Liegendgrenze von 12 zu werden die Kalkbänkchen konform ihrer Schieferumgebung wellig. An der Basis von 12 findet sich eine ähnliche dichte, unrein sinterartige Kalkerhärtung (1—2 cm); sie legt sich eng auf die Oberfläche einer
13. welligen, grauen, splitterig brechenden Kalkmergelbank (5 cm) an, die stellenweise linsenförmig wie 11 entwickelt ist. Die Oberfläche ist zum Teil

schalig entwickelt mit Schalen von ockerigem Sphärosiderit. Eisenschüssiger Letten ist das Zwischenmittel zwischen 13 und

- 13a. einer Kalkmergelbank, wellig und schalig wie 13 3—5 cm
- 14. Kalkigtoniger, dünnblättriger und unregelmäßig schaliger Bonebedschiefer von bräunlichgelber Farbe, reich an Fischzähnen und Schalenresten 0,3 cm
- 15. Graue, kristallinische Kalkbank, aus zahllosen kleinen Schalenfragmenten (darunter Brachiopodenschalen) aufgebaut, mit wulstiger Oberfläche, nach unten zu in Ockerkalk und schließlich in dünnblättrige Bonebedschiefer (desgleichen mit Brachiopodenfragmenten) vom Typus 16 übergehend 25 cm
- 15a. Eine Lage plattigen Ockerkalks mit putzenförmigen Anreicherungen von Fischschüppchen und seidenglänzenden Schalenfragmenten von Brachiopoden (*Coenoth. vulgaris*) 2 cm
- 16. Gesteinsbank (8 cm), nach der Hangendgrenze zu grauer, versteinungsarmer Kalkmergel mit Fucoiden-artigen Einschlüssen, gegen die Mitte der Bank den Charakter einer an Fischschüppchen und Brachiopodenfragmenten reichen, an Fischzähnen und Knochen armen Bonebedbank von eisenschüssigem Kalk annehmend. Die Liegendgrenze der Bank bildet eine Lage Kalkmergel mit zahlreichen, wohl erhaltenen Schalen von großen Terebrateln an der Unterfläche, die sich mit der hohlen Schalenfläche in den Schiefertone 17 abformen. (Schichten 14—16 = Muschelkalkbonebed.)
- 17. Schwarze, dünnblättrig zerfallende Schiefertone (60—80 cm) mit
- 17a. Linsen von dichtem grauem Kalkmergel (bis 3 cm). Unvermittelt lagern die Schiefertone auf
- 18. Trigonoduskalk von grauer Farbe, aufgebaut teils aus kristallinischem, ziemlich reinem Kalk mit zahlreichen Schalenresten in dichtem Verband, teils fein porös oder, nicht selten in horizontalen Lagen, lückig entwickelt. Der ungebauete Trigonoduskalk geht nach unten in einen dichten, etwas splitterigen Kalk mit schwachen, unregelmäßig geaderten Einschaltungen von tonigem, schwach graugelb gefärbtem Material über. Die häufigen Schalendurchschnitte erzeugen ein großkristallines Gemenge von Kalkspat und zersetztem Eisenpat ca. 3,0 m.

o. T. B.

Das Liegende des Trigonoduskalks ist in dem Steinbruch, dem dieses Profil entnommen wurde, noch nicht aufgeschlossen. Den einzigen deutlichen Aufschluß in der Umgegend bildete eine Schürfrube auf einer Anhöhe südlich von Meisenbach (3 km nördlich von Kirchheim). Unter einer nur 50 cm mächtigen Trigonoduskalkbank folgen dichte graue Kalkmergel, meist fladen- oder linsenförmig, ähnlich wie Schicht 11 unseres Profils; seltener sind durchgehende Bänke mit undeutlichen Schalenresten. Die Schürfrube ist 5 m tief in die liegenden Schichten niedergegangen.

IV. Profil der Trigonoduskalkregion bei Rothenburg o. d. Tauber, Steinbruch N. der Stadt westlich der Straße nach Steinsfeld.

Zellige Ockerkalkbrocken im ockerigen Letten bilden das Hangende von nach unten fladig-schichtig und allmählich regelmäßiger gelagerten Schiefen mit Ockermergeleinlagerungen, welche meist Fischschuppen enthalten; nach unten allmählich schwarzblaue Schiefertone (mit größeren Koproolithen), die an der Grenze gegen den darunter liegenden Kalkfelsen sehr knochen- und schuppenreich sind 2,00 m

- Oben blaß ockerig gesprenkelter Kalk; in einer feinkörnig kristallinen, fossilärmeren, schwach ockerig gefärbten Grundmasse liegen verlängerte Putzen mit dickeren Schalenfragmenten (ohne weitere Bindung), welche auch lagerartige Anordnung im Schichtkörper annehmen. In der Mitte der Bank ist diese Anhäufung von Schalen (zum Teil ohne feinkörnige, zum Teil mit dichter grauer Bindung) sehr stark, wie im Trigonoduskalk bei Randersacker; unten hat man lagenartigen Wechsel von dichterem Fossilkalk und fast fossilfreiem, feinkristallinem, mit Säure viel schwächer brausendem Ockerkalk, wie wir dies in allerdings dunklerer Färbung von Rottendorf beschrieben. In diesen ockerigen Bändern sind auch Schuppen und feine Quarzsand-Beimengungen. Die Basis der Schicht bildet ein heller dichter Kalk mit zahlreichen, in den feinkristallinen Körper der Schicht aufgegangenen, dichtgepackten Schalenfragmenten. Auch hier sind wohlerhaltene Fischskelettreste zahlreich, besonders an der Basis, deren Gestein mit Säure nur schwach braust 0,70 m
- Dichter, flaserig-welliger hellgrauer Kalk mit wenigen Schalenresten und mit schlierigen Einlagerungen hellockerer mergeliger Masse mit Vertebratenrestchen und Glaukonit, untermischt mit ähnlichen, fast fossilfreien Gesteinslagen ohne Glaukonit, jedoch mit feinem Quarzsand in den viel heller ockerigen Schlieren 0,50 m
- Hell ockerig gefärbter mürber Mergel 0,20 m
- Fest gebankter, durch eine mittlere Horizontaleinschaltung von mehrfach zerklüfteten Lagen in zwei Hauptbänke geteilter, oben dunkelgrauer Kalk, in welchem die Schalensubstanz durch ockerige Kalzitmasse ersetzt ist und mit aller Deutlichkeit Geschiebe eines dichten hellen Kalkes auftreten; unten tritt das feinkörnige bis dichte Bindemittel mehr und mehr zurück und hat man die schöne, marmorartige Randersackerer Fazies des Trigonoduskalks. Die erwähnte horizontal mehrfach zerklüftete Zwischenlage ist ein feinsandiger Kalk mit vielen Fischschuppen und viel Glaukonit 1,30 m
- Blaß ockerig gefärbter, feinkristalliner und feinsandiger Kalk, dessen Hangendfläche großzügige breite Wellenrippen zeigt; es tritt hier ein Wechsel von aus fein geriebenen Schalentrümmern bestehenden festen Kalkbändern und mürberen feinsandigen, an solchem Detritus freien, dagegen hie und da Knochenfragmentchen führenden Zwischenbändern auf; die den feinen Quarzsand führenden Bänder sind schwach braungrün gefärbt; hauptsächlich in ersteren kalkigen Bändern, aber auch in den sandigen treten hier wie an anderen Stellen der Umgebung von Rothenburg große Exemplare oder Fragmente von *Coen. vulgaris* auf 0,50 m
- Sehr feinsandig mergelige, fast schalenfreie, dagegen reichlich Vertebratenreste führende Kalke, unten mit einzelnen Schalen-führenden Bändern ausgestattete Bänke; in den Schalen-führenden Lagen findet sich *Trigonodus* sp., *Myophoria Goldfussii* und *Gervillia subcostata* 1,25 m
- Kalk mit knotig-schlieriger Innenstruktur, im Wechsel mit kalkigen, aus fast aufgezehrten Schalentrümmern entstandenen unregelmäßigen Anhäufungen und feinsandigen, hellockerigen, Vertebratenrestchen-führenden Schlieren; nach unten kalkreicher werdend 0,90 m
- Fester Kalk vom Typus des reichen Schalenkalkes mit zum Teil ockerig umkristallisierten und halb ausgelaugten Schalen in Bänken zu 40, 20 und

90 cm; es zeigen sich Zwischenlagen von hellem, dichtem, Alberese-artigem Mergel, deren Zerstörung wieder zum Einschluß von fladenartigen Geschieben in dem Schalenkalk Anlaß gab; in einem dieser Zwischenmittel fanden sich wie bei Sommerhausen¹⁾ Bohrröhren von Würmern, welche mit dem Gesteinsmaterial der hangenden Schalenbank ausgefüllt sind . . . 1,50 m
 Hellgrau-bräunliche, feinsandige Kalke mit assimilierten dünnen Schalenfragmenten mit mürben, feinsandigen, glimmerigen Zwischenbildungen, welche größere Putzen von Glaukonit und Vertebratenreste führen in dickplattig zerteilter Bankmasse 0,60 m
 Knolliger Kalk mit fast assimilierten Schalenfragmenten und fleckigen Geschiebeeinschlüssen, von mergeligen Schlieren und vereinzelt glaukonitischen Streifen unregelmäßig horizontal durchsetzt 0,30 m 16
 Tieferer typischer Trigonodus-Schalenkalk mit einzelnen Ablagerungsfugen, in denen Vertebratenreste häufig sind, wobei die Fugenübergänge vom Körper der Gesteinsbank her feinkörniger werden 1,00 m
 Die Liegendgrenze ist in diesem Bruch nicht aufgeschlossen; doch zeigt sich diese ganz nahe neben der Straße nach Dettwang, woselbst schmalbankige, glaukonitreiche, feinkörnige Quarzsand-Einschaltungen im typischen Trigonoduskalk dessen unterste Region bezeichnen.

Das Tiefste ist weiterhin gut aufgeschlossen an der durchgesprengten Einfahrt zum Wildbad in der Nähe des großen Turms und an dessen Fundament; von unten nach oben erkennt man hier folgendes:

Massiger Kalk mit ausgelaugten bzw. unvollkommen mit ockerigem Kalzit ersetzten Schalen, einzelne Lagen von feinkörnigem Quarzsandstein mit feinverteiltem Glaukonit auch Fischschuppen einschließend . . . 1,00 m
 Komplex teilweise mürben Gesteins mit einer zum Teil bankig entwickelten Einschaltung eines diskordant gelagerten Sandsteins und mit mürben, zerstreuten großen Putzen von Glaukonit, von vielen Fischskelettreste führenden Zwischenlagen begleitet; einzelne plattige kalkige Einlagerungen zeigen nicht nur dichte helle Kalkgeschiebe größeren Umfangs, sondern auch Lagerungsstreifen, in welchen solche Geschiebe kleinsten Maßstabes in vielen Größen, fast wie längliche Oolithe, eingeschwemmt sind.²⁾ Diese Lage entspricht der im obigen Profil an drittletzter Stelle mit 0,60 m angeführten Schicht 0,50 m
 Darüber folgt wieder typischerer Trigonoduskalk, in welchem aber Vertebratenreste nur ganz vereinzelt vorgefunden wurden.

Hervorzuheben ist bei diesem Profil vor allem das Fehlen der Ostrakodenschichten und der Ersatz durch typischen Trigonoduskalk. Weiterhin ist von Bedeutung die Orientierung der Terebratellage mit einer im Liegenden befindlichen sandig-mergeligen Schichtausbildung, welche schalenarm ist, dagegen reichlicher Fischskelettreste führt, noch über einer etwa 3,8 m bis 4,0 m messenden Entwicklung von Trigonoduskalk; dies ist eine Orientierung, die mit jener bei Sommerhausen und Kirchheim einschließlich der Vertretung der Ostrakodontone sowohl,

¹⁾ Bei Rottendorf und Randersacker zeigen sich statt dessen stengelartige, zum Teil mit dem Liegend- und Hangendkalk verwachsene Gebilde, welche, ähnlicher Entstehung, jedoch mit Mergelkalkschlamm erfüllte, meist horizontal ausgebreitete Röhren darstellen (vgl. II, Kap. 35).

²⁾ Diese Einschlüsse sehen aus wie verschwemmte Bankkörperchen von *Rhizocorallium* (vgl. oben das Trigonoduskalkprofil von Sommerhausen und II, Kap. 34).

wie auch mit der Lage der Terebratelbank einschließlich Bonebed in der Trigonoduskalk-freien Region (S. 9) gut übereinstimmt.

Auffällig ist das Auftreten einer so stark sandigen Bonebedeinschaltung im Tiefsten des Profils; das ist eine faunistische Annäherung an das Bonebed der Crailsheimer Schichtenfolge, wo das Hauptmuschelkalk-Bonebed der unteren Trigonodusregion entspricht, welche nach E. PHILIPPI an anderen Stellen durch die Schwieberdinger-Cannstädter Conchylienfauna mit *Trigon. praeco* PHIL. ersetzt ist (Jahrb. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württ. 1898).

Kap. 4. Ausbildungswechsel im Trigonoduskalk Frankens.

Es scheint vielleicht gewagt, aus diesen gegebenen Profilen etwas über die Ausbildungswechsel des Trigonoduskalks aussagen zu wollen, da ein Teil der in Unterfranken befindlichen Aufschlüsse von Trigonoduskalk nicht berücksichtigt ist; das Profil (Nr. 3 S. 14) gehört dem kartierten Blatte Windsheim an, dessen weitere Gebiete der Verfasser und Dr. SCHUSTER nicht kennen; Profil IV S. 17 zeigt die südlichste Ausbildung des Trigonoduskalks (vgl. Blatt Ansbach der Geogn. Karte Bayerns).

Die Profile aus der Nähe von Kirchheim, Taf. III Fig. 1—3, die ich seinerzeit mit Kollegen Dr. SCHUSTER zum Teil selbst studiert habe,¹⁾ zeigen vor allen Dingen untereinander und mit jenen bei Würzburg recht übereinstimmende Verhältnisse in der tiefsten Lettenkohle, deren Untergrenze M. SCHUSTER bei der Kartierung in dieser Gegend immer scharf wiedererkennen konnte, einheitlich mit jenen oben gegebenen Darstellungen (vgl. S. 1—7). Im Profil 3 fällt eine Schicht 10 (?) aus der gewöhnlichen Ausbildung heraus, kann aber als eine Kalkmergelausbildung der im Profil 1 unter 10 mit dem Ockermergel vorkommenden Kalkplatten angesprochen werden. Andererseits wäre es auch möglich, sie zum Muschelkalk zu ziehen und mit der in Taf. I Fig. 3b und 3c und Taf. II Fig. 1 vorkommenden Ausbildung der Schicht 11 zu vergleichen. Die übrigen Unterabteilungen ergeben sich leicht aus der Numerierung und der annähernd gleichartigen Massenverteilung von Kalken und Schiefertönen.

Der Trigonoduskalk selbst ist in allen diesen Profilen von nahezu gleicher Mächtigkeit und Gesamtcharakteristik; eher different und wechselnd verhalten sich gewisse Zusammenlagerungen von Einschlüssen; so findet sich das Hauptlager der großen Terebrateln bei Kirchheim und Sommerhausen an der Untergrenze der oberen Trigonodusbank, bei Randersacker im unteren Hauptkalk (nach SANDBERGER).

Eine starke Anhäufung von Vertebratenresten zu einem Bonebed findet sich bei Kirchheim nach SCHUSTER über der oberen Trigonodusbank, bei Rottendorf in der oberen Region des Hauptkalks, beide Male allerdings mit ockerigen Gesteinsarten. Das ist ein Beweis, daß hier bezüglich der organischen Einschlüsse die Gesteinsfazies eine Rolle spielt und ungleich (zeitlich) im Profil orientierte Schichten einer nur eindeutigen Schichtfolge scheinbar gleichzeitige Fossilbänke vortäuschen könnten; es kann der gewaltigen, mechanisch erfolgenden Anschwemmung des Trigonoduskalks auf so kurze Strecken hin nur eine ziemlich einheitliche Entstehung zugeschrieben werden, ebenso wie hier die etwa eine wechselndere Änderung hervorbringenden physiologisch-biologischen Momente nicht in gleichem Maße mitwirkend anzunehmen sind (vgl. II, Kap. 30).

¹⁾ Das Profil Taf. III Fig. 1 bietet ein Steinbruch südlich von Kirchheim, das Profil Fig. 2 bietet ein solcher 0,75 km nordwestlich von Kirchheim, das in Fig. 3 ein solcher nordöstlich von Kleinrinderfeld, ungefähr in Nordsüdlinie 5 km von Kirchheim gelegen; letzteres stellt also einen nördlichen Vorposten des Verbreitungsgebietes des Trigonoduskalkes südwestlich von Würzburg dar.

Bezüglich der Verhältnisse von Kirchheim scheint für die nördlicheren Ausbreitungsgebiete östlich von Würzburg folgendes als kennzeichnend hervorgehoben werden zu können:

1. Der von unten nach oben dichter werdende Charakter des Schalen führenden Kalkkörpers selbst, was sowohl auf feineren, weiter und leichter verschwemmten Detritus als auch auf stärkere Lösungsausscheidung hinweisen kann.
2. Die von unten nach oben zunehmenden Einschlüsse von an Schalen freien Kalkpartien und von Septarien eines gleichmäßig Ton führenden Kalkes, deren Zersprengung auch auf Lösungsausscheidungen hinweist.
3. Die hiermit zusammen sich z. T. vermindernden, bänderartig eingeschalteten und netzförmig das Gestein durchziehenden ockerigen Einschaltungen mit Vertebratenresten.
4. Die zunehmende stärkere Zerteilung der Kalkmasse durch dichtkalkige oder zum Teil tonige Einschaltungen bzw. auch innere Differenzierung der ferner von der Faziesgrenze einheitlicheren Schalenlumachellen.

Was nun den Vergleich der Trigonoduskalkprofile mit jenen der sogen. Ostrakodenschichten betrifft, besonders mit jenem an der Estenfelder Straße, (Neumühle) bei Würzburg, so läßt sich bei letzterem an den Stellen, woselbst nach den ersteren Hauptkalkbänke auftreten, auch je eine schwache Kalkausbildung wahrnehmen, von welchen zwei untere, mehr von dem feinkörnigen, dichten Gefüge der Septarienkalk und jener, z. B. bei Rottendorf auftretenden, dichten, fossilfreien Einschaltungen, auf die Stelle hinweisen, woselbst die Schalenriffanhäufung des Trigonoduskalks ihren Platz fand; leitend ist hierbei die Bank 15, 16 mit den großen Terebrateln und mit dem Bonebed.

Nach allem, was in der unmittelbaren Umgebung von Würzburg zu erkennen ist, darf der Ansicht SANDBERGERS, daß der Trigonoduskalk die Ostrakodontone veretrete, zum Teil dahin modifiziert werden, daß man sagt: der Trigonoduskalk ist besonders in den unteren Ostrakodontonen eingeschaltet; die Hauptentfaltung von Ostrakodontonen liegt dabei zwischen den charakteristischen tiefsten Schichten der unteren Lettenkohle und dem Haupt-Trigonoduskalk, wenigstens in dem Gebiete der nördlichen Verbreitung des letzteren.

Es zeigen aber auch die Aufschlüsse von Rottendorf Ostrakodontone noch zwischen den obersten Bänken des Trigonoduskalkes,¹⁾ und in dem Trigonoduskalk von Rothenburg fehlen die Ostrakodontone völlig, so daß die Lettenkohle unmittelbar auf ersterem aufliegt, also eine völlige Riff-Vertretung stattgefunden hat.

Es ist aber noch eine weitere Feststellung zu machen; SANDBERGER erwähnt in dem später verschütteten Profil von Rottendorf (1892 S. 197) nach einer nicht bezeichneten taxierten Zwischenlage von 40 cm unter der Lettenkohle sofort die Bänke des *Ceratites semipartitus*, unter ihnen eine Bonebedbank mit *Myophoria pes anseris*, welche ohne Zweifel mit der Bank 8 „Aschgrauer Kalk mit *O. subanomia*“ im Profil Grainberg l. c. S. 198 identisch ist, aber unter den Ostrakodontonen angeführt wird; auch die oben beim Profil Grainberg—Estenfelder Straße angeführten Tatsachen ergaben, daß es mit einer Abtrennung von Ostrakodontonen nach unten seine Schwierigkeiten habe. Dies wird noch besonders durch die Beziehung zu dem Bereich des Trigonoduskalks klar. Wenn die Annahme SANDBERGERS unum-

¹⁾ Nach EB. FRAAS und E. KOKEN (vgl. z. B. Zentralbl. für Mineralogie 1902 S. 74—81) liegt der dort auch glaukonithaltige Trigonoduskalk mit *Myophoria Goldfussii* hauptsächlich über den Ostrakodenletten.

stößlich wäre, daß in jeder Hinsicht Semipartitusschichten scharf getrennt unter den Ostrakodonten liegen, so dürfte der Trigonoduskalk, der letztere vertritt, auch nur über den Semipartitusschichten liegen; nun zeigt aber das Profil der Sommerhausener Brüche, daß der *Cer. semipartitus* daselbst in den mittleren bis oberen Trigonodusschichten häufig auftritt;¹⁾ diese vertreten bzw. verdrängen demnach auch die Semipartitusschichten, da sich der *Cer. semipartitus* auf die mehr knollig-knotigen Zwischenlagen und Hangendlagen des typischen tieferen Trigonoduskalkes beschränkt, also die Zwischenpausen der Anschwemmung des letzteren benützt, wie dies ja auch für den Ostrakodent selbst gilt (S. 13 und 21).

Was nun das Profil von Rothenburg o. T. betrifft, so ist die völlige Verdrängung der Ostrakodontone wichtig, andererseits auch das Auftreten nicht nur reichlicher sandiger Beimengungen und zahlreicher Fischskelettreste in den Kalken, sondern auch das von wirklichen Sandsteinbänkchen mit Glaukonit und Bonebedeinschaltungen von Bedeutung, insbesondere auch weil sie im unteren Profil ihren Platz haben. Diese Quarzsand-, Glaukonit- und Vertebratenfazies steigert sich also in der Richtung nach Süden, also nach der Richtung hin, wo, wie bis jetzt als allgemeine Annahme aus den Gesteinsauftreten im Ries geschlossen wurde, der untere Keuper wie am Fuße des Bayerischen Waldes über Urgebirgsgesteine transgrediert, also zur Zeit der Muschelkalkbildung hier ein Kontinent mit einem Urgebirgskern vorhanden war, der in dieser Zeit, zum mindesten in einer Buntsandsteindecke, durch aeolische oder aquatile Abtragung aufbereitet wurde. Es ist mir nicht bekannt geworden, wie die neueren Auffassungen über das Riesproblem u. a., die dem vindelizischen Kontinent völlig Valet sagen, auch diese Annahmen gestürzt haben. Die südlichste Trigonoduskalkfazies in Bayern spricht für eine Annäherung ihres Verbreitungsgebiets an eine nahe südlich gelegene Kontinentalmasse mit einer feinkörnigen Sanddecke.

Kap. 5. Profile aus den Nodosenschichten.

Über Einzelheiten sei auf den besonderen Teil verwiesen; es folgen zwei Spezialprofile, von welchem das erste schon SANDBERGER kurz skizziert hat.

I. Profil vom Sommerhausener Graben.

Die Liegendzone der Schichten in diesem Graben ist nicht mehr so vollständig aufgeschlossen wie das zu SANDBERGERS Zeit der Fall war; sie fängt jetzt etwa mit Nr. 9 des Profils l. c. 1892 S. 14 an; darauf folgen:

Feste Bank mit feinem Fossiliendetritus und mit grünlichen Schlierchen gesprenkelt	0,30 m
Schiefertone mit von unten nach oben an Zahl abnehmenden Mergelkuchen	1,20 m
Fester Kalk mit Schalenresten	0,25 m
Darauf folgen Schiefertone mit <i>Cythere</i> und <i>Lingula</i> und kleinen Körperchen auf den Schichtflächen, welche SANDBERGER Kopolithen von Anneliden nennt; diese Körperchen bestehen aus grünlichem Ton, sind rundlich und	

¹⁾ Ich glaube deswegen nicht, daß die Ansicht vertreten werden kann, der *Cer. semip.* ginge im Bereich der Trigonoduskalkfazies höher hinauf, während er, wie das zugestanden werden kann, im Bereich der Ostrakoden- und Tonfazies naturgemäß durchschnittlich in der tieferen Profilregion der Ostrakodontone sein Hauptauftreten hat. Es sei hervorgehoben, daß schon PHILIPPI auf Grund der Angaben von E. FRAAS (Bl. Mergentheim) vermutet, daß die Trigonoduskalkfazies auch die Semipartitusregion ergreift.

ovoid, zeigen eine konzentrische Skulptur wie eine ziemlich regelmäßig aufgewickelte Fadenscheibe; ich halte sie für ausgelöste und verschwemmte Baukörperchen von Annelidenröhren. Die Basis gegen die folgende Bank bildet eine dünnplattige ockerige Schieferplatte mit vielen Fischschuppen; besonders die Grenzflächen zeigen feinen Sand und Glimmer 0,02 m
 Cycloidesbank, zum Teil mit dichtem kalkigem, zum Teil mit hellgelbem feinkristallisiertem Bindemittel 0,20 m = 12
 In ihrem Hangenden erwähnt SANDBERGER eine Fischschuppenbank, die ich aber nicht nachweisen konnte,¹⁾ sondern es liegen Schiefertone mit kuchenartigen Mergelkalkeinlagerungen unmittelbar darüber 1,20 m = 13
 Dicht kristallinisch umgewandelter Bivalvenkalk, gegen die Hangend- und Liegendfläche völlig dicht und fossilfrei; in seiner Unterlage dunkelgraue Schiefertone (2 cm) mit Fischschuppen, welche einzelne taschenartige Einsackungen in einer darunter liegenden Mergelplatte überdecken; diese Taschen enthalten ebenso Vertebratenrestchen, aber in stark ockeriger Mergelmasse 0,30 m = 15
 Schiefertone mit Mergelkuchen, nach oben dichter gepackt, mit Fischschuppen 1,00 m = 16
 Fossilreicher Bivalvenkalk mit *Hoernesia socialis*, *Pecten laevigatus* etc.; die Schalen sind in ockerig spätige Masse verwandelt 0,25 m = 17
 Zuerst Schiefer mit Mergelkuchen und plattige Kalkmergel mit dicken Stengelwulstbildungen, dann eine Petrefaktenbank 0,20 m
 Einlagerungen nach oben dichter gedrängter wulstiger Platten; die Platten zeigen mehrfach eine Zusammensetzung aus einem Petrefakten-armen bis-freien Mergel-Liegenden, einer mittleren Petrefaktenlage, welche erstere annagt und einem dem Mergelliegenden ganz entsprechenden Mergelhangenden; in erstere Lage senken sich mit Ockerkalk erfüllte Röhren, welche von der mittleren Fossilschicht oben glatt abgeschnitten werden; die Füllung mit Ockerkalk mußte in der Zwischenpause zwischen beiden Lagen entstanden sein; es werden aber auch alle drei Schichten mit solchen sich nach unten flach nach zwei Seiten gabelnden, scharfbegrenzten Röhren durchsetzt, welche mit Ockerkalk erfüllt sind! Die Röhren öffnen sich auch zum Teil nach der Oberseite der gesamten Schicht, die auch für sich kein Ockerkalk-Hangendes hat, sondern schieferig mergelig ist; diese letztere Decke senkt sich in die Öffnung der Röhren etwas herein; hier zeigen sich nun auch mit kalkig mergeligen Massen versteinerte stengelartige Gebilde (vgl. unten). Einzelne der mittleren Petrefaktenbänder der Mergelkalkplatte zeigen taschenartig nach unten in den Mergel eingesenkte Ockerfüllungen, welche fast nur Encrinitenstielglieder einschließen, daneben auch immer noch einzelne Knochenrestchen; ungefähr ca. 2,80 m
 Fossilführende Bank (Profil SANDB. l. c. Nr. 20), oben dichter, unten in Knollenlage zerfallender, sonst fester Kalk; oben viele kleinere Pectinidenreste, unten größere 0,20 m = 20
 Schiefer, unten mit dicht gedrängten Mergelplatten, nach der Mitte mit Kuchen, oben reine hellgraue Schiefer (SANDB. Nr. 21), welche wieder die oben gekennzeichneten Gebilde umschließen, die SANDBERGER Koprolithen von Anneliden nennt 1,20 m = 21

*Pharocidien
Wagners?*

¹⁾ Es liegt wohl eine Verwechslung mit der im Liegenden erwähnten Lage vor.

Petrefaktenbänke von unten nach oben an Fossilien und ockerigem Bindemittel abnehmend; besonders wo letzteres angereichert ist, zeigen sich Crinoidenstielglieder; untere Hälfte von ca. 20 cm von einer oberen durch eine 2—5 cm starke Schieferlage mit Kalkknöllchen getrennt; in der oberen Bivalvenreste mit gelb gefärbter spätiger Umwandlung der Schalensubstanz, ungefähr 0,30 m

Dicke Kalkmergelplatte mit Schieferzwischenlagen bis zu 2 cm; die Platte zeigt unten dichten Mergel, oben Fossilführung; auch hier Bohrröhren mit ockeriger Füllung, die Ober- und Unterseite der Platten zeigt ein Relief von stengelartigen Gebilden, welche zum Teil aus dichter, mit dem Gestein verwachsener Kalkmergelmasse bestehen, zum Teil sich abheben lassen, zum Teil aber auch Röhrenchen mit ockeriger Füllung darstellen 1,00 m

= 24 Petrefaktenbänkchen, welches unten besonders an der Grenzfläche viele Vertebratenrestchen enthält, nach oben in Bivalvenkalk übergeht (SANDB. 24) 0,10 m

Dichte, feinkörnige, hellgraue Kalkplatten mit stengelartigen, zum Teil röhri- gen Gebilden (nach SANDBERGER mit „algenartigen Resten“) an der Hangend- und Liegendfläche 0,40 m

= 26 Fester Fossilienkalk mit plattig-knolligen Grenzbildungen mit *Ceratites nodosus*, *Gervillia socialis*, etc. (SANDB. Profil 26) 0,25 m

Darüber ein Kalkkomplex, in dessen unterster Lage sich ein in den Fossilien spätig umkristallisierter, im Zwischenmittel aber dicht erscheinender grauer Fossilkalk bemerkbar macht; in diesem finden sich, scharf von der Umgebung abgehoben, schief von der oberen Grenzfläche her das Gestein durchziehende, oft breitere, meist schmälere, flachgedrückte röhrenartige Züge, welche sich auch zu verzweigen scheinen; diese enthalten in einer Füllung wie von feinem Quarzsand vereinzelte kleine Kalkknöllchen wie Geschiebe, sodann auffällig viele kleine Fischskelettrestchen und daneben eine Anzahl nicht zu übersehender Ausscheidungen von Zinkblende mit untergeordnetem Kupferkies. Die Gebilde gehen auch in ihrer Längs- erstreckung vereinzelt ebenso wie nach dem Rand zu in mergeligen Kalk über, der dann den Körper der Einschlüsse bildet. Die Zinkblendekristalle halten sich an die Grenze dieser beiden Versteinerungsarten, von welchen die tonige Masse wahrscheinlich als stauende undurchlässige Lage die Kon- zentration unterstützte. Darauf folgt ein dichter, unregelmäßig gebankter Kalk mit großen Gervillien und ockerigen Einschaltungen mit recht zahl- reichen Crinoidenresten, ungefähr 1,50 m

Nach ca. 1,5 m Schiefertönen mit Kalkmergelkuchen folgt eine weitere, Ver- steinerungen führende, feste Kalkbank, deren Hangendes wieder Schiefer- tone bilden.

Darüber liegen massige felsengebilde Kalkbänke, vollständig aus Schalenfrag- menten bestehend, ganz nach dem Typus des Trigonoduskalks. Nach einer Einschaltung von 0,5 m Schiefen mit Kalkplatten, welche zum Teil von Bohr- röhren durchsetzt sind, zum Teil auch Petrefakten führen, folgt von neuem ein 1,5 m mächtiger Kalkkomplex, wie unmittelbar vorher, in mächtigen Quaderbänken mit dünnplattiger Unterbrechung feinsandigen, rauhen, fossil- freien Kalks, ganz nach Art des Trigonoduskalks. Das sind die 4,00 m harten Kalksteine, welche SANDBERGER noch nicht zum Trigonoduskalk rechnete, die aber schon dazu gehören (vgl. S. 14 Nr. 1a—c). Über ihnen folgen in

weniger gutem Aufschluß Schiefertone mit Mergelkalken, mit schief durchquerenden Brücken von ockerigem Kalk, mit ockerig erfüllten Bohrröhren, welche sich von einer hangenden Fossilbank in die liegende, dichte, fossilfreie Mergelkalk- oder Kalkunterlage einsenken; dann folgt nochmals eine Trigonoduskalk-artige Bank und über ihr Schichten mit *Cer. semipartitus* und *Coenoth. vulgaris*, deren Folge in genauer Darstellung in dem Profil der Trigonoduskalkbrüche von Sommerhausen (S. 14 Nr. 11—18) gegeben wurde.

Auch hier zeigen sich an mehreren Stellen Schichten von fossilfreiem Mergelkalk mit knolliger unregelmäßiger Anordnung im Schichtkörper, deren Zwischenräume mit mergeligem Ockerkalk erfüllt sind, welche für sich hingegen reichlicher Brachiopodenschalen und daneben nur noch kleinere Vertebratenreste enthalten.

Die oben erwähnte Schicht mit wurzelartigen Verzweigungsfüllungen, in denen Zinkblende und Kupferkies zur Auskristallisation kam, sei hier noch kurz chemisch und mikroskopisch charakterisiert. Der Kalk selbst, d. h. das Bindemittel ist nicht sehr umgewandelt, das Zementkorn ist fein, die Prismenschicht von Monomyarierschalen ist nicht sehr verändert. Die Füllungen der „Verzweigungen“ heben sich im allgemeinen gut von dem Zement schon durch ihre etwas dunklere Färbung ab. Außerdem sind sie dicht erfüllt von nachträglich in der Masse auskristallisierten, kleinen, scharf begrenzten Karbonat-Rhomboederchen, welche, wie dies Kollege A. SCHWAGER durch einen kleinen Versuch am ungedeckten Dünnschliff schön feststellen konnte, ziemlich reichlich Eisenkarbonat im Kalkkarbonat isomorph beigeschlossen enthalten; diese lassen sich auflösen, wobei sich die dunkle Binde-substanz deutlich etwas abhebt; diese letztere hat einen nicht unbedeutlichen Verwachsungszusammenhang, der sich besonders bei der Säurebehandlung von einzelnen Bröckchen zeigt, wo der Rest ein zusammenhängendes, gar nicht wenig festes Gerüst bildet. Außer kleinen Knochenresten und Eocrinitenfragmentchen ist sonst nichts eingeschlossen. Die Bindemasse selbst hat ein sehr fein granuliertes Aussehen und die möglichst entkalkte Substanz läßt nach Dr. SCHUSTERS Diagnose eine große Anzahl kleiner, eng verfilzter Sericit-artiger Glimmerschüppchen ohne jede Quarzbeimengung erkennen, deren feste Verbindung wohl durch die gehäuften Kristallisationsvorgänge verursacht ist.

II. Profil neben der Straße Rothenburg—Dettwang.

Ein Steinbruch, dessen oberste Lagen ungefähr 5 m unter dem Trigonoduskalk beginnen, zeigt von oben nach unten folgende Schichten:

Enggepackte, dickknollige, wellige Kalke und Kalkmergel ohne Fossilien mit einzelnen ebenflächigen Fossilbänken mit *Nautilus bidorsatus*, *Hoernesia socialis*, *Pecten laevigatus* etc.; in diesen Fossilbänken sind geschiebeartige Einschlüsse dichten Kalkes, welche fladigen Habitus haben, als ob sie beim Transport noch nicht fest erhärtet gewesen wären. In dieser Schichtenreihe sind unter den knollig-welligen Kalken auch solche, welche quere und schiefe Wandverbindungen vom Hangenden zum Liegenden aus ockerig gefärbten Tonmergeln besitzen (vgl. II, Kap. 7) ca. 5 m

Oben festgepackte fossilfreie Bänke von etwas entschiedenerem Wellenkalktypus aber in vergrößertem Maßstab als vorher; es sind oben dichte, graublau Kalkmergel, die durch horizontale und quere Zwischenschaltungen von Schiefertone in großfladige Linsenkuchen-Schichten übergehen; die untersten 30 cm zeigen besonders reichlich Schiefertone mit kleineren Kuchen ca. 2 m

Fossilbänke und Mergel engstens verwachsen; die liegende Bank ist eine Petrefaktenbank, in deren Tiefstem deutliche halbeckige Geschiebe-einschlüsse sich befinden, die alle Formen, aber weniger gleichmäßig abgerundete, darbieten; sie sind völlig dicht, frisch hellblaugrau und verwittern hellgelb-grüngrau gefärbt. Die Grundmasse der Bank selbst ist dicht fossilführend dunkelgrau und zeigt eine hellgelbbraune Verwitterungsfarbe. Die größeren Geschiebe liegen im reichlichen Fossilien führenden tieferen Teil der Bank; sie nehmen mit diesen nach oben an Größe und Zahl ab, Die Bank wird oben abgeschlossen durch einen an größeren Fossilien völlig freien Kalk, der aber wie die Grundmasse der unteren Bank überwiegend sehr feinen Detritus enthält und dieser völlig gleicht; er zeigt auch feine Lagerungstreifen und in der unteren Region noch vereinzelt in diese „Lagerungsstrukturlinien gerichtete“ ganz kleine Geschiebe von der Charakteristik der größeren Geschiebe in der unteren Hälfte der Bank . 0,60 m

Schiefertone mit kuchen- und linsenartigen Einlagerungen dichten Kalkes und einzelnen untergeordneten Fossilbänkchen 1,00 m

Dichter, wulstig in der Zusammenfügung struierter, feinstreifig gelagerter, unregelmäßiger Kalkmergel 1,00 m

Schieferton mit Mergelkuchen bzw. -Linsen 0,50 m

Petrefaktenbänkchen ohne vorwaltende Charakteristik 0,40 m

Schiefertone mit Mergelkuchen und -Linsen 1,00 m

Zum Teil fossilführende Mergelkalke, trotz mehrerer Lagerungsfugen dicht gepackt 1,00 m

Dunkelgrauer, ziemlich reichlich fossilführender, beim Anschlag klingender Kalk, an dessen unterer Grenze eine unregelmäßige dicke Einschaltung von Schiefer-ton mit reichlichen Schuppen und Knöchelchen zu bemerken ist 0,30—0,40 m

Von hohem Interesse ist hier das verschiedenartige Auftreten von Kieselsäure-ausfüllungen; sie erscheinen einerseits als unregelmäßig begrenzte Hornstein-ausscheidungen in der Nähe der unteren Grenze der Bank, welche die Fossilreste in sich fassen, andererseits als halbkugelige Ausscheidungen von Chalzedon und Quarz in der schuppenreichen Bonebedunterlage. Um eine halbkugelige Auswachsung von Chalzedon ist strahlenförmig Quarz in kurzen dicken, dicht zusammengewachsenen Kriställchen gruppiert, deren freie Endflächen wieder von einer schwach opalisierenden Chalzedonkruste überwachsen sind. — Eine Höhlung in dem Fossilkalk von mehr als 2 cm Durchmesser ist zuerst mit einer Chalzedonkruste von 1—2,5 mm (im vorliegenden Querbruch kontinuierlich) ausgekleidet, die dann mit einer sehr feinfaserigen Masse von Gips, unregelmäßig radial geordnet, erfüllt ist.

Darunter folgen Mergelschiefer mit Kalkmergellinsen, deren schieferige Zwischen-lagen zu oberst noch reichlich Fischschuppen und Zähnen enthalten; auch die Linsen lassen solche noch ziemlich häufig, besonders in der oberen Region feststellen 0,25 m

Kuchenmergel mit wenig Schieferzwischenlagen in festgepackte, grob wellenkalkartige, knollige Kalke übergehend 1,00 m

Cycloidesbank, besonders an der Unterfläche sehr reich an *Coenoth. cycloides*; auch hier eine reichlich Fischschuppen führende Anlagerung; die Basis der Bank führt den Rest einer ausgenagten, unregelmäßig abgetragenen, fossilfreien Kalkmergelbank, welche noch taschenartige Einsenkungen hat, die von oben her mit Ockerkalk ausgefüllt sind 0,15 m

Schieferig brechende tonige Mergelplatten	0,50 m
Fossilführende, an kleinen und mittelgroßen Enerinitengliedern nicht arme Bank mit dichten fossilfreien Geschieben von verschiedener Farbe und offenbar verschiedener Einschwemmungsherkunft; sie liegen als Fremdkörper zwischen dem Fossilkalk und seiner an feinerem Detritus reichen, wie kristallisierten Grundmasse; blaugraue Geschiebe zeigen einen dunkleren Rand, eine Veränderung von außen her; die Bank schließt, nach oben allmählich fossilärmer werdend, mit einem leicht gebänderten Mergel ab. Die Basis ist ein Band fossilarmen Mergelkalks mit queren röhriigen Unterbrechungen durch einen fahlgelben Ockerkalk	0,30 m
Dichtgepackte, mit geringen tonigen Zwischenlagen ausgestattete Linsen- und Knollenkalke (hier <i>Ceratites nodosus</i>)	0,60 m

Sechs Fossilienbänke von Handhöhe, welche durch ebenso hohe fossilfreie Mergelkalke getrennt sind. Diese Mergelkalke sind von der Hangendfläche her sämtlich mit einem System von 6—10 mm dicken Röhrendurchbohrungen durchsetzt und ganz hochgradig durchlöchert. Die Wände dieser Röhren sind da, wo sie im Bruch quer getroffen sind, so scharf begrenzt wie die Oberfläche der Bank selbst; nur da, wo der Bruch flachtangential die Röhren anschneidet, hat man natürlich das Bild einer unscharfen Begrenzung, ja den eines allmählichen Übergangs¹⁾ des Füllmaterials und der Röhrenwand. Im anderen Fall des queren Anbruchs gibt es aber keinen schärferen und größeren Gegensatz als den zwischen der Mergelkalkbank und der Füllung der Röhren bzw. jener eigenartigen Lage, welche die Grenze bildet zwischen dem grauen Mergelkalk und der eigentlichen Fossilienbank; diese Füllung und diese „Grenzlage“ unterscheidet sich von dem dichten fossilfreien Mergelkalk durch sein feinkörnig kristallines Gefüge von hellgelbgrauer Farbe. Tonige Beimengungen fehlen in dieser hellockerigen Kalkmasse offenbar ganz; sie enthält nur wohlerhaltene kleine Crinoidenstielglieder²⁾ und Brachiopodenschälchen teils lagerhaft, teils zerstreut; diese größeren Fossilreste senken sich auch in die Röhren, jedoch bilden kleine Vorragungen des Mergelkalks öfters Barren gegen deren Versenkung, so daß die Röhren meist nur mit der feinkörnig-kristallinen Masse erfüllt sind, oder sogar, wenn sich ein abgebrochenes Mergelkalkstück davorlegt, leer bleiben bzw. mit einer Kalzitkruste oder drusigen Kalzitmasse ausgekleidet bzw. versetzt sind. Die hellockerige Grenzlage füllt die ersten Vertiefungen der so unregelmäßig gewordenen Liegendbank aus, so daß sich der in diese Grenzlage örtlich etwas tiefer einragende Fossilkalk an einzelnen Stellen unmittelbar an die erhöhteren Teile der Liegendbank auflagert, an anderen Stellen eine über 1 cm starke Grenzlage unter sich hat.

Sowohl der Ockerkalk wie auch der Fossilkalk führt zweifellos Geschiebe der Liegendbank; dies ist nicht zu verwundern; die Liegendbank ist derart durchbohrt und durchlöchert, daß einzelne flache Vorragungen nur an einer ganz schmalen Brücke noch mit dem Körper der Bank zusammenhängen und in der Ocker-

¹⁾ Diese scheinbaren „Übergänge“ sind in dieser Studie angelegentlich in Betracht gezogen worden, da es sich bei den im II. Teil folgenden Untersuchungen oft um die Feststellung dreht, ob eine Gesteinsänderung eine chemische Umwandlung oder die Ausfüllung einer vorher bestandenen Höhlung ist.

masse bei gewissem Querbruch wie schwimmende Geschiebe aussehen, wovon ich mich durch Herstellung von zweiten Querbrüchen überzeugte. Daß bei einer solchen Durchsiebung aber Teile sich loslösen und die Hangendzonen der Bänke zerbröckelt werden, das ist kein Wunder; es gelangen demnach auch ebenso geschiebeartige Abbruchstücke ins Hangende der Bank wie im Innern durch U-förmige Umbiegungen der Röhren flache, liegende, mit Ockerkalk erfüllte Ohrförmige Räume entstehen.

Von hohem Interesse ist die Tatsache, daß eine dieser Bänke eine schief vom Liegenden nach dem Hangenden gehende, in flachen Verzweigungen sogar auskeilende Zerspaltung mit schönen Styolithen erkennen läßt; auf der einen Seite werden die Styolithenkörper vom Ockerkalk gebildet, auf der anderen Seite vom Mergelkalk; die Köpfe der Styolithen sind mit dem Auflösungsprodukt des Mergelkalks, einer tiefdunkelschwarzen bituminösen Tonkappe versehen, wie sie im Muschelkalk nur bei Toneinschaltungen zu beobachten ist, deren Form zugleich die Styolithensutur ist; eine Umänderung der verschiedenen Gesteine an dieser Suture ist nicht zu beobachten; es läßt die Tatsache folgern, daß diese beiden Gesteinskörper schon völlig abgeschlossene Bildungen waren als die Styolithenformung eintrat.

Kap. 6. Profile durch den unteren Hauptmuschelkalk.

I. Profil vom Klingengraben bei Würzburg.

Dieses von SANDBERGER bezüglich der Fossilien führenden Bänke gekennzeichnete Profil ist in Taf. III Fig. 4 (a—c) bezüglich der Gesteinsverteilung und Charakteristik der Lagerung etwas genauer dargestellt; die Stelle, die SANDBERGER zur Profilaufnahme wählte, ist in ihren höheren Partien leider jetzt ganz zerrüttet; die Zeichnung ist nach einer weiter oberhalb liegenden Stelle entworfen, wo eine Verwerfung über den Graben hinüberschneidet.

Sowohl oberhalb als unterhalb der Encrinitenbank zeigen sich in den Schiefer-tonen schwächere Petrefaktenbänke, dann auch jene für den ganzen Hauptmuschelkalk charakteristischen knolligen Kalke, Kuchen und Linsen von dunkelaschgrauen bis schwarzblaugrauen Mergelkalcken ohne Fossilien; letztere waren auch vor kurzem bei einem Waldwegbau, der von der neuen Frankfurter Straße in den Zeller Ranken führt, aufgeschlossen und waren hier fester zusammengepackt und plattiger, wie an manchen anderen Stellen im gleichen Horizont; solche plattige Entwicklung dunkelschwarzblauer Mergelkalke kenne ich auch an verschiedenen Stellen oberhalb der Spiriferinenbank.

Im großen und ganzen ist im Habitus der Gesteine dieser Region kein wesentlicher Unterschied bezüglich jener der höheren Regionen; er ist nur ein meist sehr eingreifender bezüglich der Vergesellschaftung. Es fehlt vom petrographischen Gesichtspunkt der Anlaß zu einer Einteilung nach größeren Komplexen und ist es daher bei der Kartierung größerer Flächen vorzuziehen, sich möglichst auf die Auscheidung einzelner charakteristischer Bänke, jener der *Coenoth. cycloides*, der *Spiriferina fragilis*, der Trochitenbank (in welcher ich auch bei Zellingen am „First“ die in Franken seltene *Spirig. trigonella* fand), soweit die in diesen Schichten außerordentlich starke Schuttbildung, der ausgedehnte Feldbau und die in vielen Gegenden völlig fehlenden künstlichen Aufschlüsse es erlauben, zu beschränken.

Die tiefsten Schichten bestehen aus einem dichtgepackten Wechsel Versteinerungen führender Bänke mit ruppig geschichteten Kalkmergeln und Kalken, eine

höchst charakteristische Zusammensetzung, welche von einer schwächeren Schiefer-
tonlage unterlagert ist, die mit einer merkwürdigen Bank abschließt.

Diese sehr harte Kalkbank ist mit etwas unregelmäßiger Grenzfläche nach dem Liegenden abgesetzt und enthält eine größere Zahl von schmalen, abgerundeten Geschieben eines hellgrauen Kalkmergels, der in der Verwitterungszone des Gesteins sich sehr rasch gelb färbt, an der freien Oberfläche selbst zermürbt und ausfällt, wodurch diese löcherig wird. Die Lagerungsstruktur zeigt auch starke Strömung an durch auffällig schiefen Absatz der Teile. Ich habe diesen Kalk auch im Annatal (Steinbach-Seitengraben) bei Würzburg, bei Güntersleben, bei Birkenfeld, bei Karbach, bei Himmelstadt gesammelt; bei Güntersleben und Karbach enthält er auch Kieselknollen, hier auch zum Teil größere Geschiebe bis zu 3 cm Durchmesser; die Geschiebe gehören einem plattigen dolomitischen Kalkmergel an.

Im Klingengraben sind darin keine Hornsteinausscheidungen, vielmehr liegen unter ihr in senkrechtem Aufschluß die auch von SANDBERGER erwähnten gelben, dolomitischen Mergel (S. 11 l. c. 1892), unter welchen erst die, neuerdings verschütteten, (vgl. l. c. S. 9), harten, grauen, gradschieferigen Kalke mit „zahllosen Bivalven in zwei Hornsteinlagen“ folgen, die fast unmittelbar von den „Styloolithenkalcken“ unterteuft werden.

II. Profil durch Enkrinitenschichten von Rothenburg o. d. Tauber.

Zum Vergleich mit erstgenanntem Profil sei ein in mehrfacher Hinsicht verschiedenartiges von der Steegmühle bei Rothenburg mitgeteilt.

- 1 Es führt von oben nach unten: weißlichen, fast marmorartigen Trochitenkalk in mehreren festen Bänken mit Horizontalzersprengungen und Styloolithenzügen, felsig im Gehänge vorspringend, mit vielen Schalen und verhältnismäßig weniger angehäuften Trochiten; unter den Schalen sind große Pectiniden und Limiden neben *Coenoth. vulgaris*, die mit Kalkschlammbindung zu einem dichtem Gestein verwachsen sind. An der Basis eine ziemlich scharf abgesetzte, bis 1 cm starke Ockerkalklage mit vielen kleinen Crinoidenstielgliederchen, Brachiopodenschälchen und kleinen Pectiniden, welche sich in zum Teil röhrlige Vertiefungen einer dünnen versteinungsleeren Bank dichten Kalkes einsenken 2,5 m
- 2 Knollige, schlecht zusammengeschlossene, graue Kalkbank mit tonigen Schlieren und reichlichen sowie riesigen Enkrinitenstielgliedern 0,30 m
- 3 Terebratelbank als fester grauer Fossilkalk 0,30 m
- 4 Schiefertone mit reichlichen kuchen- und linsenartigen Einlagerungen 0,50 m
- 5 Fester grauer und dichter Kalk, der durch zahlreiche Einschlüsse klein-kristalliner gelblicher Flecken, die sich meist als umgewandelte organische Reste erkennen lassen, gesprenkelt ist; er verwittert außerordentlich rauhfächig, ungefähr nach Maßgabe der Sprenkelung. Von hohem Interesse ist der Einschluß von scharf begrenzten dunkelbraungrauen Kalkgeschieben inmitten der dichten, grauen, wie unberührten Kalkmasse 0,30 m
- 6 Knollig ruppiger Kalk von unregelmäßigen Tonschlieren durchsetzt, mit Fossilien 1,20 m
- 7 Schiefer mit unregelmäßigen kuchen- und linsenartigen Einlagerungen sowie mit plattigen Fossilienbänkchen; zuerst unregelmäßig gelagert, nach unten fester zusammengeschlossen, zum Teil ruppig-felsig werdend, jedoch

- bei der Verwitterung großbröckelig zerfallend, ein häufiges Verhalten dieser Schichtengruppe (vgl. diese Seite Profil Affental) 3,00 m
- 9 Oolithbank, fast kompakt, nur durch einige seitlich auskeilende Styolithenzüge unterbrochen; wegen der völligen Gleichmäßigkeit des fast nur aus Oolithkörnchen bestehenden, nur sehr vereinzelte Fossilien umschließenden Kalkes sind die Styolithen außerordentlich regelmäßig, besonders bezüglich des eckigen Umrisses und des Fehlens von Fossilkappen in hohem Maße interessant (vgl. hierzu Geogn. Jahresh. 1903 S. 159) 1,50 m
- 10 Grauer Schiefer, schlierig mit unregelmäßigen Kalklinsen. Eine gesammelte Probe zeigt kleine Crinoidenstielglieder und Brachiopodenschälchen, insbesondere eine schön erhaltene *Lingula*; die Grenze gegen den dunkelgrauen Schiefer ist gebildet von einer kalkigen Kruste mit Fischschuppen, kleinen Knöchelchen, einem Gastropodensteinkernchen und kleinen dunkelbraunroten Kalkgeschieben 0,50 m
- 11 Die grauen Schiefer der vorhergehenden Gruppe gehen allmählich, aber rasch heller und regelmäßiger werdend in die gelbgrauen Schiefer der Anhydritgruppe über, die durch einen gelben Dolomit mit kleinen bräunlichen Einschlüssen unterbrochen werden 1,50 m
- Massige, gelbe Dolomitbänke mit schieferig-plattigen wechselnd; eine vereinzelte Zone ist diskordant geschichtet 2,00 m

Neben dem Tauberbach zeigt die unterste dieser Dolomitbänke, ein regelmäßig gelagertes graues Gestein, scharf begrenzte, hellgelbe und hellgraue Einschlüsse, welche sich schon der Form nach als flache, mit der flacheren Seite aufliegende Geschiebe zu erkennen geben; vereinzelte dieser Geschiebe zeigen Lagerungs-(Schichtungs-)Streifen, welche erkennen lassen, daß das längliche Gebilde einer queren Auslösung aus einem schon gehärteten Gestein entstammt; die nicht sehr kantengerundeten Geschiebe weisen auf Gesteine der Anhydritgruppe selbst (vgl. unten) ganz unzweifelhaft hin; ihre Schicht ist wohl identisch mit jener aus den Bohrprofilen von Franken bekannt gewordenen (Geogn. Jahresh. 1901 S. 29 und nächstes Kapitel), welche ich auch in der Umgebung von Karlstadt mehrfach beobachtete.

Kap. 7. Bemerkungen über die obere Grenze und die Einteilung des mittleren Muschelkalks.

1. Die im letzten Kapitel erwähnten, zwischen der Geschiebeschicht und den eigentlichen Hornsteinbänken lagernden, gelben, dolomitischen Mergel würde jeder mann im Handstück als dem mittleren Muschelkalk angehörig erklären; noch mehr im Profil selbst wo sie sich zu oberst als dolomitische Schiefer, sodann als klotzige Dolomite, endlich als Zellenschichten darstellen; diese Schichtmasse von über 2 m liegt also über der Hornsteinbank. Das ist nun nichts Außergewöhnliches; dasselbe beobachtete ich bei Rimpar; auch im Affental bei Retzbach zeigt sich folgendes Profil unter der Trochitenbank:

Kalke und Schiefertone	ca. 0,80 m
klotzige, unregelmäßige, wulstige, zum Teil knollig zerfallende Kalkbänke mit Myophorien, Terebrateln und Monotis	1,80 m
sodann plötzlich typischer gelber, großlückiger Zellenkalk	0,30 m
plattig-schieferiger gelbgrauer Dolomit	2,50 m

dunkelbraungrauer Hornsteinkalk 0,50 m
dann wieder feinplattig schieferiger grauer Dolomit über 1,00 m aufgeschlossen.

Also auch hier liegt der Hornsteinkalk, wie er auch aus dem Typus der Kalke des oberen Muschelkalks völlig herausfällt, in Schichten vom Habitus des mittleren Muschelkalks. Ähnliche Beobachtung machte ich auch in der Umgegend von Kissingen und es ist hier nur kurz darauf hinzuweisen, daß W. FRANTZEN aus der Umgegend von Meiningen (Schmeeheim) im Hangenden des Hornsteinkalks 2,50 m gelbe Mergel und Kalke mit zellenkalkartiger Beschaffenheit erwähnt, über denen dann 3 m wulstige und grobknollige Kalke von typischerem Hauptmuschelkalk lagern.

Dieses Vorkommen hat also eine außerordentliche Verbreitung und es ist die Frage, ob die Hornsteinkalke, deren Fauna auch eine gewisse Eigenheit besitzt, trotz dieses Vorkommens von Petrefakten nicht eher zum mittleren Muschelkalk zu zählen sein sollten. Der mittlere Muschelkalk links des Rheins enthält mächtige Hornsteinbänke; mit diesen Hornsteinbänken und oft sogar in ihnen selbst sind nun auch die Oolithe vergesellschaftet, welche häufig als ganz separate, sonst fossilfreie Bänke auftreten, wie allerdings auch die Oolithführung in die Myophorienbänke ebenso wie auch in die Trochitenbänke selbst hinaufreicht, welche ja links des Rheins nicht allein oolithisch, sondern auch Hornsteine führend sind.

Hierzu ist noch anzuführen, daß E. FRAAS und M. SCHMIDT Erl. zu Blatt Freudenstadt eine Hornstein führende oolithische Schichtengruppe, welche auch Petrefakten führt, vom eigentlichen mittleren Muschelkalk nicht trennen können, und SCHMIDT ausdrücklich darlegt, daß der Zellendolomit bis an die obersten Hornstein führenden Lagen fortsetzt (l. c. S. 78).

Es kann also allein im Hornstein- und Oolithvorkommen nichts Ausschlaggebendes gefunden werden, wenn man bedenkt, daß auch Oolithe zwar nicht im mittleren Muschelkalk der bisherigen Fassung der Obergrenze, wohl aber in der „Anhydritgruppe“ der tiefen Bohrungen auf Steinsalz in Franken festgestellt sind; hierauf ist noch kurz einzugehen.

2. Der Verfasser hat im Geognostischen Jahresheft 1901 eine Gliederung der Anhydritgruppe nach den Tiefbohrungen auf Steinsalz durchführen können und in ihnen eine Zoneneinteilung salinischer Absätze, ein tieferes Hauptsalz und eine davon abgetrennte Hauptanhydritbildung ausscheiden müssen; das tiefere Salz hat seinen eigenen Anhydrit und ist von dem höheren Hauptanhydrit getrennt durch eine Einschaltung von 4—6,5 m kalkiger und kalkig-mergeliger Gesteine und zwar von mit Oolithen wechsellagernden Stylolithenmergeln, welche auch da auftreten, wo auch das tiefere Salzlager durch eine starke Anhydritmasse vertreten ist. Der Hauptanhydrit selbst von ca. 19 m Mächtigkeit hat nun wieder ein dolomitisches Hangendes von ca. 13 m Mächtigkeit.

Diese scharf einschneidenden Abteilungen durch normalere, an gewisse Lagen im unteren und oberen Muschelkalk erinnernde Gesteinsarten müssen sich nun doch auch bemerkbar machen, wo die außergewöhnlichen salinischen Ausscheidungen nicht mehr stattfanden. Wenn man nun bedenkt, daß zwar im großen und ganzen die Ablagerungen des mittleren Muschelkalks versteinungsleer (s. unten) sind, so ist doch darauf hinzuweisen, daß in den Oolithen der Profile Klein-Langheim ein Knochenrest gefunden wurde und im oberen Hauptanhydrit bei Bergrheinfeld ein ziemlich wohl erhaltener Rest eines kleinen Lepidosteiden und einzelne Lepidosteiden-schuppen in zwei verschiedenen Horizonten, daß im unteren Hauptdolomit, nahe über

letzteren Schichten ein Reptilienwirbelvorkommen, und daß diese Funde in einer Bohrkernsäule durchaus nicht auf völliges Aufhören des Lebens in dem salinischen Becken hinweisen. Es dürfte aber auf schwimmende und schwebende Organismen in den oberen Wasserschichten beschränkt gewesen sein, während nur der Boden mit starker Solenkonzentration den sessilen oder kriechenden Organismen unzugänglich geblieben ist. Es steht also die Möglichkeit offen, daß auch in den Randgebieten mit ständigerer Süßwassereinschwemmung sich Mischungen herstellen konnten, in denen Faunen existierend blieben, wie sie auch den Übergang vom Wellenkalk zur Anhydritgruppe zu kennzeichnen scheinen.

Daß süsse Einschwemmungen überhaupt stattfanden, das legen die Vorkommen feiner Sandschmitzen sowohl in dem salinischen als in dem nicht salinischen Verbreitungsgebiete des mittleren Muschelkalks nahe, wenn man sie nicht bei ihrem feinen Korn und in ihrer stratigraphischen Geringfügigkeit dem aeolischen Transport zuschreiben will (dieser kann wohl in Betracht gezogen werden, da man ja auch bei der Annahme der Salzlagerentstehung in submarinen Wannsen oder in durch Barrenabschnürung separierten Meeresteilen trockenes und heißes Klima, vielleicht auch trockenes und stark windiges Klima in deren Umgebung selbstverständlich voraussetzen hätte; auf einer Seite der Kontinent, auf der anderen Seite eine mögliche Verbindung mit dem Meere). Es treffen aber die Sande mit Solenminderung ein!

Am Ausgange einer solchen Epoche mußten aber gerade diese klimatischen Bedingungen vom Rande des Beckens her eine Änderung bringen und dem hier kaum ganz abgewichenen marinen Plankton wieder ein breiterer Raum gestattet worden sein. Alles in allem: die marinen oder fast marinen Bivalvenanhäufungen bilden keinen Einwand gegen die Zuteilung der Hornsteinbänke zum mittleren Muschelkalk.

Die erwähnten feinkörnigen Sandschmitzen kommen nun nach SANDBERGER auch in dem leider jetzt und schon zu SANDBERGERS späterer Zeit verschütteten Teil des Profils am Klingengraben (l. c. S. 9) und zwar in der Mitte eines Hauptkomplexes von Zellendolomiten als Bänkchen im glimmerigen Mergelschiefer vor. Als solche sind sie mir auch beim Bau des ersten Oberzeller Wasserstollens der neuen Würzburger Wasserversorgung bekannt geworden, auch da wo sie als jüngere Auslaugungsrückstände der stets etwas feinglimmerig-sandigen Dolomite zu betrachten waren. In diesem Stollen zeigte sich auch im Hangenden dieser Zellen- und Brekzienschicht ein mächtiges Auftreten von völlig Petrefakten-leeren Oolithkalken, welche nach dem Klingengrabenprofil hin als lokale Ausbildung die Stelle der dichten Kalke mit Stylolithen (vgl. SANDBERGER S. 9) einnehmen.

Wir können daher diese Zellendolomite mit einzelnen Sandeinschaltungen ohne Zwang dem Hauptsalzlager selbst und seinem anhydritischen Hangenden, welches gleichfalls diese feinen Sandschmitzen führt, gleichstellen und kommen von selbst auf die Gleichstellung der tief erbohrten Stylolithenmergel und ihrer Oolithe mit dem Stylolithen und Hornsteine führenden Kalke in der Verbreitung der ausstreichenden Anhydritgruppe.

Sodann hätte man es in den darüber folgenden Dolomiten und den weit verbreiteten höheren Zellenkalken über der Hornsteinbank mit Äquivalenten des Hauptanhydrits zu tun, dessen obere dolomitische Region eine im Geognostischen Jahreshfte 1901 S. 29 abgebildete, höchst charakteristische starke Geschiebeeinschaltung besitzt, welche ich mit den S. 30 erwähnten, auch ziemlich weit verbreiteten Geschiebekalkbänkchen, nicht jene mit Hornsteinausscheidungen, vergleiche.

3. Der Hinweis auf eine sehr entfernte Region der Verbreitung des Mittleren Muschelkalks, das Vorkommen von Rüdersdorf bei Berlin dürfte im Sinne der obigen Ausführungen von Interesse sein. Nach den durch O. RAAB, Jahrb. d. Kgl. Pr. geol. L.-A. 1904 im Anschluß an neue Aufgrabungen ergänzten Untersuchungen von ECK und ZIMMERMANN zeigen die Dolomite des Mittleren Muschelkalks daselbst vier Haupthorizonte mit reichlichen Conchylien, welche unmittelbar über dem Wellenkalk schon auftreten, wie auch die dazwischen liegenden Bänke reichlich Fossilien, Schalthiere und Vertebratenreste führen.¹⁾ Von Wichtigkeit scheint mir die obere Region; da ist ein unterer Zementkalkkomplex (133) mit einer Geschiebelage, welche ich den mit einer Geschiebelage verbundenen Kalkmergeln und Oolithen der fränkischen Profile gleichstelle, woselbst auch Knochenreste gefunden wurden. Den darüberfolgenden Komplex mit den „Salzmalen“ parallelisiere ich mit dem über die Verbreitung des tieferen Salzlagers weit hinausgehenden Hauptanhydrit; die wiederum mit Zementmergeln und einer liegenden Geröll-Lage in Rüdersdorf folgenden Schichten zeigen auch in Franken in den obersten Lagen unter dem Hauptmuschelkalk ihre Vergleichsschichten und bilden den oberen Abschluß des Zyklus der vorwiegend chemischen Absätze: (Kalk) Dolomit, Gips und Anhydrit, Steinsalz, Gips und Anhydrit, Dolomit und (Kalk) (vgl. meine Ausführungen in Geogn. Jahreshefte 1901 z. B. S. 115). A. a. O. wurden auch eine Anzahl Tatsachen besprochen, welche darlegen, daß das Salzlager des Mittleren Muschelkalks nicht, wie die bestehenden Salzseen der Gegenwart, seinen Salzgehalt unmittelbar aus der Zerstörung von älteren Gebirgen und weiten Landesebenen bezogen haben können, sondern daß seine Bildung einer Entwicklung der Meeresverbreitung und Gestaltung, das Salz der Verdunstung des Meereswassers entstammen müsse. JOH. WALTHER hat in seiner „Geschichte der Erde und des Lebens“ im Anschluß an seine ausgedehnten Wüstenstudien die Möglichkeit dieser Entstehung des Salzlagers der Anhydritgruppe bis zur Gewißheit erhoben.²⁾ Ob allerdings der Salzsee vom offenen Meer völlig abgeschlossen war und ob nicht doch noch Verbindungen mit nicht unwesentlichen Meerwasserzuschüssen möglich waren, das scheint durch Profile wie die oben angeführten von Rüdersdorf nahegelegt zu sein. Ein Mittlerer Muschelkalk, dessen Dolomite so versteinierungsreich sind und *Gervillia socialis*, *Monotis Albertii* und *Myophoria transversa* enthalten, scheint doch — nachdem der Wellenkalk mit den Orbicularismergeln abschließt — seiner Verbindungen mit dem offenen Meere nicht ganz verlustig gegangen zu sein. In dieser Hinsicht ist noch zu betonen, daß die fossilführenden Horizonte von Rüdersdorf nach ECK und RAAB von sandigen Einschaltungen durchzogen sind und hier *Myophoria transversa* eine große Verbreitung hat; dieses Fossil fehlt im Wellenkalk Frankens sowie im Hauptmuschelkalk und tritt erst wieder häufiger in den tonigen, sandigen und dolomitischen Schichten, ebenso auch in den Glaukonitkalken der Unteren Lettenkohle auf. In Rüdersdorf wird es auch noch über dem Mittleren Muschelkalk bis zur Trochitenbank von O. RAAB erwähnt. Es besteht somit neben der lithologischen auch eine zweifellos faunistische Beziehung zwischen dem Mittleren Muschelkalk und der Unteren, mit dem Hauptmuschelkalk in jeder Hinsicht²⁾ engstens verknüpften Lettenkohle, für die man noch eine offene Verbindung mit dem Meere nicht leugnen kann. Dem Werte der erwähnten von J. WALTHER gegebenen Dar-

¹⁾ Vgl. auch C. GAGEL Jahrb. d. Kgl. Pr. geolog. Landesanstalt 1909 S. 223.

²⁾ Vgl. hierzu besonders die Darstellungen von EBERH. FRAAS in seinen lithogenetischen Studien über die germanische Trias, welchen ich im wesentlichen zustimme.

stellung kann kein Eintrag geschehen, wenn die Möglichkeit einer solchen Verbindung auch für die Anhydritgruppe in Betracht gezogen wird.

4. Wie nun aus diesen Darlegungen die verhältnismäßig geringe topographische und physikalische Unterschiedlichkeit der Bildungsbecken des Oberen und Mittleren Muschelkalks sich von selbst ergibt, so scheint mir auch noch ein weiteres gefolgert werden zu können: „die beiden in weiter Verbreitung nachweisbaren Haupthorizonte der Zellenkalkschichten entsprechen den beiden Hauptabteilungen salinischer Ausfällung, letzteres in größerer Tiefe des gesamten Ablagerungsbeckens“. Es ist natürlich, daß diese salinischen Körper nicht randlich scharf begrenzt sind, sondern daß Übergangsregionen mit wechselnden radialen Verzweigungen, abgesehen davon auch Inselstöcke mit abnehmender Mächtigkeit vorliegen müssen; jedenfalls stoßen die hier seitlich „vertretenden“ Schichten vielfach an den salinischen Körpern ab und bilden gegeneinander stehende Komplexe nicht nur von höchst verschiedenartiger diagenetischer Verfestigungsart, sondern auch von dauernd höchst verschiedenem chemischen und physikalischen Verhalten (z. B. Plastizität) gegenüber der zunehmenden Überdeckung, sowie gegenüber den späteren tektonischen Bewegungen.

Nun zeigt es sich stets, daß gewisse Schichtmassen bei einer reichlichen Zergliederung in der Horizontalen seitliche Druckwirkungen ohne Schädigungen des Schichtverbandes und der Schichtkonsistenz zu verteilen vermögen, daß andere sprödere und massigere Bänke bei solchen Anlässen quer zerreißen und die Zertrümmerung in ihrem Schichtkörper weitergeleitet wird, ohne daß im Hangenden und Liegenden eine Ursache oder eine Begleiterscheinung zu erkennen wäre. So glaube ich, daß schon das hochgradig plastische Verhalten der salinischen Gebirgskörper gegenüber spröderen Dolomitgesteinen genug Ursachen bietet, daß in den jene genetisch und stratisch ersetzenden Dolomiten auch stratisch bleibende und sich darin fortpflanzende Zertrümmerungen entstehen. Diese Fortpflanzung wird zweifellos dadurch unterstützt, daß hierbei auch den chemischen Umwandlungen und Auflösungen fein verteilter salinischer Beimengungen Tür und Tor geöffnet ist, so daß unter dem waltenden Gebirgsdruck eine weitere Zertrümmerung der Dolomite eintritt, deren Endprodukt eben die Zellenkalke sein dürften.

Solche Zellenkalke gibt es in häufiger und weiterer Verbreitung in erster Linie überall, wo salinische Einschlüsse an mehr sedimentäre Gebiete anstoßen; so zeigen sich im obersten Röt Frankens, den Myophorienschichten in der Umgegend von Jena (nach R. WAGNER) Zellschichten von grauer und graugrüner Farbe; die Äquivalente dieser Schichten zeigen im Profil von Bergrheinfeld reichlich Anhydrit im tieferen Innern der Mulde, aber auch, wie eine Bohrung bei Würzburg zeigte, nahe am Ausstreichen. Bemerkenswert ist, daß deren hangende Ockerkalke (Wellendolomit) nach meiner Erfahrung nie eine Zellenumwandlung zeigen, wie eine solche die ockerigen Kalkschichten, welche als Hangendes mit den tiefen Geschiebekalkschichten des Wellenkalks verbunden sind, oder auch (vgl. unten S. 42) die Ockerkalke im Liegenden des Schaumkalks nicht selten erkennen lassen. Im letzten Falle handelt es sich übrigens um rasch anschwellende und auskeilende Einschaltungen, welche unter besonderen Druckverhältnissen stehen und gerade so wie gewisse harte spröde Kalke aus der Region der Gastropodenschicht des Wellenkalks oder der Semipartitusregion des Hauptmuschelkalks mit einer scharfen, weder ins Hangende noch ins Liegende fortsetzenden Zerklüftung auf den Gebirgsdruck antworten.

Daß bei den genannten Ockerkalken die Umwandlung zu Zellenkalken vor sich ging, möchte ich nicht mit BECKENKAMP auf Rechnung unmittelbarer, mecha-

nisch sprengender Einwirkung der Bildung von CO_2 und $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ bei der Umbildung der Gesteine durch versitzende meteorische Wasser setzen.¹⁾ Der Gebirgsdruck ist hier nicht auszuschalten; wohl mag aber die besagte Umbildung das Gestein durch Veränderung seines ursprünglichen, während der Diagenese geschaffenen Festigkeitsgleichgewichts dem ebenfalls sich ändernden zu- und abnehmenden Gebirgsdruck wieder in hervorragender Weise ausgesetzt haben. Tektonisch verursachte Gewichtsdruck-Änderungen im Schichtenverband und durch Metamorphose im Innern der Schichtgesteine bedingte Gleichgewichtsänderungen scheinen mir zur Erklärung dieser Bildungen im gleichen Maße heranzuziehen sein (vgl. unten über die Entstehung der sigmoidalen Zerklüftung).

Kap. 8. Myophorienschichten und Schaumkalkregion²⁾ im Mainingebiet.

I. Profil durch die Myophorienschichten und den Schaumkalk an der Veitshöchheimer Straße bei Würzburg.

Taf. V Fig. 1.

1. Die oberste Schicht bildet ein schmutziggelber dolomitischer Mergel, der durch seine Farbe den Gehalt an Eisenkarbonat verrät, was bei dem Veitshöchheimer Profil in den tieferen Schichten nicht mehr auffällt; doch ist zu bemerken, daß diese tieferen Lagen alle frisch angesprengt sind, daher noch Kernfärbung zeigen, andererseits, daß bei anderen Aufschlüssen sämtliche Schichten bis abwärts zum Schaumkalk derart hell- bis dunkelocker gelb gefärbt sein können.
2. 3—4 m großenteils massige feste Mergel, von welchen die oberste Zone noch einen Stich ins Gelbe zeigt.
3. ca. 8 cm schwach nach oben abgesonderte, in der Dicke nicht gleichmäßige, dunkelbraungraue, rauhe bis grobporöse Kalklage, deren Lücken oft wie ausgelaugte ockerige Bröckchen, deren Füllungen wie Überkrustungen solcher Bröckchen aussehen und hie und da auch ein fein stalaktitisches Verhalten zeigen; teilweise sind die Lücken mit Kalzit sekundär erfüllt.
4. Eine schwache, durchschnittlich 0,1 m dicke Kalkmergellage mit steil stehender sigmoidaler Zerklüftung (vgl. II, Kap. 8), welche weder ins Hangende noch ins Liegende fortsetzt und auf die Schicht beschränkt erscheint.
5. Massiger, schwach geschichteter Mergel, dessen obere Hälfte an einzelnen Stellen des Aufschlusses, in stärkerer Neigung der Lagerungsstruktur, an der unteren mit ganz flachliegenden Lagerungsfugen diskordant abgesetzt ist. Die untere Grenze bildet ein öfters deutlich abgesondertes Kalkbänkchen mit Durchschnitten von *Myoph. orbic.*; insgesamt etwa 0,70 m mächtig.
6. 0,12 m festes Bänkchen mit gelben und grauen, flachen, abgerollten Geschieben von Kalk und Mergel, deren hie und da nicht ganz geschlossenes Bindemittel kalzitisch ausgefüllt ist. Diese Einlagerung findet sich nicht in ganzer Erstreckung des Profils, wenigstens in nicht so hervortretender Deutlichkeit; sie wird schwach und scheint, mit dem Hangenden und Liegenden gleichmäßig verwachsen, zu verschwinden; sie ist besonders schön in der

¹⁾ Zahlreiche Beobachtungen über Bildung von Eisenoxydhydrat in Eisenkarbonat haltigen Kalken wurden im Laufe der vorliegenden Untersuchungen gemacht, ohne daß hierbei Anhaltspunkte für oben berührte Ansicht gewonnen werden konnten.

²⁾ Ein Übersichtsbild für die nachfolgenden Abschnitte gibt Taf. VII Fig. 1.

- Nähe der Gedenktafel in größerer Höhe, östlich davon aber nach dem Beginn des alten Steigs unter Gesichtshöhe zu erkennen und in ihrer Verschwächung nach Osten hin zu studieren.
7. 0,40 m breitgebänderter Mergel, der etwa 30 cm von der Obergrenze eine höchst eigentümliche, an einzelnen Stellen verdoppelte Einlagerung hat; erscheint brekziös-fleckig, gleich als ob Rollstücke in ihrer Zusammensetzung zum Teil noch eine gewisse Weichheit besessen haben müssen (Schlammgerölle?); in den dunklen Partien zeigen sich im Querschnitt kreisrunde, drusig (Zölestin, Gips, Kalzit) erfüllte Einschlüsse, welche länglichen Gebilden angehören; diese kommen auch deutlicher wurmartig an der oberen Grenze der Schicht vor und zwar in einer gelben ockerigen Masse, welche die Basis des Geschiebekalkes bildet; hier sind die Röhren aber dicht mit dem Material des Hangenden, mit dunkelgrauem Mergel, erfüllt; es sind also Bohrröhren.
 8. Blaue, klotzige Mergel mit vereinzelt knolligen, dicken Linsen voll von Myophorien, welche sich, soweit sie in einem Niveau liegen, zu schwachen Myophorienbänkehen schließen können; nach unten werden die Mergel dünn-schichtiger, 2—2,5 m.
 9. Diese Schicht von dunkelbraungrauer Farbe hat sehr wechselnde Dicke und erweist sich der unter 3. beschriebenen Lage sehr verwandt, soweit sie eine geringe Mächtigkeit hat;¹⁾ beim Erreichen größerer Mächtigkeit erscheint die Schicht nicht als einfache Zwischenlage, sondern entweder als eigenartige Ausfüllung einer Vertiefung im Liegenden oder eine stark anschwellende Inkrustationsumhüllung eines etwas emporragenden Teiles der Unterlage. In solchem letzteren Falle zeigt sich (z. B. ca. 150 Schritt westlich der Gedenktafel) auch eine schalig-buckelig, gewölbt gebogene Bänderung, eine wirkliche Seesinterstruktur (Stromatolith); sie ist entweder ganz gleichmäßig oder umhüllt kleine eckige Fragmente, von denen nur noch die Auslaugungshohlräume da sind; als Schalenfragmenthöhlungen lassen sich nur recht wenige erkennen; ich bezeichne die Schicht als Myophorien-Seesinter, nicht weil in ihr Myophorien häufig oder charakteristisch wären, sondern weil sie auf die Myophorienschichten beschränkt ist (vgl. die übrigen Profile S. 38—40 und II. T. Kap. 9).
 10. 1,5—2,5 m oben massiger, unten öfters schichtig zerteilter, grauer Mergel; näher der unteren Grenze zeigt sich ca. 30 cm über dem oberen Schaumkalk eine sehr reichlich Myophorien führende Lage, welche, öfters bankartig abge-sondert und etwas kalkiger, als Haupt-Myophorienschicht zu bezeichnen ist. Die Myophoria zeigt sich nicht nur auf den Schichtflächen ziemlich massen-haft, sondern auch, allerdings zerstreuter, in dem Bankkörper selbst.
 11. Obere Schaumkalkbank, hangende Hälfte; oolithisch, mit reichlichen Petrefakten, an der Hangendgrenze dichter gleichmäßiger Kalk, nach der Liegendgrenze feinkörnig und fleckig, nur mit undeutlich begrenzten Ge-schieben ca. 0,45 m
 12. Darunter eine hie und da tonige Schicht, oft aber dichte und harte, graue Kalkbank, welche in eigentümlicher Weise mit dichtgedrängten, aufrecht

¹⁾ Ich vermute, daß diese Schicht mit der *Myophoria orbicularis*-Schicht der Beschreibung dieses Profils von J. BECKENKAMP übereinstimmt; ebensowenig weiß ich sicher zu sagen, welche der oben unter 3., 6. und 7. gegebenen Lagen dem „teilweise kristallinen Bänkehen“ der gleichen Profilbeschreibung gleichgestellt werden kann, da bei den etwas wechselnden Mächtigkeiten der einzelnen Lagen nur genauere lithologische Charakterisierungen leiten können.

stehenden, „sigmoidalen“ Klüften durchsetzt ist; es ist dies eine nicht seltene Erscheinung in gewissen dichten Kalken der Schaumkalk- und Myophorienmergelzone, auf welche wir noch näher zurückkommen ca. 0,10 m

13. Obere Schaumkalkbank, liegende Hälfte; die oberste, oft schieferartig abgesetzte Zone ist konglomeratisch, d. h. mit Einschlüssen von Geschieben eines dichten, grauen Kalkes, die zweifelsohne abgerollte Stücke eines liegenden Wellenkalkgesteines sind; in der Mitte der Bank ist der Kalk fein oolithisch; an der Basis stellen sich wieder die größeren Gerölle ein, genau wie ich dies von Bergheinfeld zu Taf. I Fig. 2, S. 45 beschrieben und abgebildet habe. Die Basis selbst ist ein feinkörniger, dichter, grauer Kalk, der mit dem übrigen Schichtkörper eng verwachsen ist; er ist in höchst unregelmäßiger Weise angenagt und mit Bohrgängen von oben her durchsetzt, deren Höhlung mit Schaumkalk und Zölestin erfüllt ist; diese Erscheinung, welche für die untere Schaumkalkbank sogar in der weiteren Umgegend von Würzburg allgemein ist, habe ich genau in gleicher Weise von Bergheinfeld in der erwähnten Abbildung dargestellt; sie gilt für die Schaumkalkaufschlüsse in der Umgebung von Zellingen-Karlstadt ebenso wie für die bei Karbach-Marktheidenfeld; man bezeichnet also eine sehr weit verbreitete Tatsache hiermit; 0,70 m
14. Nach einer schwachen, schieferigen Zwischenschicht zeigt sich eine feste Bank aus einer Aufhäufung höchst unregelmäßig wirt gelagerter, dünner, wurmartiger Wulstgebilde bestehend, welche, abgesehen von der wirt verschlungenen Lagerung, einen Übergang zum Wellenkalktypus darstellt 0,40 m
15. Den Zwischenraum nach der unteren Schaumkalkbank nehmen 2—3 massige Bankkomplexe ein, welche von oben nach unten mehr und mehr den Typus des Wellenkalks annehmen; unten zeigt sich ein dünnplattiges Gefüge der Bank; in der Mitte erwähnt schon BECKENKAMP ein Petrefaktenbänkchen; hierin finden sich auch kleinere Rhizokorallen ca. 1,50 m
16. Die untere Schaumkalkbank besteht aus einer von zwei dichten, nicht oolithischen Teilen eingefassten oolithischen Bank, ca. 40 cm, zusammen etwa 1,20 m

BECKENKAMP vermutet wegen der geringen Mächtigkeit dieser Schaumkalkbank, daß am Stein noch in einer etwas tieferen Lage Schaumkalk vorkommt; ich teile diese Ansicht; bei den Wasserfassungsarbeiten im gegenüberliegenden Oberzell erwies sich die obere Schaumkalkbank etwa 6 m von der unteren entfernt, während hier nur 2,50 vorliegen; ich erwähne, daß ich auch in der Umgebung von Kissingen und im unteren Maingebiet zwischen der oberen und unteren Schaumkalkbank eine schwächere, oft auskeilende oolithische Bank beobachtete, mit welcher jene am Steinberg verglichen werden könnte.

II. Profil durch die Myophorienschichten an der Riedmühle SW. Zellingen a. M.

(Taf. VI Fig. 1—3).

Über einer in ihrem Liegenden nicht mehr aufgeschlossenen Schaumkalkbank (11) folgt nach einer schwachen Einschaltung von Schiefnern noch einmal ein 0,6 m mächtiges, bräunliches, weniger dichtes, Schaumkalk-artiges Bänkchen, darauf typische Myophorienschichten und zwar:

10. Ein Wechsel von Schiefnern (zurücktretend) und dichten, ebenflächig-bankigen Mergelkalken mit zum Teil stark dolomitischem und sphärosideritischem Aussehen (von allen Wellenkalkgesteinen abweichend), von denen die untersten

- auch versteinierungsfrei sind, die höheren aber Myophorien sowohl an den Schichtflächen als auch (vereinzelter) im Innern der Bank führen; die Kalke sind sehr bituminös 1,0 m
9. Mergel mit stellenweise auffälliger S-Zerklüftung, an anderen Stellen in dünne Schichten plattig aufgelöst (S-Zerklüftung = Sigm.-Zerkl.) . . . : ca. 0,10 m
8. Eng auf deren unregelmäßige Oberfläche aufgelagert eine Seesinterinkrustation (Stromatolith), die stellenweise anschwillt und an der regelrecht traubigen Oberflächen und dem schaligen Bau zu erkennen ist, dann aber auch nur, in kleineren Ansätzen zu solchem, mit dazwischen geschaltetem Sinterkalk wirrer Lagerung eine flachere, bankartige Verbreitung annimmt. Was den Kalk selbst anbelangt, so ist er da, wo er nicht regelmäßigen Schalenbau zeigt, also ein ruhiges Wachstum nicht erkennen läßt, erfüllt gewesen mit einer Masse von Fragmenten, wohl hauptsächlich von Myophorienschälchen, die alle zertrümmert waren; die Auslaugungshöhlen sind nun ockerig beschlagen, was aber auch die Fugen des Schalenbaus zeigen; der Kalkzement selbst ist sehr dicht und lediglich Kalk mit relativ geringem Tonrückstand bei verhältnismäßig stärker vertretenem Quarz; die Vertiefungen der Oberfläche sind ausgefüllt und ausgeebnet mit schieferig plattigem Mergel; mit der Unterlage bildet die Schicht eine Masse von ca. 0,28 m
7. Darüber eine Schicht bankiger Mergel von dem Verhalten derjenigen über dem Schaumkalk; die Zwischenfugen zeigen hier feinsandige Reste mit Glimmerblättchen; auch tritt eine ziemlich starke Ablagerungsdiskordanz auf; die Oberfläche der Schicht senkt sich selbst sehr stark; zwischen 0,40 und 0,80 m
6. Wellenkalk-artige dünnengelagerte Kalkmergel, welche die Vertiefung der vorhergehenden Schicht ausgleichen 0,75—0,35 m
5. Nach oben ohne sehr scharfe Grenze in einen Mergel nach dem Typus der Myophorienbänke übergehend, der die S-Zerklüftung deutlich und schön entwickelt hat 0,20 m
4. Darüber eine Myophorienlumachelle 0,02 m
3. Ein Bänkchen mit einzelnen Myophorien auf der Schichtfläche und feinen Wellenfurchen auf der Oberfläche 0,02 m
2. Dünnp Plattige, dolomitische Mergelschiefer mit vereinzelt Linsen von kalkigen Knollen mit Myophorienschalen 0,80 m
1. Darüber noch einige Platten eines festen dolomitischen Mergels.

III. Profil durch die Myophorienschichten am Hühnerlöchle bei Helmstadt.

(Taf. V Fig. 2).

1. Das Hangende des Aufschlusses bildet klotziger, gelber Dolomitmergel in etwas zerrütteter Lagerung 1,00 m
2. Lettig zerfallende Dolomitschiefer mit einzelnen harten Mergeln . ca. 0,50 m
3. Grauer, schieferiger Dolomit 0,50 m
4. Drei harte Kalkmergelbänke, die mittlere mit S-förmiger Zerklüftung 0,30 m
5. Grobwellige, dünngebankte, etwas wellenkalkartige Kalkmergel mit einer starken Ablagerungsdiskordanz 1,00 m
6. Ebenflächig geschichtete Mergel mit drei Bändchen, deren Oberfläche unregelmäßig löcherig angewittert ist;
7. Seesinterlager mit unregelmäßiger, gebauchter Oberfläche, deren Vertiefungen regelmäßig vom Hangenden glatt ausgefüllt sind; sehr viel unregel-

mäßiger sind die Sack-, Taschen-, Mulden- und Höhlen-artigen, oft in der Tiefe stark zugespitzten Vertiefungen, in welche sich die ganze Überkrustung, obwohl lagerartig, doch steil eingesenkt hat, wobei die darunterliegenden Schichten wie ausgenagt aussehen (das Detail zeigt Taf. VI Fig. 7 und 8, vgl. unten Kap. 9 II. Teil). Das schalige Wachstum setzt überall auf der Liegendfläche an und steigt senkrecht aufwärts bis zur Hangendfläche, woselbst es raumabschließend sich anfügt, d. h. das Hangende legt sich ebenso geschlossen und scharf an, wie etwa bei der in fast allen Profilen der Myophorienschichten wenigstens einmal zu beobachtenden diskordanten Überlagerung zweier Kalkmergelkomplexe. 15 cm

8. Die Seesintereinlagerung durchschneidet im Liegenden bis zu drei Schichtkomplexe schieferiger Mergelplatten, welche nicht ganz ebenflächig, sondern etwas knotig wellig gestaltet sind; die mittlere zeigt eine auffällige Lagerungsdiskordanz ca. 0,90 m
9. Kalkige Bank als Myophorien-Schalenhäufung 0,15 m
10. Ebenflächig schieferige bis schwachbankige Mergel mit feinsten Durchsetzungsstreifen, welche, an der Oberfläche angewittert, sich als alternierende, mehr oder weniger widerstandsfähige Vertikalbänder mit feinsten, den Schichtfugen entsprechenden Ein- und Ausbuchtungen kenntlich machen (vgl. Taf. XI Fig. 4); hierbei sei darauf aufmerksam gemacht, daß die Fortsetzung der Vertikalstreifen nach dem Innern des Gesteinsbrockens senkrecht zu der abgebildeten Fläche hineinziehen, die Ausbiegungen also wirklich den Bändern angehören, nicht etwa nur als scheinbare Kurvenanschnitte durch Unregelmäßigkeiten der abgebildeten angewitterten Oberfläche erklärt werden können 0,45 m
11. Drei harte, Myophorien und kleine Gervillien führende Kalkbänke 0,25 m
12. Unregelmäßig schieferig zerfallende Mergel mit Myophorien auf den Schichtflächen, nach unten eine harte Kalkbank mit Myophorieneinschlüssen 1,75—2 m
13. Oberer Schaumkalk 0,85 m
Das Liegende bildet typischer, dünnplattiger, blaugrauer Wellenkalk mit einzelnen kleinen Rhizokorallen.

Die Stromatolithensinter fanden sich auch in den Myophorienschichten der ganzen Umgebung von Neubrunn, zwischen Würzburg und Wertheim, immer an ziemlich der gleichen Stelle des Profils der Myophorienschichten, wie ich sie auch in der Umgegend von Kissingen, allerdings etwas seltener, auffand; an einer Stelle südlich von Urspringen war hiermit auch ein Oolith vergesellschaftet. Dies erinnert an ein Profil, das L. HENKEL (Monatsber. d. D. g. G., 10. Nov. 1907, S. 267) von Hochhausen nahe bei Neubrunn gibt, woselbst eine dritte Schaumkalkbank über den zwei Hauptbänken in den Myophorienschichten angegeben wird, deren Oolith merkwürdig groß sei. Ich habe die Lokalität besucht, kann die Tatsache bestätigen und füge in Taf. V Fig. 3 ein Profil der dortigen Myophorienschichten bei.

1. Zu oberst Schiefer mit *Myophoria orbicularis*; dann noch nahe unter der Grenze des mittleren Muschelkalks:
2. Oolithbank mit großen Oolithkörnern, die oft in einzelne Putzen zusammengebacken erscheinen, dazwischen zahlreiche Myophorien, Gervillien (in einzelnen Horizontalzügen) und Knochenreste, was an die von SCHUMACHER bei Niederronn beobachtete Knochenbank erinnert¹⁾ 0,50 m

¹⁾ Mitt. d. geolog. Landesuntersuchung f. Elsaß-Lothringen. 2. S. 152.

3. Ebenflächige, plattig-schieferige Kalkmergel mit Myophorien auf den Schichtflächen oder in Kalklinsen oder in festen Bänken eingeschaltet; besonders an der Basis die charakteristische Hauptmyophorien-Lumachelle. . . 0,50 m
4. Schieferige, plattige Kalkmergel, sich dem Typus des Wellenkalks mehr und mehr nähernd 1,00 m
5. Obere Schaumkalkbank mit sehr feinem Oolithkorn in typischer Entwicklung, dagegen mit den mir hier bis dahin noch nicht bekannt gewordenen Einschlüssen stromatolithischer Linsen, die auch darauf hinweisen, daß gewisse lagenartige, oft wellige Ausscheidungen im Schaumkalk, die nicht oolithisch sind, auf eine ähnliche Weise entstanden sein müssen wie die erwähnten Seesintergewächse, aber gleichmäßiger fein und dicht ausgeschieden wurden.

Kap. 9. Allgemeine Kennzeichen der Myophorienschichten.

In Einzelheiten wären die Einschaltungen von primären Seesinterkalken (Landschaftenkalk bzw. Stromatolithen) in weiter Verbreitung in bestimmter Profilhöhe zu erwähnen, eingelagert in Ausnagungsvertiefungen der Myophorienschichten selbst; hiermit ist das vereinzelte Vorkommen von einer allerdings schwachen Geschiebeschicht im höheren Rang des Profils verständlich; vereinzelte starke Ablagerungsdiskordanzen sind nicht zu vergessen (II. T. Kap. 9).

Die Myophorien selbst kommen meist ohne Schale ziemlich unmittelbar über dem Schaumkalk im festen Mergel vor; in kalkartigen Linsen auch im höheren Horizont als Schalenanhäufungen, welche oft die Form von „Schlangensteinen“ (vgl. S. 44 und II. T. Kap. 12) annehmen; hier sind die Schalen meist kalzitisiert, vergipst oder mit Gips vergesellschaftet.

An die gegebenen Eigenheiten ist noch anzuschließen, daß mit dem Konglomerat auch eine liegende Zone mit Bohrröhren von Würmern beobachtet wurde;¹⁾ auch diese Erscheinung hat eine weitere Verbreitung; nach zwei von Dr. SCHUSTER aus der Myophorienkalkregion gesammelten Proben mit „Stengelgebilden“ (Wurmberg bei Neubrunn, nahe der badischen Grenze) zeigt sich hier eine von oben unregelmäßig angenagte und ockerige Lage mit Wurmröhren, welche mit dem Material des Hangenden erfüllt sind; dies ist dunkelbraungrauer, Geschiebe umschließender Seesinterkalk. Bei Würzburg (Oberzell) treten viele Geschiebe des von Bohrwürmern durchwühlten dolomitischen Grundes auf.

Was den Gesteinscharakter im allgemeinen betrifft, so sei folgendes hervorgehoben: Alle Mergelbänke des Profils an der Riedmühle zeigen die Eigentümlichkeit halbockeriger Anwitterung, sind im Kern dunkelschwarzbraun gefärbt und sehr bituminös; die gleichen Mergel an der Veitshöchheimer Straße verfärben hellgraublau und haben mehr blauschwarze Kernfarbe, sind auch nicht so bituminös; die ockerige Verfärbung gilt für sehr viele Vorkommen der Myophorienschichten, wo das Gestein schon im frischen Bruch dolomitisch aussieht und im Habitus von den Gesteinen des mittleren Muschelkalks nicht zu unterscheiden ist; manche dichten und völlig gleichmäßigen Gesteine dieser Region (noch mit *Myophoria orbicularis*) zeigen auch oben linsenartige längliche Löcher offenbar ausgelaugter kleiner Gipslinsen, wie dies die Gesteine der Anhydritgruppe so häufig zeigen. Bei

¹⁾ Vgl. auch das entsprechende Vorkommen von *Rhizocorallium* in der Mitte der Myophorienschichten von Rüdersdorf nach Eck, Abhandl. z. geolog. Spezialkarte von Preußen etc. Bd. 1. S. 92.

Oberzell sind die Gesteine wirkliche Dolomite, welche von Bohrwürmern durchstoßen sind.

Wenn nun schon unter der Schaumkalkbank häufig ein gelber Dolomit bzw. Zellenkalk auftritt, der dem des mittleren Muschelkalks völlig gleicht, auch in der Myophorienschicht vereinzelt, nicht starke, wellenkalkartige Bänke seltener auftreten, die desto geringer wellenkalkartig sind, je höher sie im Profil der Myophorienschichten liegen, so nähern sich doch im ganzen betrachtet die Myophorienschichten entschieden mehr den dolomitischen Mergeln oder Kalkmergeln des mittleren Muschelkalks; so bildeten eigentlich die Myophorienschichten die Einleitung der Gesteine des mittleren Muschelkalks. Allein das gelegentlich häufigere Vorkommen der *Myophoria orbicularis* in den oberen Schaumkalken im NO. des Gebietes berechtigt nicht, diese Schichten enger zum Wellenkalk zu ziehen; denn eben das massenhafte Vorkommen dieser auf eine Degeneration hinweisenden Muschelart unmittelbar über dem Schaumkalk macht auch faunistisch einen gewaltigen Einschnitt in die untere Grenze des Myophorienkalks; ein paar kleine Gastropoden und Gervillien und das seltene Vorkommen einiger versprengter Faunenrelikte sollten hierbei nicht zu maßgebend sein, nicht maßgebender als das Auftreten ähnlicher Petrefaktenbänke in der unteren Lettenkohle. Tatsächlich gehört die Myophorienregion zum mittleren Muschelkalk, wie sie auch kartistisch von ihr häufigst, wenigstens in fränkischer Ausbildung, sehr schwer zu trennen ist.

Eine eigentümliche, hier anhangsweise zu besprechende Erscheinung zeigt ein Fund zwischen Birkenfeld und Urspringen; hier sind die meist mit einer Klappe im Gestein liegenden Myophorienschälchen mit einer höchst feinzelligen Masse erfüllt und zwar so als ob immer ein innerster Teil des Lumens damit ersetzt sei; die Zellenwände sind häufig sehr dünn, und bei genauerem Zusehen mit der Lupe erkennt man, daß die Höhlchen alle stabförmig sind und trotz einer Überkrustung einen sechseckigen Querschnitt wohl erkennen lassen. Dies ist das Kennzeichen von Kristallhohlräumen, wie wir sie später im Wellenkalk im größeren Umfang kennen lernen werden (vgl. II, Kap. 13).

Kap. 10. Lagerungseigenheiten in den Schichten zwischen beiden Schaumkalkbänken.

Dieser Schichtenkomplex zeigt stets schon oder noch den typischen Wellenkalkcharakter: zu größeren Schichtpaketen ohne bemerkenswerte Toneinschaltungen fest zusammengepackte, knollig-wellige, plattig-fladige, häufig sich auskeilende und einschaltende Kalke und Kalkmergel meist ohne Fossilienreste. Die Lagerung der plattig-fladigen Teilschichtchen ist meist nicht ganz konkordant mit den Schichtfugen, welche die großen und größeren Komplexe voneinander trennen; manchmal, und nicht einmal selten, steigert sich das zu sehr starker diskordanter Parallelstruktur (Überguß- oder Steilrandschichtung, Schichtung in Böschungslage).

Daneben kommen zwischen ganz regelmäßig gelagerten hangenden und liegenden Komplexen sehr eigentümliche Zonen liegend gefalteter und überfalteter Teilschichten vor, deren oft zapfig endende Falten im Queranbruch konzentrische Querschnitte bieten, sogen. krumme Lagen oder wirklich gewickelte Schichten; dies ist offenbar während der Sedimentation entstanden, da die Unebenheiten sofort sich nach dem Hangenden hin zu normaler Überlagerung ausgefüllt bzw. ausgeglichen haben.

Taf. VII Fig. 2 zeigt solche Wickelungen mit Ausgleichung¹⁾ während und nach der Faltung aus dem Wellenkalk im Norbertusheim bei Oberzell (Würzburg) nach einer Skizze, welche Dr. SCHUSTER bei einem gemeinsamen Besuch dort machte; Taf. VII Fig. 3 und Taf. VIII Fig. 1 und 1a stellen derartige Bildungen aus dem Hangenden der unteren Schaumkalkbank bei Neubrunn nach gemeinsamer Aufnahme von Dr. SCHUSTER und mir dar; bei Taf. VII Fig. 3 scheinen die Faltungen auf der Schaumkalkbank etwas gegliitten; sie sind übrigens auch noch später, nach der Erhärtung, durch Druck deutlich gestört (vgl. II, Kap. 11).

Taf. VIII Fig. 1 und 1a zeigen übrigens auch eigenartige Querschnitte von schüsselförmigen bis plankonvexem Umriß, deren Konvexität stets nach unten liegt; sie gehören länglich gestreckten Steingebilden an, welche von dem übrigen Schichtenverband durchaus getrennt sind: Schlangensteine. An einzelnen Stellen führen sie Fossilreste; Fig. 2 und 3 derselben Tafel zeigt solche Querschnitte aus der Umgegend von Karlstadt und Wiesenfeld; Fig. 4 aus der Umgegend von Würzburg (Norbertusheim); hier sind Einschlüsse als Kristallhöhlen da; das Gebilde ist 1 m lang und zwischen 12 und 1 cm hoch (vgl. Taf. XI Fig. 5 „Kopfende“ und Fig. 6 die sehr verkleinerte Schlange). Über die Entstehung dieser Gebilde wird unten (II. Teil Kap. 12) eigens gesprochen. Die Versteinerungslinsen deuten wohl auf die sonst hie und da vorhandene mittlere Schaumkalkbank hin.

Kap. 11. Übersicht über die Merkmale und Eigenheiten der Schaumkalkregion.

Über der unteren Schaumkalkbank folgt noch Wellenkalk in ganz typischer Ausbildung, über der oberen dagegen in Franken nur in der untersten Region selbst höchst selten eine dem Wellenkalktypus nahestehende Bank; einzelne höhere Lagen von welliger Oberfläche sind gröber und unregelmäßiger wellig-knollig.

Der Schaumkalk zeigt oft an seiner Oberfläche eine großzügige Wellenfurchung mit 0,30—0,40 m Entfernung der Wellenfirste; er besitzt in umfangreichstem Maße die Anzeichen der Verschwemmung seiner Bestandteile, die möglicherweise nicht weit reichte. Selten sind feinkörnige, offenbar während der Sedimentation zum Teil wieder abgetragene Mergelkalkeinschaltungen (Fundlage der *Handlirschia Gelasii* Reis.²⁾)

Sowohl die obere als die untere, wie auch die obere der beiden etwa zweigeteilten und durch dichten Kalk geschiedenen Bänke zeigt an ihrer Unterseite Bohrröhren in einer dichten Bank, die häufigst mit dem Material der Schaumkalkschicht erfüllt sind, vgl. Taf. VII Fig. 4, 5 und 6 und Taf. IX Fig. 1 (bzw. Unterleinach [Zellingen] und Münnerstadt) und II, Kap. 15. Diese Röhren kommen auch in den Geschiebekalkbrocken im Innern der Oolith- und Schalenanhäufungen vor; es ist kein Zweifel, daß sie nicht erst als Geschiebe angebohrt wurden, sondern dem zerstörten Untergrund angehören; das geht aus ihrer Lage bzw. der häufigen Wendung der Mundöffnung der Röhren nach unten hervor.

Es sind keine Geschiebe im Schaumkalk, welche nicht auf die Zerstörung der liegenden Schicht bezogen werden könnten; einerseits ist die Durchbohrung letzterer durch Organismen selbst außerordentlich stark, so daß nur geringe Bewegungen zum Zerfall der Schicht gehören, andererseits sind Bodenbewegungen auch im Liegenden und Hangenden der Schaumkalkbänke angedeutet, woselbst nach der Konsistenz

¹⁾ Die Ausgleichung ist auch durch die Verschiedenheiten in der Lage der Falten schon erstrebt.

²⁾ Vgl. Abhandlungen der Kgl. Bayer. Akademie d. Wiss. II. Kl. XXIII. Bd. III. Abt. 1909.

und der Struktur der Schichtpackungen die Überfaltungen und Wickelungen eintraten, wie dies in dem Profil von Neubrunn dargestellt ist; solche Bewegungen können auf einen so durchbohrten Schichtgrund zuweilen endgültig zerreißend wirken. Es muß hier abgesehen werden von wirklich tektonischen Bewegungen.

Der Geschiebekalkcharakter des Schaumkalkes ist in weitester Verbreitung in Franken deutlich; zum mindesten erstreckt es sich auf gewisse Abschnitte des Schichtkörpers.

Die Mächtigkeit des Schaumkalks ist wechselnd; manchmal erleidet die obere Bank die stärkste Veränderung; in der Umgegend von Neubrunn ist sie an einer Stelle eine dünne Platte mit Crinoidenstielgliedern und Schalenfragmenten; an gewissen Orten ist sie ganz ohne Oolithbeimengungen, fast lediglich *Myophoria orbicularis*-Schicht, an anderen Stellen besteht sie fast nur aus feinsten Oolithanhäufung.

Die untere Bank zeigt bei Retzstadt (Scheckenberg) ein von ihr getrenntes Kalkbänkchen mit großen Crinoidenstielgliedern, das wieder nach unten in ein schieferiges Mittel Rhizokorallen einsenkt; die großen Enerinitenstielglieder sind in beiden Schaumkalkbänken häufig. Zwischen beide schiebt sich oft eine geringer mächtige, aber doch oolithische Bank ein.

Typische Stromatolithengewächse zeigten die Bänke nur an einer Stelle, obwohl gewisse weitverbreitete Lagen in ihnen offenbar ähnlichen Ursprung haben.

Groß ist der Reichtum an Stylolithenzügen und zwar mehr im Innern der bankigen Anhäufungen; wichtige Einsammlungen in dieser Hinsicht werden an anderer Stelle behandelt werden; sie bestätigen die in Geogn. Jahresh. 1901 S. 62—92 gegebene Erklärung (vgl. II, Kap. 39 unten).

Die Zerspaltungen in den Schaumkalkbänken beschränken sich häufig auf die einzelnen Bänke oder auf beide zusammen mit ihren wellenkalkartigen Zwischenschichten.¹⁾ Da die tiefere Unterlage hierbei kompakt bleibt, bildet besonders die untere Schaumkalkbank einen wasserspendenden Horizont, in dessen oft ausweiteten Klüften sich das Wasser in großen Zügen sammelt (vgl. Oberzell bei Würzburg, Himmelstädter Mühle). Große Höhlen darin, wie das Heidenloch bei Urspringen an einer ca. 15 m über dem Tal liegenden Bergkante, beweisen den Wasserkurs in sehr alter Zeit. Sehr erweiterte Spalten in dieser Region zeigt auch die Kalkwand an der Dominikushöhe bei Retzbach gegenüber Zellingen.

Die Schaumkalkbänke verwittern schwer, und dann zu einem feinen, tief rostbraunen Lehm, der häufig in dünner Lage als eluviales Produkt die vom Schaumkalk gebildeten, nicht gerade in der Vegetation begünstigten Bergterrassen bedeckt; diese Art der Verwitterung gilt für alle Petrefakten führenden Bänke des Wellenkalks.

Im unmittelbaren Liegenden der unteren Schaumkalkbank findet sich oft eine dünne Schicht ockerigen, zelligen Kalkmergels, der an jene des mittleren Muschelkalks sehr erinnert, jedenfalls aus den Gesteinsarten des Wellenkalks stark herausfällt.

Kap. 12. Der Wellenkalk zwischen der Schaumkalkregion und dem „Wellendolomit“.

Es gilt hier hauptsächlich, die lithologische Charakteristik der meist in ihrer Folge und Fauna schon bekannt gewordenen, Versteinerungen führenden Bänke und der petrefaktenfreien Zwischenschichten zu fördern (vgl. Taf. VII Fig. 1).

¹⁾ Vgl. auch das Gangsystem zwischen den Schaumkalkbänken im Profil Bergrheinfeld. Geogn. Jahresh. 1901. S. 43.

- a) Die Liegendschichten der Schaumkalkregion zeigen hie und da Diskordanzen in der Schichtung der aufeinander folgenden schieferig-fladigen Wellenkalkpakete; einzelne Lagen in der oberen Region enthalten verzweigte breite Einschlüsse (vgl. Taf. IX Fig. 21 und Taf. XI Fig. 9, 10, 20—22), andere enthalten Schlangensteine (vgl. oben S. 42 und II, Kap. 12 unten); nach unten zu zeigt sich eine Zone häufig unregelmäßiger Wickelungen (II, Kap. 11).
- b) Spiriferinenbank; eine oft aus mehreren dünnen Plättchen, manchmal aber einheitlich bis zu 15 cm starke Bank mit Spiriferinen und *Pentacrinus dubius* als Hauptfossilien, welche meist auf der Unterfläche der Bank sichtbar sind; die großen Limen etc. decken die Hangendfläche der Schicht; sie besteht aus einer Schalenbrekzie mit verhältnismäßig geringem Bindemittel; auffällig sind aber fast an allen Orten große Geschiebe von Kalken des Wellenkalktypus. Nicht selten finden sich im Liegenden auch dicke röhrenartige Durchbohrungen, nach Art der im Schaumkalk und im Ecki-Oolith etc. (S. 45—48) erwähnten. Zuweilen zeigen sich bis handhohe Ausnagungen der Unterlage.
- c) Es folgt nach unten eine ziemlich gleichmäßig entwickelte Masse von etwas dickschichtigerem (bezw. weniger dünn-schieferigem) Wellenkalk, in welchem sich näher der Terebratelbank in weiter Verbreitung entweder dicker-fladige Lagen oder langgestreckte Schlangenstein-artige klotzige Einlagerungen finden, welche entweder in ihrer Mittelregion zahlreiche Höhlungen einzelner Kristallformen, die nach SANDBERGER auf Gips¹⁾ hindeuten, oder vereinzelt zweiseitig entwickelte, in der Mitte eingeschnürte Doppelrosetten dieser Kristallhöhlungen aufweisen (vgl. Taf. XI Fig. 7 und 8). Die Kristalle können bis 2 cm lang und 5 mm breit, die Rosetten bis 4 cm lang werden. Oft ist die Anhäufung der Kristalle in einer Mittelregion so stark gewesen, daß ihre Auslaugung eine zentrale Höhlung verursachte (vgl. Taf. VIII Fig. 5, 6 und 7 aus dem Liegenden der Schaumkalkbank von Retzbach, woselbst die Einlagerungen viel „Schlangenstein“-artiger gestaltet sind).
- d) Die Region der Terebratelbänke.

Es lassen sich in vielen Fällen zwei Bänke unterscheiden, eine obere schwächere, mehr als Schalenanhäufungslager entwickelte Bank und eine untere, häufiger fest Felsbank-artig bis 1,5 m ausgebildete, welche wohl auch Terebratelmassen lagerartig enthält, daneben aber Teilbänke bzw. -Lagen dicht gehäufte kleiner Stielglieder von Encriniten aufweist. Neben der *Coenoth. vulgaris* sind sehr häufig *Mon. Albertii*, die nirgends fehlenden großen Limen und Pecten. Beide Terebratelbänke sind durch „Wellenkalk“ i. e. S. bis zu 2,5 m Mächtigkeit getrennt.

Die Bivalvenschalen (sogar auch die Monomyarier in gewissem Maße) sind sämtlich umkristallisiert und durch Eisenspat-haltiges Karbonat ersetzt, das auch im Bindemittel eine gewisse Rolle spielt und die Bank sehr eisenschüssig verwittern läßt.

Auffällig ist das Vorkommen von Zinkblende, Kupferkies und Malachit im Innern drusig durchwachsender Schalenhöhlungen, auf Kalkspat aufgewachsen, oder auch in einem Ersatz der Schalensubstanz selbst (Thüngersheim, Münnerstadt, Kissingen).

¹⁾ Sie sind wohl mit den von E. FRAAS und M. SCHMIDT in Wellenkalkhorizonten des südlichen Württembergs genauer bestimmten Zölestin-Pseudomorphosen gleichzustellen (vgl. II, Kap. 13).

Die untere Terebratelbank ist oft geschiefbeführend, oolithisch und pseudo-oolithisch; hier zeigen sich auch dunkelbraunrote Geschiebe mit feinen Bohrröhren, die durch den Transport angeschliffen erscheinen; auch zeigt sie gar nicht selten größere Bohrröhren in ihrer Liegendbank selbst (vgl. unten g).

- e) Die Liegendschichten der Terebratelregion ähneln im großen und ganzen sehr jenen der Hangendregion; an mehreren Stellen fanden sich hier Schlangensteine und vereinzelt eine Lage mit gewickelter Struktur; auch hier zeigen sich Lagerungsdiskordanzen.

An einzelnen Stellen (Karbach) finden sich hier graue, unregelmäßig geschieferte Mergel, welche zahlreiche Knollen in unregelmäßiger Lagerung enthalten; es sind dies offenbar zerstörte und umgelagerte Wellenkalkbänke, deren eben (entsprechend den Wellenfirsten) erhärtete Kerne wieder ausgelöst und verschwemmt wurden; derartige Schichten mehren sich nach unten und erinnern an die aus dem Bohrloch von Bergrheinfeld (Geogn. Jahresh. 1901 S. 46).

Es sei hier ein Profil aus dieser Region von der Wellenkalkwand gegenüber Karlstadt am Aufstieg zur Karlsburg mitgeteilt:

1. Schicht mit Wickelungen und Faltungen der Wellenkalkschichten nach verschiedenen Richtungen; auch sehr starke Faltenfirste liegender Falten zeigen keine Längssprünge oder sonstige mechanische Einwirkungen; da wo zwischen den Falten die Firste aufgeblättert erscheinen, zeigen sich massenhafte Ansammlungen von kleinen Kristallhöhlen (S. 44¹). Wohl ist die Schicht auch von Druckerscheinungen nach der Erhärtung betroffen; sie spielen sich da ab, wo eben der Zusammenhang undicht war und sind Folgen späteren Gebirgsdrucks nach älteren Auslaugungsvorgängen;
2. 20 cm schwach schieferige hellgraue Mergel mit unregelmäßig eingelagerten Kalkknollen, die offenbar in dieser Form verschwemmt sind;
3. Petrefaktenbänkechen 0,3 cm
4. Unregelmäßig schieferige hellgraue Mergel mit größeren Knollen, länglich linsenförmig, fast geodenartig eingelagert, nach unten in festgebundenen normalen Wellenkalk übergehend; diese Fazies ist hier selten . . . ca. 1,0 m
5. Wie 2. 0,5 m
6. *Ecki-Oolithbank*, aus zwei Hälften bestehend 0,75 m
7. Darunter plattige graue Kalke von dichtem, gleichmäßigem Gefüge. 0,45 m
8. Normaler Wellenkalk, der ca. 20 m tiefer ziemlich typisches Verhalten und regelmäßige Lagerung beibehält.

Die Schicht 1 ist in ihren Einzelheiten in Taf. VII Fig. 7 dargestellt; die Entstehungsarten dieser Bildungen werden im allgemeinen Teil in einem besonderen Kapitel dargestellt werden.

- f) Die *Ecki-Oolithbank* ist in unserem Gebiete eine der Terebratelbank sehr ähnliche, aber minder mächtige, eisenschüssig verwitternde, viele Crinoidenstielglieder (*Encr.*) und Brachiopodenfragmente (*Dielasma Ecki*) führende Bank. Sie führt aber reichlicher dünnplattige Geschiebe, in starker Abrollung ihrer Kanten, sowohl graue Gesteine, welche unmittelbar auf typischen Wellenkalk hinweisen, als auch jene oben erwähnten dunkelrotbraunen Kalke, beide Arten oft mit den feineren Bohrröhren durchsetzt. In den meisten Fällen ist die Bank einheitlich, ist aber häufig in sehr auffälliger Weise unregelmäßig horizontal zerklüftet. Ihre Hangendfläche zeigt oft wie die des Schaumkalks breitgesetzte Wellenrippen (S. 42). Ihre Liegendgrenze stößt an einen meist etwas

dickplattigen festen Kalkmergel von sehr gleichmäßigem Bruch, dessen stets ebene Oberfläche von der Hangendschicht her mit den großen und breiten, aber auch den schmalen Bohrröhren durchsetzt ist (Taf. IX Fig. 2—4). Es sind dies zwei sehr verschiedene Typen von Höhlungen, die mit der Substanz der *Ecki-Oolithschicht* meist dicht ausgefüllt sind. Die großen Röhren zeigen einen verdichteten Hof, dem ähnlich bei jenen im Liegenden der Schaumkalkbänke; die außerhalb dieses befindliche Gesteinsmasse ist im anstoßenden Teil rotbraun gefärbt; auch bilden die kleinen Röhren, besonders wenn sie gehäuft sind, einen Verdichtungshof ähnlicher Art um sich (II, Kap. 15).

Bei Veitshöchheim, Straße nach Thüngersheim, ist, wie dies öfter vorkommt, die Schalen führende Hangendbank nicht abgelagert; dagegen ist die durchbohrte Oberfläche der Liegendschicht, die hier eine starke riffartige Ausnagung an einer Flexur zeigt, sehr deutlich (vgl. Taf. VII Fig. 8). Die Oberfläche ist mit zahllosen kleinen Schalen bewachsen (*Placunopsis ostracina*) und zeigt eine tief rotbraun-graue Färbung, die sich nach unten in hellrot-grau aufhellt, wodurch sie sich gegen die normale dunkelgraue Farbe des nicht mehr durchbohrten Kernes der Schicht scharf und fast überganglos abhebt: die Dicke der äußersten Farbzone ist 1 cm, die der helleren $3\frac{1}{2}$ — $5\frac{1}{2}$ cm, je nach der Länge der Röhren (vgl. die im II. Teil gegebene Textbeilage).

Diese äußere Farbzone zeigt den Weg, wie auch aus dem gewöhnlichen Wellenkalk in lokaler Umwandlung in den ältesten Stadien der Schichtdiagenese Farbentönungen im Gestein entstehen können, auf welche jene außergewöhnlichen, mehrfach erwähnten tiefbraunroten Geschiebe zurückzuführen sind, welche auch in so häufigen Fällen kleine Röhren zeigen.

Es sei hier das Spezialprofil durch diese Region aus nächster Nähe von Würzburg mitgeteilt (Bruch neben der Straße von Thüngersheim nach Veitshöchheim am Südfuß des Ravensbergs, ca. 825 m nördlich von der Bahnkreuzung zunächst Veitshöchheim). Dieses Profil skizziert auch SANDBERGER in Verh. d. Phys.-Med. Ges. z. Würzburg F. F. XXVI S. 187 (3).¹⁾ Wir berücksichtigen nur die Schichten zunächst der Straße, die früher in einem unteren und oberen Stockwerk abgebaut wurden. Die Oberkante des höheren Steilrandes ist gebildet durch:

1. Dichtgepackte Bank von Wellenkalkplatten, welche unten leicht gewellt gebogen sind ca. 1,00 m
2. Schwaches Bänkehen mit stark umgewandelten Schalenfragmenten in kristalliner Masse mit ockeriger Zersetzung einzelner Streifen; Ober- und Unterfläche verwittern zu einem reichlich glimmerführenden Feinsandstein, ähnlich der Bank mit *Beneckeia Buchi*, welche unten (S. 49) beschrieben wird 0,03 m
3. Bröckelig zerfallender Wellenkalk ca. 0,35 m
4. Dichtere festere Bank, ganz durchzogen von steilschief stehenden Rhizokoralien, deren Masse aus Ockerkalk besteht ca. 0,25 m
5. Bröckelig zerfallender Wellenkalk ca. 0,21 m
6. Dickplattig bis brockiger Wellenkalk ca. 0,20 m
7. Bröckeliger Wellenkalk, eine kleine Schutthalde bis zur nächsten Abbauterrasse bildend ca. 2,00 m

¹⁾ Es dürfte sich in folgender Darstellung um die unteren 6—8 m handeln, welche in dem SANDBERGER'schen Profil skizziert sind.

8. Festere, weniger brockig zerfallende Bank mit Rhizokorallien 0,20 m
9. Bröckeliger Wellenkalk 0,68 m
10. Dichte Kalkbank mit zahlreichen Rhizokorallien, deren Füllung aus massenhaft angehäuften Zölestin besteht (vgl. H. FISCHER Geognost. Jahresh. 1901, S. 13) 0,17 m
11. Bröckeliger Wellenkalk 1,30 m
12. Rhizokorallienbank wie 10 0,10 m
13. Wellenkalk wie 11.
14. Fossilienbank, als dichter Kalk mit vielen im Gestein aufgezehrten Einschlüssen und ockerig erfüllten Bohrröhren.
15. Bröckelige, wellige Kalke mit Schieferzwischenlagen und vereinzelt Ger-villien 0,65 m
16. Bohrwürmerbank, deren Verlauf auf etwa 30 m Länge zu verfolgen ist; sie zeigt in der oberen Hälfte zahlreiche kleine und vereinzelt dickere Bohrröhren; in die untere Hälfte dringen diese selten ein, biegen vielmehr (besonders die dickeren) an der Grenze beider Hälften horizontal um; die Oberfläche ist ziemlich regelmäßig mit einem Pflaster von *Placunopsis ostracina* besetzt; vereinzelt zeigen sich auch Limen aufgepreßt; in dem größten Teil der Aufschlüsse, soweit die Schicht regelmäßig bankartig ist, liegt das Hangende 15. unmittelbar darauf. Die Oberfläche ist aber nicht überall regelmäßig; nicht daß etwa die Bank gefaltet wäre, sondern sie ist unregelmäßig bis zu 33 cm Tiefe ausgenagt, wie dies Taf. VII Fig. 8 zeigt; dann ist aber die ganze Ausnagungsfläche mit den auf diese auslaufenden querschiefen Schnittflächen der einzelnen tieferen Bankabteilungen fast gleichmäßig von den Bohrröhren durchsetzt und ähnlich besiedelt, wie das oben dargelegt wurde. Die Vertiefungen sind nun sehr verschieden ausgefüllt; einzelne flachere höher liegende mit einem ockerigen Petrefaktenkalk bis zu 10 cm, andere tiefe (Taf. VII Fig. 8) mit schiefer-toniger und knolliger Masse. Die in Textbeil. 1 Fig. 1—2 II. T. dargestellte Vertiefung enthält eine Ausfüllung von hellgrauem, körnigen, sehr eisenarmen Dolomit, der nur einseitig etwas verockert ist; eine große Schale von *Lima striata* liegt in ihrem Grund, daneben andere Schalen von mittlerer Größe insbesondere von *Placunopsis* in von beiden Seiten sich in die Mulde herabsenkenden Lagenbändern; mit ihnen zeigen sich viele Glaukonitkörnerchen bis zu 1 mm Größe, wenigstens nicht viel darüber, wie auch Glaukonit Schalenreste und den Gesteinsrand an einigen Stellen förmlich durchtränkt. Zu Seiten der Vertiefung (in deren Grund keine Bohrröhren sich befinden), setzt sich die schwache Auflagerung von diesem ockerigen Bivalvenkalk fort, jedoch stets durch eine schwache Zwischenlage von grauem Ton von der *Placunopsis*-Siedelung getrennt. Den oberen Abschluß der Schicht bildet ein sehr feinsandiges glimmerreiches Material. Die höhere und tiefere Region der Bohrwürmerschicht ist außerordentlich reich an FeS_2 und stets entfernt vom Außenrand sind zahlreiche Löcher von ausgelaugten Kriställchen (Zölestin) im tiefen Körper der Schicht.
17. Die Basis der Bohrwürmerschicht, zuerst mit dieser eng verwachsen, bilden bis 3 m dichte Kalke, welche oben dickplattig und dünnplattig wellig sind; hier zeigen sich wie häufig an der Basis der Ecki-Oolithe eine Anzahl flacher Diskordanzen an der Ablagerung der Wellenkalkplatten.

g) Die liegenden Schichten der *Ecki-Oolithbank*.

In großem Umfange zeigen sich hier in sonst typischem Wellenkalk Diskordanzen und Wickelungen (vgl. Taf. VII Fig. 9 und 10 von mehreren Brüchen bei Marktweidenfeld, desgleichen Taf. III Fig. 5). Weiter finden sich auch innerhalb des Schichtengefüges nicht nur an der Grenze gegen die *Ecki-Oolithbank* breitere Ausnagungen, welche durch ungeschichteten dichten Kalk ausgefüllt wurden (vgl. Taf. VIII Fig. 8 und 9 von einem Bruch bei Marktweidenfeld); in diesen Schichten ist auch das Auftreten typischer „Schlangensteine“ besonders häufig zu vermerken; sie werden unten näher besprochen, so weise ich hier nur auf Taf. VIII Fig. 10—12 hin; sie zeigen meist gehäufte Kriställöcher,¹⁾ sind selten ganz dicht.

In einer gewissen Höhe finden sich auch hier Lagen, die erfüllt sind mit den schon oben unter der Schaumkalkbank erwähnten, breit verzweigten Kalkgebilden, welche von elliptischem Querschnitt mit dessen größerer Achse meist senkrecht stehen (vgl. Taf. XI Fig. 11 von Steinbach und II. Teil: Kap. 36, Sogen. Steinstengelkalke).

Kap. 13. **Myophorienschichten, Schaumkalk- und Terebratelschichten im oberen Saalegebiet.**

Es soll nur auf einiges wenige Unterschiedliche hingewiesen werden.

In den Myophorienschichten zeigen sich die Sintereinschaltungen hier weniger häufig, ohne indessen zu fehlen. In sehr auffälliger Weise finden sich aber in der Umgebung von Kissingen in diesen Schichten die Aufschlüsse mit sigmoidaler Querzerklüftung gerade in vielen Brüchen (vgl. Taf. V Fig. 4—8 und unten II. Teil Kap. 8). Die beiden Schaumkalkbänke und ihre Zwischenschichten sind im großen und ganzen nicht sehr verschieden entwickelt. Für die darunter liegende Region sei folgendes Profil von der städtischen Kiesgrube am Wendelinusberg wegen einzelner Punkte mitgeteilt; eine zeichnerische Darstellung folgt in den Erläuterungen zu Blatt Kissingen 1:25000.

Die Obere Schaumkalkbank, die in der weiteren Umgebung ziemlich stark ist, liegt hier verdeckt und der Aufschluß beginnt mit typischen dünnplattigen Wellenkalkschichten 3,00 m
 Untere Schaumkalkbank mit mehreren schmalen Einlagerungen dichten Kalkes, mit Schalenfragmenten und deutlichen Oolitheinschlüssen 0,30 m
 Kalkunterlage als gesprengter bzw. durchlöcherter Kalk; die ockerigen Füllungen mit Encriniten und Geschieben, die bis zur Liegendfläche eingeschwemmt sind (s. zum Vergleich Taf. 1 Fig. 5, II, Kap. 20 0,10 m
 Wellenkalk mit einem Bänkchen mit kleinen Bohrröhrchen 0,15 m
 gelber Ockerkalk, zum Teil als Zellenkalk entwickelt 0,40 m
 Wellenkalk 0,90 m
 zwei Bänkchen mit Wellenkalk-Zwischenmittel; ersteres mit Myophorien 0,08 m
 Wellenkalk mit einzelnen Fossilbänkchen, vertikal erhöhten stengelartigen Einschlüssen und *Spongiomorpha*-artigen Körpern (II. Teil Kap. 37) 2,50 m
 fester Kalk, bestehend aus einer oberen Geschiebe-führenden Lage (mit Dentalien), welche in starke Ausnagungslöcher eines unteren Kalkes eingefügt

¹⁾ Unter dieser Bezeichnung ist stets das gleiche Auftreten ganz bestimmter Kristallhöhlungen, wahrscheinlich von Zölestin oder Baryt gemeint (vgl. II. Teil Kap. 13 und S. 44).

ist, welcher für sich auf einer mit großen Bohrröhren versehenen Schichtunterlage aufruhrt (II. Teil Textbeil. 2 Fig. 1); hier zahlreiche Glieder von *Pentacr. dubius* 0,50 m

im unmittelbaren Liegenden zwei schmale Krinoidenbänke über einem Lager mit schmalen rhizomoiden oder kaulomoiden Einschlüssen 0,10 m

Wellenkalk mit einzelnen fein-sandigen, schwach ockerigen Einschaltungen und einer gewickelten Lage 11,00 m

mergelig-schieferige Einschaltung mit Limen-, Ostreen- und Encrinitenresten 0,30 m

Wellenkalk 8,00 m

Obere Terebratelbank, eisenschüssiger Kalk 0,50 m

Wellenkalk mit einzelnen schwärzlichen, unregelmäßig schieferigen Toneinschaltungen 2,40 m

Untere Terebratelbank mit vereinzelt Malachit in den Schalenhöhlen 0,60 m

Auch hier zeigen sich in der Umgegend im Liegenden der Terebratelbank öfters große Bohrröhren; an verschiedenen Stellen finden sich Kupfererze in den Schalenhöhlungen und in den kalzitisierten Schalen selbst.

Die beiden über der Terebratelregion nach dem Schaumkalk zu liegenden Bänke lassen sich im Gelände an verschiedenen Stellen erkennen, eignen sich aber nicht zur kartistischen Gliederung; die obere Zone mit *Pentacrinus* dürfte der Spiriferinenbank in der Maingegend entsprechen, welche auch dort häufig ein Bohrwürmer-Liegendes besitzt.

Kap. 14. Die tiefsten Schichten des Wellenkalks im Maingebiet.

Da diese Schichten ein besonderes Interesse in faunistischer wie lithologischer Hinsicht beanspruchen, so seien hier verschiedene Profile einiger entfernt von einander liegenden Örtlichkeiten in Einzelanführung mitgeteilt.

I. Profil an der Dominikushöhe oberhalb Retzbach:

Es sei von der Terebratelbank abwärts besprochen; unter dieser folgen zuerst wellenkalkartige, doch nicht so fest geschlossene Mergel, dann schieferige, hellgraue, wie dolomitisch aussehende Kalkmergel, die zu kleinem Gebröckel und fast sandig zerfallen, dann wieder dünnplattiger Wellenkalk in halbfelsiger Verwitterung, zusammen ungefähr 22 m, wobei die *Eckioolith*bank fehlt, die übrigens auch nach Thüngersheim-Veitshöchheim zu nicht deutlich entwickelt ist (vgl. oben S. 46—47), dagegen bei Leinach eine schwache Vertretung findet. Darunter folgt

dichter, Eisenkarbonat-führender, im Innern blaugrauer, außen gelb verwitternder Kalk, dessen Verwitterungsoberfläche sehr reichlich Glimmer und feinen Quarzsand erkennen läßt, die natürlich auch im Säurerückstand bleiben; obwohl versteinungsarm, zeigt er Nester mit zahlreichen ziemlich großen *Beneckeia Buchi* (6 cm) und *Worthenia* sp., vereinzelte *Lima lineata*, *Gervillia*, *Pecten* sp., sehr spärliche Krinoidenstielglieder, Rhizokorallen und Knochenreste von Reptilien . . . ca. 20 m

darunter ein Petrefakten führender, grauer Kalk mit Encrinusstielgliedern 5—8 m

dünnschieferiger, hellgrauer, dolomitisch aussehender Mergel . . . 1,00 m

Geschiebekalk mit Encrinitenstielgliedern, mit grauen und dunkelrotbraunen Geschiebebrocken mit feineren Bohrröhren, die durch den Transport oft der

T-OK
 22
 20
 6,50
 1,00
 0,05
 0,20
 1,53
 4,50

 57,98

Länge nach angeschliffen sind; auch hier Knochenreste. Das Bindemittel ist umkristallisiert, zeigt Zölestin und Glaukonit, der an der gleichen Geschiebekalkbank nördlich von Retzstadt (Neuenberg) sehr gehäuft vorkommt; in Drusen ist weißlicher Zölestin auskristallisiert	0,05 m
dünnschieferiger, hellgrauer Wellenkalk	0,20 m
Dentalienbank mit einem kleinen Ammonitenrest, der sich am besten an <i>Ceratites antecedens</i> anschließen läßt	0,03 m
Wechsel von grobwulstigem und großknolligem Wellenkalk und typischeren, dünner gelagerten Wellenschichten	1,50 m
kleinbrockiger, wellenkalkartig gelagerter Geschiebekalk, wie zerstörter und umgelagerter Wellenkalk aussehend; die Wellenkalkbröckchen sind oft steil gestellt; das Bindemittel mergelig, hellgrau und unregelmäßig blätterig zerfallend (Geschiebe-Wellenmergel II. Teil Kap. 19)	2,00 m
eisenschüssiger Geschiebekalk, genau wie oben	0,20 m
Wellenkalk, dünnplattig, in typischer Form	1,00 m
fast massiger Geschiebe-Wellenmergel mit häufig steilgestellten Bröckchen als Teile einer Umlagerung noch nicht ganz gehärteten Wellenkalks	1,30 m
unregelmäßig bröckeliger Kalk, dessen Folge nach unten von Schutt bedeckt ist.	

II. Das zweite Vergleichsprofil bringt auch diese tieferen Schichten bis zum Röt zur Anschauung; es ist am Volkenberghang bei Oberleinach, S. Zellingen, aufgenommen:

Terebratelbank;	
Schichten bis zur <i>Ecki-Oolithbank</i>	ca. 13,00 m
<i>Ecki-Oolithbank</i> als Kalk mit <i>Lima</i> -, <i>Gervillia</i> - und <i>Ostreaschalen</i> mit sphärosideritisch-kalzitischem Schalenumsatz.	0,30 m
plattige Wellenkalke (1 m gut aufgeschlossen)	ca. 5 m
darunter dünnschieferiger, hellgrauer, dolomitisch aussehender Kalkmergel ca. 5 m gelblich verwitternder, feinsandiger, mit freiem Auge gut sichtbare weiße Glimmerplättchen führender (dolomitischer?) Kalk mit <i>Beneckeia Buchi</i> , <i>Coenoth. vulgaris</i> , <i>Lima striata</i> und <i>Rhizocorallium</i>	0,20 m
hiermit verbunden die Dentalienbank und ein Geschiebekalk in nicht deutlichem Schichtzusammenhang	ca. 0,30 m
großklotziger, sonst typischer Wellenkalk	3,00 m
grauer, schlecht geschichteter Wellenkalk in wirrer Lagerung von Kalkknöllchen, nach unten in hellgrauen Mergelschiefer übergehend, von der Art, wie oben das Bindemittel der Knöllchen beschrieben ist.	2,00 m
Geschiebekalk mit <i>Lima</i> und <i>Encrinus</i>	0,20 m
grobklotzig gelagerter Wellenkalk	1,10 m
graue Kalkmergelschiefer, dolomitisch aussehend	1,20 m
Wellenkalk, typischerer Art	0,50 m
Mergel mit wirr gelagerten Kalkknöllchen (Geschiebe-Wellenmergel)	1,00 m
Geschiebekalk, eisenschüssig	0,18 m
schieferiger Mergel, matt hellgrün	2,70 m
Kalkbänken mit einem Netz breiter feinkristalliner, ockeriger Füllungen (gesprengter Kalk)	0,20 m
mergeliges, schieferiges Gestein mit Kalkbröckchen wie Geoden	2,40 m
gelblich verwitterndes Gestein mit Beimengungen in Form von grauen Kalkgeschieben	0,30 m

Wellenkalk mit starken mergeligen Zwischenlagen	1,00 m
Ockerkalk	0,30 m
Graue Schiefer, wie dolomitisch aussehend	2,20 m
in schwarzgrauen Schiefertone übergehend	0,50 m

hierauf scheint nochmals ein Ockerkalk zu folgen, jedenfalls tritt unmittelbar darauf der Rötletten im Gehänge deutlicher zutage.

III. Das höchst charakteristische Gestein des feinsandigen, glimmerführenden Kalks mit *Beneckeia Buchi* zeigt sich südlich von Leinach in den benachbarten Höhen auch noch; dagegen fand ich es mit einem Oolith verbunden nur noch südwestlich von Karlstadt, z. B. am Kleeberg bei Wiesenfeld. In der Gegend von Rothenfels, Waldzell, Karbach, Neubrunn, nach der badischen Grenze zu, traf ich diesen Sand-Glimmer-Kalk nicht mehr an. Bei Waldzell fand ich dagegen in einer mit einem typischen, für sich bestehenden Geschiebekalk verbundenen, plattigen Dentalien und andere Gastropoden führenden hellgrauen Bank neben zahlreichen Gervillien auch *Beneckeia Buchi* in einem Exemplar ungefähr 10 m unter der *Ecki*-Oolithbank. Diese Dentalienbank ändert sich in dieser Gegend dadurch, daß sie sich einerseits in Linsen mit vielen (ausgelaugten) Gastropoden auflöst, andererseits in eine eisenschüssige Kalkbank von 30 cm Mächtigkeit übergeht, deren Hangendabschnitt, ein oolithisches Gestein, zum Teil Gastropoden führt (0,25 m), dessen liegender Teil (0,05 m) voll von ausgelaugten Gastropoden ist.

Darunter folgen 0,30 m bröckeliger Wellenkalk, 0,30 m Wellenkalk mit stengelartig-rhizomoid verzweigten Einschlüssen, 0,30 m bröckeliger Wellenkalk, 2,00 m zum Teil plattiger, zum Teil typischer Wellenkalk; sehr eisenschüssiger Geschiebekalk (Ockerkalk mit Geschieben und Encrinus), dessen Substanz sich in die Vertiefungen eines „gesprengten“ Kalks (vgl. II. T. Kap. 19) einsenkt, der den Aufschluß nach dem zunächst in schwacher Störung anstehenden Röt abschließt.

IV. Ein Profil zwischen Thüngersheim und Veitshöchheim teilt SANDBERGER l. c. S. 4 als verschüttet mit; ich habe in dieser Gegend am Nordfuß des Ravensbergs nachstehende Schichtenfolge noch erkennen können:

Obere Schaumkalkbank, Zwischenschichten 5 m, untere Schaumkalkbank, Terebratelbank ca. 30 m tiefer, besonders stark als Krinoidenkalk entwickelt;	
<i>Ecki</i> -Oolithbank (0,30 m) sphärosideritisch über „gesprengtem“ und durchbohrtem Kalk mit ockerigen Füllungen ca. 20 m tiefer;	
wechselnd fest und weniger fest gebundene Wellenkalke	ca. 7,5 ⁰ m
konglomeratische Bank	0,10 m
Wellenkalk	2,00 m
dichter Kalk mit Limen;	
Wellenkalk, nach oben schief und quer durchzogen mit breiten ockerigen Adern zwischen knolligen Kalkkernen	5,00 m
härtere Kalkbänkechen, linsenförmig auskeilend, mit vielen Gastropoden	0,10 m
Wellenkalk	ca. 2,00 m
Bank mit Lima etc.	0,20 m
wellenkalkartige Mergelschiefer	2,00 m
Geschiebebänkechen	0,10 m
unebenschieferige Mergelschiefer	1,5 ⁰ m
unten Geschiebe führende gelbliche Mergelkalke	0,40 m

Kalkbänkchen mit ausgenagter Oberfläche (ähnlich Taf. I Fig. 5, S. 53) 0,15 m wellenkalkartige Mergelkalke, an der Basis dichter werdend; sodann Ockerkalk als tiefste Schicht über dem seitlich anstehenden Rötletten.

V. Zum Vergleich hiermit seien auch zwei Detailprofile südlich von Kissingen neben dem Bahneinschnitt zwischen Arnshausen und dem Terzenbrunn mitgeteilt (vgl. Taf. V Fig. 10):

- Die Basis (1) bilden auch hier Ockerkalke, deren Mächtigkeit nicht genau anzugeben ist; es folgen (2) schieferige Mergelgesteine, die unter der Felswand zunächst des Bahnwärterhäuschens in ca. 65 cm Höhe aufgeschlossen sind, ihre obere Abteilung ist etwas dicker bankig; darüber folgt eine
3. Kalkbank, die aus einem unteren dichten Kalk besteht, dessen Oberfläche in schärfster Weise ausgenagt ist, und einem oberen, zunächst der letzteren Grenze stark Geschiebe-führendem Kalk; sie ist ungleichmäßig mächtig 0,18 m
 4. dicker geschichteter mergeliger Wellenkalkschiefer, unten mit knolligen Einlagerungen, oben mit eigenartig knotigen, verzweigten, bis 3 cm im Querdurchmesser messenden, über $\frac{1}{2}$ m im Gestein zu verfolgenden Kalkeinschlüssen von der äußeren Form von Rhizomen, auf deren näheres wir unten zurückkommen (vgl. Taf. XI Fig. 12—22, cf. *Spongiomorpha* II. Teil Kap. 37 0,45 m
 5. wellig-schieferige Kalkmergel mit schiefer, an der Hangendgrenze der tieferen Schicht abstoßender Schichtung, an welcher Diskordanz auch ein schwaches Dentalienbänkchen teilnimmt; gegen oben eine horizontaler gelagerte Abteilung mit Rhizokorallien 0,40 m
 6. Krinoiden-Geschiebebank, ebenso mit Annagungsspuren in einer basalen dichten Lage, was die Zeichnung nicht darstellt 0,10 m
 7. obere Mergelschieferlage mit rhizomoiden Kalkeinschlüssen (vgl. oben) 0,27 m
 8. unregelmäßig wellig-schieferige Kalkmergel 0,75 m
 9. kleines Petrefaktenbänkchen, zum Teil in Linsen aufgelöst, zum Teil von 3 cm anschwellend bis zu 0,20 m
 10. unregelmäßig welliger Mergelkalk, zum Teil mit Kalklinsen voll Petrefakten 2,50 m
 11. Krinoiden-Geschiebebank 0,20 m
 12. schieferiger Wellenkalk 2,00 m
 13. Geschiebekalk mit Lima, als knollig-bankige Einschaltung 0,15 m
darunter folgt noch, im Profilbild nicht dargestellt, Wellenkalk, der nach oben in ruppig-klotzige Form übergeht ca. 1 m
Wellenkalk ca. 3—4 m
etwa 1 m von dessen unterer Grenze ist noch die Einschaltung eines Kalks in linsenartiger Ausbildung mit zersprengter Oberfläche zu erwähnen.

VI. Ein Detailprofil vom Sinnberg, östlich von Kissingen, gibt Taf. V Fig. 9.

In der nicht dargestellten Basis zeigt sich zu unterst der typische Ockerkalk, darüber Mergelschiefer, darüber eine Geschiebekalkbank mit den Resten zweier liegender, zerstörter, dichter Kalke mit kleinen, von oben eindringenden Bohrröhrchen, welche auch in den Geschieben des Hangenden, die hier ebenfalls zum Teil rotbraun und grau sind, vorkommen. Die Geschiebe liegen in einem in breiten Zonen in den Ausnagungsvertiefungen sich

senkenden ockerigem Bindemittel (vgl. Taf. I Fig. 5 [verkl.], II. T. Kap. 20); darauf folgen die in Fig. 9 Taf. V im tiefsten dargestellten Mergelschiefer mit den rhizomoiden Einschlüssen (cf. *Spongeliomorpha*) und Rhizokorallen 0,54 m Kalkmergel mit (in der Figur etwas zu steil gezeichneter) Sigmoidalzerklüftung 0,18 m etwas festerer Kalk, der die Sigmoidalzerklüftung der Unterlage etwas stärker fortsetzt; die Oberfläche ist uneben ausgenagt und die kurzen Enden der steilstehenden Sigmoidalplatten ragen in sehr verschiedener Höhe in die Hangendschicht hinein, deren Material die Vertiefungen zwischen ihnen gleichmäßig und regelmäßig ausfüllt; da dieses Bild von ganz ursprünglicher Erhaltung ist, so muß die Zerklüftung schon vor der Ablagerung des Hangenden vor sich gegangen sein. Diese Vorrugungen sind Reste der bei der Annäherung der Schicht schon bestandenen Platten zwischen den Klüften, die in verschiedener Weise der Abtragung widerstanden haben 0,05 m Geschiebekalkschicht mit vereinzelt Krinoiden 0,06 m Mergelkalkschiefer mit rhizomoiden Stöcken und Rhizokorallen.

VII. Südöstlich von Böttigheim ist durch einen Wasserriß im sogen. Sparengraben ein fast vollständiges Profil durch den unteren Muschelkalk bloßgelegt; es reicht bei einer Mächtigkeit von schätzungsweise 60 m von den Myophorien-schichten über den Schaumkalkbänken des obersten Wellenkalks bis zu einer wenige Meter über der Rötgrenze gelagerten Konglomeratbank.¹⁾ — Es sind aufgeschlossen von oben nach unten:

	Dickplattige, hellgraue Kalkmergel (Myophorienmergel)	ca. 2,00 m
	kristallinische, etwas lückige Bank mit Krinoidenstielgliedern (Obere Schaumkalkbank, oberer Teil)	ca. 0,60 m
	Wellenkalkmergel	1,00 m
	Oberer Schaumkalk (unterer Teil)	0,70 m
5	Wellenkalkmergel	5,00 m
6	Unterer Schaumkalk	0,70 m
7	gut gebankter Wellenkalkschiefer	1,00 m
8	dickbankiger, stark welliger Wellenkalk	7,00 m
9	handhohe Spiriferinenbank, welche in der Umgegend Bohrröhren im Liegenden zeigt	0,10 m
10	typischer Wellenkalk mit rhizomoiden Einschlüssen	0,75 m
11	Wellenkalk, unten auf 2 m stark gefaltet, grobbankig, dicht mit starken Wellenfurchen auf der Schichtfläche, oben (2,50 m) dünnplattiger werdend	4,50 m
12	normal schichtiger Wellenkalk	2,00 m
13	ruppig gelagerter Kalk mit dichtem Gefüge	0,30 m
14	oben ruppiger, nach unten zu unregelmäßig knolliger Wellenkalk mit Schiefern dazwischen	2,51 m
15	Limabank; die Limen auf der Hangendfläche	0,30 m
16	darunter ruppiger Kalk mit Sphärosideritmaschen	0,30 m
17	eine Lage Wellenkalk	ca. 0,50 m
18	ruppiger Kalk wie oben	0,30 m

¹⁾ Das in mancher Hinsicht interessante Profil haben Dr. M. SCHUSTER und der Verfasser gelegentlich gemeinsam begangen und ist von ersterem später nochmals durchgesehen worden.

2950

- 19 dünnbankiger Wellenkalk 1,50 m
- 20 Wechsel von dickbankigen (10—15 cm), klotzigen Wellenkalken (zum Teil kuchenartig entwickelt) mit Schiefertonen; nach oben dünnbankig werdend 2,00 m
- 21 homogene Kalkbank mit Kristallhöhlen, klotzigen, schlangensteinähnlichen Einschaltungen und mit Faltungerscheinungen, diskordant das Liegende beschneidend 0,20 m
- 22 unregelmäßig-dickbankiger Wellenkalk mit Schiefertonen alternierend; in der oberen Hälfte schlecht geschlossen 3,00 m
- 23 Terebratelbank (Untere); eine 5 cm mächtige Hangendlage mit vielen Encrinitenstielgliedern, die untere 10 cm starke Lage mit Terebrateln, Limen, Gervillien und Spiriferinen; die obere Terebratelbank dürfte über dem vorhergehenden Komplex an der Diskordanz zu orientieren sein 0,15 m
- 24 dickschieferiger, regelmäßig plattiger Wellenkalk 2,00 m
- 25 regelmäßig geschichteter, plattiger Kalkkomplex 0,25 m
- 26 grobgewellter, stark kalkiger, sehr gefalteter Wellenkalk mit Kristallhöhlen und Schlangensteinen, gegen oben durch eine Diskordanz beschnitten 2,50 m
- 27 graue Kalkbank mit sphärosideritischer Ausfüllung von Sprüngen und röhrenartigen Gebilden 0,30 m
- 28 mergeliger, schieferiger Wellenkalk 3,50 m
- 29 dichter, grauer Kalk mit Sphärosideritputzen (Bohrwürmerbank des Eekiooliths) 0,18 m
- 30 mergeliger Wellenkalk mit einzelnen härteren Bänken 1,20 m
- 31 handhohe Bank, gesprengter Kalk 0,10 m
- 32 ein paar Meter dickschichtiger, mergeliger Wellenkalk ca. 3,00 m
- 33 dünnplattiger Wellenkalk mit zwei stärkeren Bänken 1,00 m
- 34 Wellenkalkmergel mit Schiefertonen und unregelmäßig gelagerten Kalkbröckchen (Geschiebe-Wellenmergel) 1,20 m
- 35 dichter Wellenkalk, diskordant an das Liegende angelagert 0,18 m
- 36 schräg gelagerte, unregelmäßige Wellenkalkschichten mit Schiefertonen 0,25 bis 0,30 m
- 37 schräg gelagerter Komplex eines grobklotzigen Kalks, oben beginnend mit einer Versteinerungslinsen führenden Lage (auf der Hangendfläche Limen) eines braunen dichten Kalkes mit Sphärosideritfüllungen, welche Bleiglanz einschließen 0,30 m
- 38 Wellenkalk, mit einem versteinierungsführenden (kleine gerippte *Placunopsis*) Bänkchen 0,90 m
- 39 Rhizokoralliumbank, gesprengter Kalk mit Enkrinitenstielglieder.
- 40 Wellenkalk, oben unregelmäßig grobgeschichtet, nach unten regelmäßig dünn-schieferig werdend; zwischen beiden Ausbildungsformen eine Ablagerungsdiskordanz 1,60 m
- 41 Geschiebekalkbank. In gelber bis bräunlicher, dolomitischer (?) Grundmasse dunkle Gerölle (darunter Bohrröhrenkalk-Geschiebe) bis zu erheblicher Größe 0,15 m
- 42 unregelmäßig klotziger Wellenkalk 1,50 m
- 43 Nach einigen Metern folgt das Röt.

507
21 m
↓

5591

Kap. 15. Kurze stratigraphische Vergleiche bezüglich des Wellenkalks.

a) Vergleich mit dem Bohrprofil von Bergheinfeld (vgl. Geogn. Jahresh. 1901, S. 46 und S. 102). Was die Besprechung des Profils betrifft, so wurde bezüglich einer gewissen höheren Region des Wellenkalks unter der Schaumkalkregion bemerkt (l. c. S. 102), daß es hier leider nicht möglich war, die Reihenfolge völlig sicher zu stellen.

Da fällt vor allem auf, daß die beiden Terebratelbänke durch 6 m Wellenkalk getrennt sein sollten; dies stimmt mit keiner der in Franken und anderwärts gemachten Beobachtungen; es dürfte also ein Teil dieser Wellenkalks, so wie sie die Numerierung des Bohrmeisters anführte, nicht hierher gehören und wahrscheinlich in das Hangende der *Coenoth. (Dielasma) vulgaris* und *Spiriferina* cf. *hirsuta* führenden Schicht zu verlegen sein, welche mit der von FRANTZEN erwähnten Schicht übereinstimmt, die ich auch bei Unterleinach S. von Zellingen wiedergefunden habe.

Die l. c. 1901, S. 46 bei 29,5 erwähnte Krinoidenbank muß auch einem tieferen Horizont angehören, etwa der öfters auch als Krinoidenkalk mit kleineren Gliederchen entwickelten *Ecki-Oolith*bank.

Vom tieferen Profil sind besonders die bei 38,40, 42,56 und 48,9 erwähnten tonigen (mergeligen) Schichten, in welchen „Kalkknollen und -knoten wie Geschiebe“ liegen, hervorzuheben; die tiefsten Lagen von 47,3 m an enthalten drei Horizonte mit Krinoidenstielgliedern bei 47,59 und zwischen 69 und 76 m.

Was hier l. c. S. 47 als „Wellendolomit“ angeführt ist, wurde analog den Verhältnissen, welche WAGNER, Abhandl. d. Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt N. F. XXVII, von der Dornburger Felswand schildert, noch zum Muschelkalk gerechnet und der Fazies nach als „Wellendolomit“ bezeichnet. Die Begehungen in Unterfranken haben aber klar gelegt, daß diese Schichten besser noch zum Röt gezogen werden müssen; es wäre also der im Profil unter D) S. 47 gekennzeichnete, dichte, schwach gebänderte Dolomit (0,27 m) der Vertreter des „Ockerkalks“, den EMMERICH und SANDBERGER allerdings auch allgemein Wellendolomit nannten. FRANTZEN zog diesen Ockerkalk aber auch noch zum Röt.

b) Vergleich mit den Verhältnissen im Schwarzwälder Wellengebirge. M. SCHMIDT hat u. a. besonders in seiner Schrift, Die Wellengebirge der Gegend von Freudenstadt (Mitt. d. Geol. Abteil. d. Kgl. Württ. Landesamtes 1907) eine Übersicht gegeben, auf welche im folgenden besonders zurückgegriffen ist.

Im allgemeinen ist die in Franken bis in die tiefsten Schichten vorherrschend kalkige Entwicklung des Wellenkalks geeignet, die dolomitische in dem württembergischen Gebiet zu betonen.

Von Interesse ist der an der oberen Grenze der Orbicularissschichten liegende, erdig brechende, gelblich-rauchgraue Dolomit, unter welchem eine Zone welliger Schichten ihr Analogon bei unseren Aufschlüssen findet, ebenso wie die untersten Schichtenmergel von plattiger Ausbildung sind, in denen auch vereinzelt ein Gastropoden-führendes Bänkchen festgestellt wurde.

Die Schaumkalke fehlen im Schwarzwälder Wellengebirge; die Schichten zwischen der Spiriferinenbank und der Myophorienregion bieten keine besonderen Vergleichspunkte. Das von E. FRAAS dort zuerst festgestellte Spiriferinenlager ist in gewissen Gegenden des unteren Mains durch eine Pentacrinusbank mit oft seltenen Spiriferinenfragmenten vertreten und zeigt sich hier, wie dies SCHUMACHER schon darstellt, eine lokale, mehr an die lothringischen Verhältnisse erinnernde

Wandlung. Die Terebratelregion ist bei uns noch durch zwei Bänke vertreten, wie dies schon HENKEL (Zeitschrift d. D. g. G. 1904, S. 220) von Karlstadt erwähnt. Petrographisch ist im württembergischen Schwarzwald die Bank als feinsandig poröser, kräftig gelber bis graubrauner Dolomit entwickelt. In den Schichten unter der Terebratelregion erwähnt SCHMIDT in der unteren der sogen. Deckplatten die Auflösung in eine Reihe brotlaibförmiger Linsen; es sind dies vielleicht Analogien zu unseren Schlangensteinen, die ebenfalls an mehreren Stellen südlich von Karbach eine klobigere Gestalt annehmen.

In den tieferen Schichten nach der Bank mit *Terebr. Ecki* zu, die bei uns nicht scharf gegen die „Deckplatten“ zu trennen und sehr petrefaktenarm sind, finden sich keine lithologischen Vergleiche, außer den eigentümlichen Pseudomorphosenplatten, welche auf unsere Kristalllöcher-Schichten, die auch unter der Terebratelregion vorkommen, hinweisen mögen. Das Hauptlager der *Terebratula Ecki* im westlichen Schwarzwald ist bei uns durch die Ecki-Oolithschicht mit jenem, allerdings selten gut erhaltenen Fossil vertreten. Letzteres kommt daher, daß die Schicht bei uns aus einem festen eisenschüssigen Kalk besteht, der sich auch petrographisch gegen die Nachbarschaft besser abhebt, während dort eine lockere Schalenanhäufung die Schicht repräsentiert, gegen welche die Nachbarschichten petrographisch besser auffallen (vgl. M. SCHMIDT l. c. S. 35); der Charakter der Schichten ist dort ein milder toniger, dolomitischer Mergel; *Beneckeia Buchi* fehlt hier in Franken auch. Die darunter liegenden „rauhem Dolomite“ bieten gar keine Vergleichspunkte mit unseren Wellenkalkschichten unter dem Ecki-Oolith.

Erst die noch tiefer folgenden „mergeligen Schichten“ lassen eher einen Vergleich im allgemeinen und im besonderen zu; der Dolomitgehalt ist bei unseren Vorkommen gering, der Karbonatgehalt überhaupt beträchtlicher; Fossileinschlüsse sind im allgemeinen selten.

Von hohem Interesse ist aber die Gesteinsart der in der Region der Dentalienschicht auftretenden Dolomite; die Charakteristik: „Das Gestein enthält in Menge kleine Glimmerschüppchen, ist reich an feinem Sand und laugt gelegentlich ganz zu hellem, mürbem Sandstein aus,“ paßt völlig auf die *Beneckeia-Buchi*-Schicht zwischen Würzburg und Lohr.

Die tiefsten Schichten des Wellenkalks haben in beiden Gebieten auch weitere, allerdings in weitester Verbreitung geltende Vergleichspunkte, insbesondere die konglomeratischen Bänke mit *Encrinus*, welche allerdings nicht nur in einer Bank auftreten; die tieferen Dolomite zeigen auch hier und da Zellenstruktur; die tiefste Lage gleicht unserem Ockerkalk, der sich so auch im württembergischen Schwarzwald noch als zum Wellenkalk gehörig erweist (vgl. S. 55).

Die tiefen Enkrinitenschichten sind für die Beurteilung des Wellenkalks von hoher Bedeutung; hierfür von Interesse ist auch die Auffindung von Bleiglanz in einer Bank nahe über der Rhizokorallienbank mit Enkrinitenresten, welche als Vertreter der Gastropodenbank angesehen werden darf. Bekanntlich führt diese Region nach SCHALCH und M. SCHMIDT l. c. S. 16—18, auch im Schwarzwaldgebiete nicht selten Bleiglanz.

c) Vergleiche mit nächstliegenden norddeutschen Vorkommen.

Wenn auch der Vergleich der Verhältnisse an der oberen bis mittleren fränkischen Saale sich bis jetzt noch nicht auf ein weithin begangenes Gebiet erstrecken kann, so sei doch hier kurz an die im Meiningischen von FRANTZEN zwischen

den Schaumkalkbänken häufige sogar als stratigraphisches Kennzeichen erwähnte transversale Struktur (sigmoidale Zerklüftung) erinnert, welche auch R. WAGNER, Abhdl. d. Kgl. Preuß. Landesanstalt 1897 S. 19 bespricht (vgl. II. Teil Kap. 8).

Das mitgeteilte Profil zwischen der Terebratelbank und der Schaumkalkbank bei Kissingen zeigt indessen einige Bänken, welche auf eine Beziehung zu der von R. WAGNER l. c. aus der Umgegend von Jena geschilderten gleichen Region hinweisen, nämlich auf h_6 mit *Myophoria incurvata*, dann h_5 mit den Aushöhlungen im Liegenden der Bank, in deren Nähe eine Enkrinitenbank auftritt, endlich h_4 ebenfalls mit Enkrinusresten.

Es sei hierbei noch erwähnt, daß WAGNER sowohl wie FRANTZEN auch im Liegenden der Terebratelbänke den „Löcher“- oder Bohrröhrenkalk ebenso erwähnen, wie im Liegenden der Oolithbank β .

Nach den Schilderungen von WAGNER l. c. S. 38 scheint es mir zutreffender, die konstanter auftretende Oolithbank in Franken mit der Oolithbank β in den norddeutschen Aufschlüssen in Beziehung zu setzen.

In tieferem Horizont erwähnt WAGNER l. c. S. 28 auch einen konglomeratischen Wellenkalk und beschreibt diese Region so zutreffend, daß wir sie mit dem oben so genannten umgelagerten mergeligen Wellenkalk identifizieren können, mit dem die Geschiebekalke im engeren Sinne nicht zu verwechseln sind. HENKEL weist, Zeitschr. d. D. geol. Ges. 56 S. 219, bei seiner Beschreibung des Profils zwischen Lengfurt und Homburg a. Main auch auf diese Lage, das „Pseudokonglomerat“ SANDBERGER'S, hin, ein Name, der irreführt, da es in der Tat ein Konglomerat ist, auf dessen nähere Entstehungsursachen wir zurückkommen (Geschiebe-Wellenmergel). (II. Teil Kap. 19.)

Von weiterem Interesse in lithologischer Hinsicht ist die l. c. S. 23 im untersten Wellenkalk über einem *Beneckeia-Buchi*-Lager und unter der Dentalienbank angeführte Bank d_3 von zum Teil rötlichgrauer Farbe mit den zahlreichen 1 mm-Bohrkanälen und sonstigen flachen Aushöhlungen (Miniaturkarrenfelder), die von einer detritogenen Masse mit kleinen Geröllen, auch solchen der Unterlage erfüllt sind; hierfür vgl. unsere Taf. I Fig. 5 und die zugehörigen Bemerkungen auf S. 53.

WAGNER erwähnt auch l. c. S. 19 in dem untersten Horizont des Wellenkalks die eigentümlichen, oft S-förmig gekrümmten Querplatten, wie wir sie von Kissingen abbildeten. Von Interesse ist das Vorkommen von Glaukonit, das WAGNER l. c. S. 40 in der Geschiebebank der Eeki-Oolithzone erwähnt; es ist mir in Franken aus tieferem Horizont des Wellenkalks in größerer Ausdehnung¹⁾ bekannt geworden (vgl. unten); in dem Eeki-Oolith fand ich Glaukonit nicht nur im Dünnschliff durch die Ockerkalkfüllung von Bohrröhren in vereinzelt kleinen Körnchen (S. 47).

d) Hinweise auf linksrheinische Muschelkalkgebiete.

Was die unterste Region des rheinpfälzischen Wellenkalks betrifft, der dort ungefähr in derselben vertikalen Ausdehnung sandig und dolomitisch wie er im Schwarzwaldgebiet dolomitisch und mergelig ist, so ist zu betonen, daß (vgl. Erl. zu Blatt Zweibrücken S. 148) die untersten Lagen der Wellenschichten eine Krinoidenbank mit Geschieben eines gelblichen Dolomits über einer festen gelbbraunen Dolomitbank sind. — Auch in der Pfalz ist die Bank mit *Pentacrinus dubius* nachzuweisen. Der daselbst (l. c. S. 149) unter 4 angegebene Dolomit mit Einschwemmungen von Oolith erinnert mich in Einzelheiten des Oolithverhaltens und der

¹⁾ C. GAGEL erwähnt noch reichlichen Glaukonit in dem untersten Konglomerathorizont des Wellenkalks im Untergrund von Lüneburg (Jahrb. der Kgl. Pr. geol. Landesanstalt 1909 S. 185).

Knocheneinschlüsse, welche auch SCHUMACHER aus weiter westlich gelegenen Gebieten in Deutsch-Lothringen anführt, petrographisch sehr an den etwas höher gelegenen Oolith von Hochhausen a. d. Tauber (S. 39). Von Interesse ist in diesem Horizont das Vorkommen von geschiebeartigen Einschlüssen bei Breitfurt in der Pfalz. — Im Bereich der Myophorienschichten erwähnen SCHUMACHER und v. WERVEKE in Elsaß-Lothringen über einer Knochenbank, welche der Schicht von Hochhausen äquivalent ist, auch eine halbkugelig-schalige Struktur, welche ich mit großer Wahrscheinlichkeit der Stromatolithenschicht in Franken gleichstelle. Auch in der tiefsten Myophorienschicht Lothringens wird diese Struktur gleichzeitig mit den Oolithvorkommen erwähnt, wodurch auch hier die Paragenese beider Absatzercheinungen deutlich wird. „Schlangensteine“ sammelte ich in Bruchstücken als Findlinge in verschiedener Höhe des Wellenkalkprofils, aber als größere Seltenheit als in Franken.

II. Besonderer Teil.¹⁾

(Über Gesteins- und Schichtgestaltungen bzw. -Umwandlungen, über paläobiologische Fragen, über Rhizocorallium und verwandte Überreste aus dem Muschelkalk Frankens.)

Kap. 1. Sogenannter Ockerkalk und Septarien im Trigonoduskalk, in dessen Äquivalenten und in der Unteren Lettenkohle.

1. Vergleicht man die Profile der Trigonoduskalke, welche etwas mehr aus dem Innern des fränkischen Verbreitungsgebiets gegeben wurden, mit jenem von dessen nördlichem Rande bei Rottendorf, so zeigt sich vor allem eine gewisse Zerteilung am letzteren nördlichst gelegenen Orte gegenüber den einförmigeren Massen nach Süden zu. Letztere kennzeichnen sich als Massenaufschüttungen von Fossilien in bankartiger Verschwemmung bei geringer Beteiligung von Detritus anorganischen Ursprungs. Eigenartig sind nach oben zu die Zerteilungen in den Körpern der Bänke durch Einschaltung ockeriger Bänder, welche an vielen Stellen unregelmäßig gerichtet sind, senkrechte oder steil schiefe Verbindungen zwischen mehr horizontalen Ausbreitungen haben. Solche Bildungen sind als Folgen von Böschungsrutschungen und Aufreißungen mit nachfolgenden Ausfüllungen von oben anzusehen; ich kenne sie besonders schön auch aus den tiefen Rotliegenden-Schichten, wo in Schiefen und Sandschmitzen nicht nur solche Verrutschungen von an und für sich unregelmäßigen Lagerungen eintraten, sondern auch hierdurch nach rückwärts zu Aufreißungen entstanden, die dann vom Hangenden her erfüllt wurden.

Solche Bildungen werden natürlich da sehr deutlich, wo zugleich die Beschaffenheit der Sedimente gewechselt hat; sie scheinen daher z. B. in dem Profil Rotten-

¹⁾ Bezüglich der Anordnung des großen, in den folgenden Kapiteln behandelten Beobachtungs- und Untersuchungstoffes sei vorbemerkt, daß sie im großen und ganzen die Reihenfolge der Profilbeschreibungen im ersten Teil einhält; doch mußte hier insofern eine Änderung eintreten, als der Behandlung einzelner Teile des größeren inneren Zusammenhangs wegen oder auch als Voraussetzung für späteres vorgestellt und anderes scheinbar ordnungslos nachgebracht wurde. In den einzelnen Kapiteln wurden die einzelnen etwas selbständigeren Abschnitte mit Zahlen ausgeschieden. In diesem Teil konnte auch ein wichtiger Teil der neueren Literatur bis 1910, wenigstens anhangsweise, gewiß zum Vorteil des Ganzen, benützt werden.

dorf in den oberen Regionen gesteigert. Die Unterschiede in den verschiedenen Bändern dieses Profils sind primäre, weil mit höherem Kalkgehalt auch Bivalven- und Gastropoden-Muschelreste einerseits, mit höherem Ockergehalt und stärkeren Quarzsand-Beimengungen oft fein zerriebene Brachiopodenfragmente und Vertebratenrestchen andererseits in Betracht kommen. Der „Blaukalk“ ist gleichmäßiger dicht; der „Ockerkalk“ ist gleichmäßig kristallinisch. Die nachstehenden Analysen, I Blaukalkkörper der obersten Hauptschicht des Trigonoduskalks von Rottendorf, II die ockerigen Einschaltungen, ausgeführt von Herrn Landesgeologen A. SCHWAGER, geben einen Einblick in die Unterschiede dieser nicht durch Schichtfugen, nicht einmal in den Begrenzungen scharf, doch gut genug geschiedenen Gesteinsstreifen von hier, welche zwischen 20 und 6 mm Dicke messen.

I		II	
92,57	CaCO ₃	63,48	CaCO ₃
1,64	MgCO ₃	18,69	MgCO ₃
0,24	FeCO ₃	2,65	FeCO ₃
3,19	SiO ₂	10,20	SiO ₂
2,04	Al ₂ O ₃	0,99	P ₂ O ₅
0,22	Fe ₂ O ₃	1,36	Fe ₂ O ₃
0,19	MnO	2,46	MnO
0,03	Zn	Spur	} Zn Cu
0,02	Cu		
0,32	H ₂ O + Org.	0,28	H ₂ O + Org.
100,46		100,11	

Auffallend ist der höhere Kieselsäuregehalt in sedimentären Quarzsplitterchen bei II,¹⁾ während bei I Quarzneubildungen vorzuliegen scheinen, der stärkere Tongehalt bei I, die größere Menge Magnesiumkarbonat, Eisenkarbonat, Manganoxyd und Eisenoxydul; die Phosphorsäure verweist auf die beigemengten Vertebratenreste; in I scheinen Zn und Cu durch die Dichte des Gesteins mehr zurückgehalten als in II.

In ähnlicher, viel feinerer Anastomosenvermischung zeigen die dichten Bivalvenkalke (von Randersacker besonders die oberste Bank) Einschaltungen von hellgrauen, feineren Kalkpartien, die wie Flecken das dunkle Continuum des Kalkkörpers unterbrechen. Diese steigern sich in der zweitobersten Schicht des Haupt-Trigonoduslagers zu unregelmäßigen Geoden oder septarienartigen Einschaltungen, die wir gleich näher besprechen. Auffällig ist nur die außerordentliche Feinheit des hier eingeschalteten Kalkes und das Fehlen eigentlicher Kornübergänge zwischen beiden Extremen der Substanzscheidung und Verschwemmung.

2. Typischere Septarien kommen erst an der oberen Grenze des Hauptlagers bei Randersacker, und bei Rottendorf schon im Innern der obersten Bank desselben, in zwei noch höheren Horizonten in häufigem Auftreten wiederholt vor; die Septarien des Hauptlagers sind aber die mächtigsten und als wahre Riesen dieser Art Gesteinsbildung zu bezeichnen; sie sind bei Kirchheim, Sommerhausen und Rothenburg o. T. seltener oder nicht mehr zu beobachten.

Im ersten Augenblick ist es auffällig, inmitten völlig anders gearteter, an Petrefakten reicher Kalke einer rundum abgeschlossenen Konkretion eines völlig dichten und einschlußfreien Kalkes zu begegnen,²⁾ wenn man die erwähnten grauen Flecken-

¹⁾ Einige Angaben über Quarz und Baryt im Trigonoduskalk macht H. FISCHER im Geogn. Jahreshfte 1908 S. 38.

²⁾ H. FISCHER findet, Geogn. Jahreshfte 1908 S. 38, in solchen Konkretionen auch reichlich mikroskopischen Baryt und glaubt, daß sie aus einer örtlichen Zusammendrängung der Stoffe der

partien und unregelmäßig fladen- und kuchenartigen Lagerdifferenzierungen in den tieferen Lagen (vgl. auch Profile von Sommerhausen und Rothenburg) aus dem Auge läßt.

Die Septarienlagen entsprechen einer stärkeren Einlagerung von solchem feinen, reinen, tonigen Kalkschlamm in Vertiefungen der Muschelanhäufungen. Wie wir unten sehen werden, wachsen in Schiefertönen ähnliche Vertiefungsausfüllungen mit Muscheln und feinkörnigstem Kalkdetritus durch die hiermit reichlicher auftretenden Lösungen geoden- und linsenartig nach oben aus und erhärten so mit Einschluß hangend abgelagerten Tons. Hier ist es wohl umgekehrt: Der Lösungszug im Innern der Einlagerungen findet nach der äußeren Muschelanhäufung statt, welche die peripheren Teile rasch und stark erhärten läßt und aus dem Innern der späteren Septarien die Lösung nach der Peripherie konzentriert. Diese hiedurch eingeleitete Wanderung der Lösung nach außen, welche oft ein eigenes Erhärtingsband in der Umgebung der Septarien verursacht, bewirkt auch die Septarienzerreißung in deren Inneren.¹⁾ Da wo die Septarien an der Obergrenze der Schicht teilnehmen, muß eine spätere Abtragung der Lumachellenbedeckung oder auch jenes in Taf. I Fig. 3b u. 3d dargestellten Ockerkalks (vgl. S. 10 Z. 7 v. unt.) angenommen werden; denn es ist schon von vornherein klar, daß die, wie sie vorliegt, höchst ebene Oberfläche der ganzen Schalenanhäufung durch eine ausgleichende Wasserbewegung geschaffen wurde, um so mehr an der Hangendgrenze nach einem lithologisch so sehr unterschiedenen höheren Komplex hin.

Auch in zwei noch höheren Lagen der Trigonodusreihe kommen die Septarien nicht in feinkörnigen, sondern inmitten der Petrefakten führenden Lagen oder wenigstens an ihrer seitlichen Endes-Erstreckung vor, da wo sie sich nämlich unter Verringerung oder mit Verlust ihrer Petrefakteneinschlüsse mehr und mehr in feinkörnige Mergelkalke auflösen; diese Mergelkalkbänder bilden im oberen Muschelkalk häufig die Liegend- und Hangendregion einer Fossilienbank oder Fossilienlinse und können sich beim Auskeilen der mittleren Fossilienanschwemmung zu gleichmäßigen Kalkmergeln zusammenschließen.

Von gewissem Interesse (auch für relative Zeitbestimmungen) ist das Vorkommen von Septarien in den Mulden- und Sattelräumen der gefalteten Bank in Taf. II, Fig. 3b; sie liegen hier in einem ockerigen, zum Teil fein kristallinischen Ockerkalk oder Ockermergel und beweisen die Weichheit des Hangenden und besonders des Liegenden der gefalteten Bank noch nach der Auffaltung des blaugrauen Kalks, der hingegen als viel mehr gefestete Masse durch die Faltung an den starken, oberen und unteren Biegungsstellen in schärfster Weise längs zerrissen wurde. Von Wichtigkeit ist die Entstehung der Septarien in dieser Schichtmasse, ihr linsenförmiges Auswachsen nach oben, während die Unterseite der Lagerungsunterlage angepaßt ist.

Durch die erwähnte Auffaltung, die sicher unter bestehendem Vertikaldruck stattfand, wurde in und von der Unterlage nach den Sattel- und Muldenräumen wohl manches Material verschoben und aufgepreßt, sehr wahrscheinlich aber nicht so viel, daß es die durch die inkongruenten Bewegungen der unplastischen Masse der Mergelschicht entstandenen Syn- und Antiklinalräume ausfüllt; in diese nach oben sich steigernde Lockerungszone wuchsen nun die Septarien geodenartig hinein,

primären Gesteinsmasse durch die „Umkristallisation“ entstanden seien; letzteres dürfte nicht aufrecht zu halten sein.

¹⁾ Die Septariensprünge greifen auch manchmal in diese Umgebung über.

indem sich hierhin mit der eingeschlossenen Flüssigkeit der noch plastischen Masse auch tonige Bestandteile verzogen; das größerkörnige, diesem Prozeß offenbar fremdartige Ockerkalkmaterial, das sich wahrscheinlich erst etwas später ockerig zersetzte, wurde beiseite gedrängt, die Septarienmasse scheint sich aufgebläht zu haben, und endlich wurde auch hier durch Konzentration der Lösung nach der Außengrenze die Erhärtung des Ganzen eingeleitet und die Zerreißen im Innern vollendet.

Ich hege die Ansicht, daß ähnliches auch als wichtige Begleiterscheinung bei der Bildung der Septarien im Innern der Muschellumachelle eintritt, nämlich noch ein Beiziehen von Flüssigkeit und feinen sublimierten Bestandteilen nach den Stellen der späteren Septarienbildung; nicht nur daß, wie ich in Erläuterung zu Fig. 3—6 darlegen werde, ein Flüssigkeitskurs in einer lockeren Schalenanhäufung stattfindet, der die Schalen, bei nach unten gerichteter, nicht sedimentär erfüllten Höhlung von unten und von der Seite her mit feinstem Detritus so lange erfüllt, bis kein Nachschub mehr stattfinden kann (wobei oft eine oben verbleibende Restlücke erst später mit Kalzit ersetzt wird), sondern, daß, wie ich meine, auch Ton als Hydrosol, also in colloidalen Lösung, mit adsorbierter Kalklösung sich hierhin noch nachschiebt. Diese Hydrosole bzw. ihre Ausfällungsprodukte haben eine wabenförmige Innenstruktur, durch welche sie eben befähigt werden, zu „adsorbieren“; es scheint damit auch ein gewisses Quellungsvermögen verbunden zu sein, welches sehr wohl auf ein locker umgebendes sedimentäres Mittel im gewissen Umfang verdrängend zu wirken imstande ist, das weiterhin als Reziprokom bei der diagenetischen Erhärtung vielleicht auch Ursache der von F. CORNU, dem entschiedenen Verfechter der Bedeutung der Hydrosole im Mineralreich und dem eigentlichen Systematiker dieser Substanzen, betonten Häufigkeit der „Trockenrisse“ ist (vgl. z. B. Zeitschr. d. Chemie u. Industrie der Colloide, Bd. II, Heft I, S. 18).¹⁾

Was bei diesen Septarien für die Annahme von Quellungs Vorgängen wie auch für den Transport in sehr viskosen, schichtweisen Absatz nicht fördernden „Lösungen“ spricht, das ist die Tatsache des Fehlens jeglicher Lagerungsstruktur in diesen letzteren (vgl. Kap. V), welche bei der Ausfüllung von selbst viel kleineren Rinnenvertiefungen deutlich wird; auch die höchst merkwürdige steilwandige Angrenzung benachbarter Septarien (Taf. II Fig. 1) spricht für ein Entgegenwachsen von innen heraus.

3. Das Vorkommen der Septarien in den Ockerkalken oder Ockerkalkmergeln verlangt auch eine erweiterte Aufführung von verwandten Fällen.

In den Ostrakodontonen der „Nordfazies“ kommen die Septarien auch noch vor und zwar in einer der obersten Grenzlagen, der Lage 11 (Taf. I, Fig. 3b), als auch in einer der tieferen Lage 15 entsprechenden Schicht. In ersteren sind sie z. B. bei einem Aufschluß zur Wasserversorgung am Rothkreuzhof bei Würzburg in Ostrakoden und Vertebratenreste führenden Ockermergeln aufgefunden und etwas tiefer liegen sie mit recht flacher Unterseite in muldigen Unebenheiten einer dünnen Bonebedschicht angepaßt und eingebettet; sie sind selbst völlig einschlußfrei und zeigen recht starke Aufwölbung der Oberseite als Zeichen selbständigen Aufquellungswachstums in ein tonig-mergeliges graugelbes Mittel hinein, das in Schiefen

¹⁾ Ich möchte hier daran erinnern, daß unter den sogen. Braunkohlen-Quarziten oder Kieselsäure-Knollen im sandig-letelligen Mittel manchmal typische Septarienformen und mit Quarz ausgekleidete Innenzerreißen vorkommen; letzteres zeigen übrigens auch silifizierte ebenso wie limonitisierte Hölzer (vgl. z. B. die Binnenfauna der Fischschiefer von Transbaikalien in Rech. géol. et min. le long du chemin de fer de Sibirie. Lyr. 29, 1909 S. 53).

liegt. In demselben Profil zeigen sich Septarien in der höheren Bonebedbank über und unter dem Anoplophorenkalk; sie sind hier nicht gleichmäßig dicht, sondern fleckig, mit reiner kalkigen, mehr kristallinen Zügen durchsetzt und führen auch vereinzelte Petrefakten; in einer der Septarienzerreißungen findet sich hier auch Baryt, ebenso wie in einer der ersterwähnten tieferen Septarien¹⁾ der Ostrakodenschichten (Lage 18a), im Profil Grainberg (bzw. S. 8 und S. 9).

Im Profil Taf. II, Fig. 2, liegen die Septarien ebenfalls im Ockerkalk in Verbindung mit den Anoplophorenkalken der Unteren Lettenkohle. Am Lerchenberg bei Rimpfand fand ich eine aufragende Septarie, eingebettet im Knochenreste führenden Ockerkalk, der bis auf diese Septarien mit ihrer Unterlage und einem seitlich anhängenden Reste durch die Anschwemmung der überlagernden Anoplophorenschicht reduziert war (S. 4).

Wir sehen hierbei überall die Verbindung der Septarien entweder unmittelbar mit Ockerkalken oder Ockerkalkmergeln oder mit solchen Schalenanhäufungen, in denen der Ockerkalk sowohl im Liegenden oder in häufigen sedimentären Einschaltungen im Kalkkörper selbst reichlicher vertreten ist.²⁾

4. Dieses eigentümliche Zusammenvorkommen scheint mir eine Deutung zu bieten, die allerdings erst durch die weiteren im Verlaufe dieser Abhandlung gegebenen Tatsachen begründeter erscheinen wird. Ich halte viele Ockerkalkanschwemmungen im allgemeinen für eine Ausschwemmung der infolge einer Umsetzung Eisen- und Magnesiakarbonat enthaltenden Kalke und Mergelkalke. Die Umsetzung scheint durch Eindringen von Lösungen in das erhärtende Gestein vor sich zu gehen, welche auch organische Stoffe in colloidalem Zustand enthalten und nun unter Auflösung der leichter löslichen bzw. zugänglichen Karbonatpartien wohl auch Ton in colloidalen Lösung³⁾ mit sich fortführen. Hierdurch wird in dem Körper der angegriffenen Grundschiefer Raum geschaffen und es treten Kristallvergrößerungen und -Veränderungen ein, welche aber die Masse doch nicht wieder ganz schließen, ja vielleicht eher noch spröder und brüchiger machen; daraufhin werden diese (so weit zugänglichen) Teile durch stärkere Strömungen, welche die stets nachfolgenden Fossilienverschwemmungen ankünden, u. a. angegriffen und selbst in das spätere Liegende der letzteren vertragen. Hiermit gelangen auch Lösungen von Ton, Kieselsäure und Eisenoxyd wahrscheinlich colloidal in diese Schicht, welche nun einerseits die Septarienbildungen auszugestalten vermögen, andererseits durch ihre Adsorption die Konzentration der Erze als Sulfide und anderer außergewöhnlicher Minerale ermöglicht.

Ich meine nun, daß in solchen Verschwemmungen umgesetzter Massen, denen auch jedenfalls noch primäre gleichartige Neuausfällungen zur Seite stehen, die äußeren Bedingungen zur Bildung von Septarien gegeben sind. Es handelt sich in erster

¹⁾ SANDBERGER erwähnt 1891 Geogn. Jahresheft S. 24 das Mineral auch in den Septarien der Zone des *Cer. semip.* von der Rosenmühle bei Würzburg.

²⁾ Es sei hier auch auf E. KOKENS Darlegungen verwiesen, der in den Trigonodusschichten am unteren Neckar in den Gekrösekalke, einem ursprünglichen Wechsel von braunen dolomitischen und blauen tonig-kalkigen Schichten, ein reiches Auftreten septarienartiger Zerreißen feststellt. Was den Ausdruck „dolomitisch“ betrifft, so hat ihn KOKEN nur auf Grund der gelben und braunen Farbe gebraucht; es sind jedenfalls unsere ja auch zum Teil dolomitischen Ockerkalkschichten.

³⁾ Was Ton in Lösung betrifft, so setze ich hier eine Bemerkung aus LEMBERG: Bildung und Umwandlung der Silikate in Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1883 S. 596, her: In Gebirgssickerwasser kann freies Alkali vorkommen, und es ist kein Zweifel, daß durch dieses kräftige Lösungsmittel ein großer Teil der Tonerde von Ort zu Ort fortgeschafft wird, um zu Neubildungen und Umwandlungen Anlaß zu geben.

Linie um eine eckig-körnige, nicht stark zusammengeschlossene und länger mürb bleibende Masse; eine physikalische Fließverhinderung findet in ihr nicht in so starkem Umfang statt, da auch besonders der eigentliche Tongehalt verhältnismäßig gering ist; dann wird es sich auch nicht um komplizierte Lösungsmischungen handeln, da Eisen- und Magnesiakarbonat von der Ockerkalkbildung aufgezehrt sind; es bleibt also wohl lediglich Kalklösung, die in Wanderung und Konzentration kommt, wodurch der Ockerkalktypus außerhalb der Septarien gehoben wird. Endlich ist zu bedenken, daß auch in den so geschilderten Massen die Möglichkeit zum Auswachsen oder gar zum Aufquellen gegeben ist. Verdichtungsgebiete sind hier wohl entweder durch Sedimentation gegebene Muldenstrukturen oder zufällige Verbreitungen dichter Stoffansammlung, welche gegenüber der lockeren anziehend wirken kann. Nach so geschaffenen Konzentrationsgebieten innerhalb einer Schicht ist es natürlich, daß die Ausfällung bzw. die Erhärtung an der Grenze gegen die umgebende, anders beschaffene Masse beginnt und nach Innen vorrückt, wie auch zu beobachten ist, daß von diesem Umfang aus eine höhere Verdichtung und Erhärtung in der Umgebung außerhalb der Septarie vordringen kann.

Stellt man sich nun vor, daß hier nicht nur Kalklösung wandert, sondern auch andere adsorbierende (colloidale) und adsorbierte Lösungen, so versteht man auch, daß keine von Innen nach Außen vordringende Kristallisation nach Art der Tutenmergel eintritt; letztere Art der Kalkausscheidung findet ja auch in den gewisse Septarien enthaltenden Schichten der Unteren Lettenkohle statt (vgl. S. 7 unter der Zahl Nr. 8); sie haben hier (vergleiche hierzu meine Zusammenstellung im Geogn. Jahresh. 1902 S. 176) eine ziemlich weite horizontale Verbreitung, werden auch von E. FRAAS aus Württemberg mit sandigen Kalkkonkretionen zusammen erwähnt. Diese von einer Zentrallage von Innen nach Außen vor sich gehende Mergelkristallisation findet jedenfalls viel langsamer statt, zum mindesten, was den Lösungszug und -Nachschub betrifft, der schon wegen der geringen Durchlässigkeit der Schiefertone nur sehr allmählich sein kann.

In den Ockerkalken aber haben wir eine raschere Durchzugsmöglichkeit und somit können auch noch die colloidalen Lösungen in Betracht gezogen werden. Unter solchen müssen natürlich Lösungen organischer Abfälle und Reste besonders berücksichtigt werden. Wir werden unten sehen, daß die Ockerkalke sehr häufig fossilarm, doch das eigentliche vorlaufende und ankündigende Begleitsediment der Fossilkalke ist, wenn es auch oft sogar fossilfrei ist; es ist das Sediment, das am ehesten als eine chemische Folge faunistischer Invasionen gelten kann. — Wir werden also hier organische colloidale Lösungen erwarten dürfen; nun wird es in der Colloidchemie als eine Regel angesehen, daß Colloide, wenn sie in größerer Menge in einer Lösung enthalten sind, die kristallinische Ausscheidung der enthaltenen Kristalloide unterbinden oder auf lange Zeiträume hin verhindern.

Man kann die Ansicht vertreten, daß solche Konzentrationen, wie sie die Septarien darstellen, überhaupt nur unter langandauernder Verhinderung der Auskristallisation möglich sind.

Andererseits erlaubt diese Auffassung auch eine Erklärung des seltsamen Erz- und Mineralreichtums der Septarien, den diese hier auch mit jenen der Lebacher Schichten teilen, wo an den erreichsten Aufschlüssen neben den Geoden auch die Tutenmergel vorkommen (vgl. hierüber Geogn. Jahresh. 1902 S. 176, 3 und

S. 258 oben und Fußnote). Auch hier wurde schon vermutet, daß zwischen den einfachen unkristallisierten, inmitten zersprengten Geoden und den Tutenmergeln ein Zusammenhang bestehen müsse; ich sehe hierin wieder einen Antrieb, jenes von mir gesammelte wichtige Material im einzelnen zu bearbeiten.

Bei alledem ist im Auge zu behalten, daß bei dieser Septarienentstehung auch insofern auf die Prägung des Ockerkalks hingewirkt werden wird, daß schon die Lösungstrennungen nach: hie Septarie, hie Ockerkalk, letzteren in seiner endgültigen (unverockerten) Form hervorgehen lassen.

5. Es sind aber nicht nur die Septarien der Ockerkalkschichten, sondern diese selbst noch erzeuht, — auch wieder in Zusammenhang mit den Erzeugnissen der Verwesung organischer Reste.

So findet sich in der Liegendregion des Ockerbandes unter dem gebogenen Hangendmergel des Trigonoduskalks, also in dessen oberster Zone eine reiche, flächenhafte Ansammlung von dahin aus dem Hangenden verfrachtetem Kupferkies und Zinkblende bei Randersacker, Zn und Cu in der an Ockerkalkbändern reichen oberen Region bei Rottendorf (vgl. oben S. 12 u. S. 59). Von Kirchheim erwähne ich in der oberen Grenzbank gegen die Lettenkohle, welche Septarien und an der Liegendgrenze einer Fossilienlage eine Ockermergeleinschaltung besitzt, in dieser quarzitisches und Hornsteinausscheidungen mit Zinkblende und Malachit (von Dr. SCHUSTER gesammelt). Endlich erwähnt SANDBERGER 1901 S. 4 u. 5 in den auch Baryt führenden (vgl. oben) Septarien der Zone des *Cer. semipartitus* bei Würzburg¹⁾ und Randersacker Zinkblende, Malachit, Lasur, Kupferkies, Strahlkies mit Gips, neben Braunspat und Kalkspat. Diese Vorkommen in den dichten, wenigstens außen dicht geschlossenen Septarien, verweisen auf sehr frühen Beginn der eigenartigen Erzkonzentrationsvorgänge. Dabei ist sicher, daß die dichten, wenn auch metamorph umgewandelten Kalke und Mergel ihren Erzgehalt viel fester halten, als die auch durch andauernde Verockerung sich verändernden, weniger dichten und größer körnigen Ockerlagen, die ihren Erzgehalt nach dem Liegenden zu (vgl. S. 59) wandern lassen und lokal konzentrieren.

6. Im vorhergehenden wurden schon gewisse Verhältnisse der Ostrakodenschichten und der Semipartitusregion besprochen, soweit ihre Septarienvorkommen in Betracht kamen und bezüglich letzterer Region z. T. nach SANDBERGER zu erwähnen waren. Das Vorkommen ockeriger, zum Teil dolomitischer Kalke, welches die untere Lettenkohle so entschieden charakterisiert, spielt auch hier schon eine große Rolle (Kap. 6). Wir haben in den oberen Ostrakodenschichten vom Steinberg eine lokale aber ganz deutliche Geschiebebank erwähnt, welche kleine Enkrinitenstielglieder in einem Bindemittel von Ockerkalk enthält. Bei Waldbüttelbrunn habe ich in diesen Schichten ein Gestein gesammelt, dessen dichter Kalkmergel in randlich eisenschüssigen Knollen aufgelöst ist, was in noch erhaltenen kreuzweisen Zersprengungen in Anfangsstadien zu erkennen ist; die Umwandlungsprodukte sind aber nicht autochthon verblieben, sondern es erscheint die mittlere weichste Masse umgelagert und verschwemmt und mit Brachiopodenschalen-Fragmenten vermischt, die in der Umgebung sonst nicht vorkommen. Es haben hier Zersprengungs-Umwandlungen und Umlagerungen einer Schicht während der Schichtenanlage stattgefunden, welche eine innige Beziehung zu

¹⁾ In einem Steinbruch am Grainberg, östlich von der Aumühle, fand ich in einigen Septarien inmitten der Linsenregion, unter den Semipartitusschichten in der Überkleidung der Septarienwände vereinzelt Putzen von Kupferkies und Malachit als ältere Ausscheidungen zwischen Kalzit und von diesem zum großen Teil überwachsen.

der Bildung des Ocker-Kalkmergels besitzen und eine auffällige Vergesellschaftung dieser Erscheinung mit dem Vorkommen von Encriniten- und Brachiopodenschälchen nahe legen. Das gleiche gilt von den Semipartitusschichten, in denen diese Ockerkalk-Einschaltungen noch reichlich zu finden sind; sie bilden oft Zwischenlagen zwischen dünnen Bänken oder brockigen Schichten, deren Oberfläche unregelmäßig abgetragenen, oft flächenhaft angenagten Septarien gleichen, in denen die scharfeckig abgesetzten Sprünge nun von oben her durch Ockerkalk mit Brachiopoden-Schalenfragmenten sedimentär erfüllt sind.

Auch die Cycloidesbank selbst zeigt sich häufig durchzogen von einer Masse von Ockerkalkzügen, welche miteinander anastomosieren und dichte Kalkknollenschmitzen zwischen sich lassen; in diesen kommt nun auch die *Coenoth. vulgaris* var. *cycloides* vor; man kann aber Handstücke sammeln, wo die Knollen sehr petrefaktenarm und die Ockerzüge voll von Brachiopodenschalen und Schalenfragmenten sind und reichlich Fischschuppen führen. Schon nach der guten Begrenzung im Hangenden kann man hier nicht an etwas Nachträgliches denken; ich halte auch hier die Erklärung der „Anastomosen“, wie ich sie oben für den Trigonoduskalk dargelegt habe, in vollem Umfang für gegeben.

Höchst eigentümlich ist das Verhalten vieler Exemplare von *Cer. semipartitus*; sie liegen oft als hochgradig verwaschene, von Würmern durchbohrte und von Austern überwachsene Steinkerne, oder als Steinkernfragmente mit unregelmäßiger, etwas rundlich angewetzter Ausbruchfläche in einem festen Brachiopodenfragment-Ockerkalk, der die auseinandergepreßten und erweiterten Kammerwandfugen und alle Ausnagungs- bzw. Auswaschungsvertiefungen dicht und ohne jedes weitere Zwischenglied ausfüllt; Ockerkalk und Steinkernerfüllungen zeigen auch übergängige Umsetzungsgrenzen (vgl. oben S. 8 und Kap. 18—20); andere Steinkerne scheinen nach frühem Verlust ihrer Schalen¹⁾ (eine ganz allgemeine Erscheinung) und bei noch plastischem Schlammkern verquetscht; alles dies zeigt sich in Verbindung mit der Zusammenlagerung von Ockerkalk oder Ockermergel (Kap. 6), die überall ein gleichmäßiges, verhältnismäßig feines primäres Korn besitzen und sich dadurch scharf von jenen Spalterfüllungen unterscheiden, welche die Wirkung sehr später tektonischer und metamorphosierender Epochen sind, wobei stets großkristallisierte Ausscheidungen von reichlich Eisenkarbonat isomorph einschließenden Kristallen von Kalzit, oder von Eisenkarbonat selbst hervorgebracht wurden.

Auf diese eigenartigen Vorgänge werden wir unten noch mehrmals zurückkommen; es sei aber hier darauf aufmerksam gemacht, daß man die Ockerkalklagen im Trigonoduskalk am allerwenigsten lediglich auf die Umwandlung des örtlichen Liegenden zurückführen, sondern sicher sein kann, daß hier Verschwemmungen von weiter her stattfanden, von Regionen, wo allerdings ihren Ursachen nach (Kap. 19, 25, 26 u. 29) jene Prozesse in größerem Umfange stattfinden konnten.

Zusammenfassung zu Kap. 1. Im Trigonoduskalk selbst, in seinen Äquivalenten, den Ostrakoden- und Semipartitusschichten, machen sich innerhalb der Versteinerungen führenden oder auch der fossilfreien Kalkbänke und zwischen ihnen Einschaltungen bemerkbar, welche in frischem Zustande eine hellgraue Farbe besitzen, sehr häufig aber ockerig zersetzt sind und durchaus eine auffällige Menge

¹⁾ Kleine aufwachsende Schälchen senken im Anpassungswachstum ihre Schalenränder und -Zuwächse in die Lobenfurchen, die somit als solche schon vorhanden waren.

von Quarzkörnchen und anderen Beimengungen (Vertebratenreste) haben; diese Reste sind in den übrigen grauen Kalkeinschaltungen nicht oder bei weitem nicht in dem Maße vorhanden, während diese hauptsächlich kalkige Reste von Schalthieren etc. mehr marinen Charakters umschließen; dies weist auf die untere Lettenkohle hin. Beiden gemeinsam sind Geoden mit Septarienzersprengungen, welche besonders mit den geschilderten Ockerkalken verbunden sind und in erhöhterem Maße als diese einen bemerkbaren Erz- und Mineralreichtum erkennen lassen. Beides, Erz- und Kalkkonzentrationen, wurden auf die mögliche Mitwirkung von organischen Lösungen in colloidalem Zustande unter Beihilfe der organischen Zersetzungsstoffe zurückgeführt. — Die ockerigen Einschaltungen zeigen oft eine von höherer zu tieferer Lage führende, wandartige Verbindung, welche als Ausfüllungen von Zerreißen der in Böschungslage angeschwemmten und leicht verrutschenden, zunächst schwach gebundenen Schalenlager betrachtet wurden.

Kap. 2. Die Stauchungserscheinungen in den Kalken der beiden Faziesbereiche des obersten Hauptmuschelkalks.

1. Die einander äquivalenten Schichtkomplexe Ostrakoden- und Trigonodus-schichten zeigen in mehreren Gruppen ihrer fossilfreien und mindestens sehr fossilarmen plattigen Mergelkalken höchst eigentümliche, oft ganz steile Aufbiegungen und Falten, welche oft in mehreren Wiederholungen übereinander angeordnet sind. Diese Wellungserscheinungen haben offenbar eine sehr weite Verbreitung, nicht nur in Franken, sondern auch in Württemberg, von wo eine Darlegung von E. KOKEN aus dem Gebiet des unteren Neckars bei Kochendorf sie kennen lehrte. Der Meinung dieses Forschers, daß es sich hier nicht um Folgen eines tektonischen Seitendrucks handelt, ist unbedingt zuzustimmen, ebenso der Ansicht, daß das Phänomen in noch plastischen, weichen Schichten vor sich gegangen sei, folgen wir ebenso fast ohne Einwand, desgleichen daß sich hier vielmehr ein Vertikaldruck irgend einer Art äußere. Das von KOKEN angezogene Beispiel der Belastung und Aufpressung des noch weichen tonigen Mergels am Kurischen Haff kann man zu vielen Fällen für paradigmatisch halten. Wenn man nun z. B. das Flächenbild der aufgefalteten Schicht, welches E. KOKEN (Zentralbl. f. Min. etc. 1902 Nr. 3, Fig. 3) zeichnet und unsere auf Taf. II, Fig. 2 in demselben Maßstab 1:50 etwa gegebene Darstellung von Randersacker miteinander vergleicht, so wird man die Ansicht schwerlich aufstellen können, daß es sich hier trotz einiger Unterschiede um ganz verschiedene Entstehungsarten handle.

Es ist aber KOKENS Ansicht, daß die Hangendschicht der Faltungskalkmergel, der rasch erhärtete Trigonodus-Glaukonitkalk, der wieder ganz normal horizontal liegt, diese Quetschung auf die noch weiche Unterlage ausgeübt habe, in dessen für unsern Fall nicht anwendbar; hier liegen nämlich die gefalteten Blaukalken bzw. Kalkmergel mindestens in etwas tieferem Niveau als in dem Liegenden der unteren Grenze der Lettenkohle und zwar in Schiefertönen; dabei glätten sich die Faltungsunregelmäßigkeiten, öfters in mehreren Horizonten wiederholt, schon in diesen Schiefen zu völliger Horizontalität wieder aus; dann fehlt auch eine entsprechende belastende Kalkmasse über ihnen, ganz besonders in dem Bereich der Ostrakodenfazies, woselbst die Faltungserscheinungen nicht geringer und nicht anders geartet sind, als in den von E. KOKEN l. c. S. 75, Fig. 1—3 und S. 77, Fig. 6—7, gegebenen Fällen.

Dies und der Umstand, daß auch in ganz festen Kalkbänken eingeschlossene Kalkmergel deutlich gewellt sind, ohne daß die sie einschließende Schicht (vgl. z. B. Taf. I, Fig. 3b) etwas davon zeigt, veranlaßt mich zu der Anschauung, daß diese Wellung eine Erscheinung während der Sedimentation ist, eine Anschauung, zu welcher das von KOKEN erwähnte Beispiel vom Kurischen Haff die Brücke schlägt. Ein einseitig wirkender Vertikaldruck pflanzt sich in einer entweder nicht oder sehr gering belasteten liegenden Schicht seitlich fort und bewirkt da, wo der Hangenddruck etwas geringer ist, quellende Aufquetschungen; eine gleichmäßig überlagernde Schicht kann wohl nicht so wirken, daß an ihrer Liegendgrenze gekröseartige Verquirlungen noch weicher Massen entstehen.

In Fig. 1a sehen wir, daß einige Unebenheiten an der Hangendgrenze des Trigonoduskalks die Ursache einer sich nach oben zu steigernden Faltung sind, die bald in den hangenden Schiefen völlig verschwindet; diese Steigerung im Faltungsmaß übereinander liegender Falten habe ich öfters beobachtet und zeigt sich immer als das Bild einer Seitenbewegung unter lokal nach oben geringer werdenden Belastung. In Fig. 3b und 3d scheint das Umgekehrte der Fall zu sein; es scheint mir aber nur die Differenz verschieden plastischer Schichten sich kund zu tun. Die untere, etwas reiner kalkige Bank ist rascher in der Härtung begriffen als die Kalkmergel, faltet sich in schmaleren Wellen und bricht dabei in langen Kluftrissen an den stärkeren Umbiegungsecken; ich halte auch dieses Bild für das einer im großen und ganzen einheitlichen Bewegung in der obersten, jüngst gebildeten Lage des Meeresgrundes, wobei die auffällige Faltung der tiefsten Lage zum Teil der stärkeren Kohärenz, dann auch, wie ich in Anlehnung an KOKEN glauben möchte, zum Teil dem Gewicht der sich gleichzeitig mitfaltenden höheren Lagen zu verdanken ist, welche wenigstens die Falten in der tieferen Schicht auf vereinzelte stärkere Erhebungen beschränkt.

2. Als Ursache der eigentümlichen Erscheinung möchte ich die Aufschoppungen großer Flutwassermassen annehmen, wie solchen TH. FUCHS große Zusammenschiebungswirkungen im Litoralgebiet (vgl. unten) zuschreiben möchte; diese können ebenso in Betracht gezogen werden, wie nach REYER bei starker Ebbe oder nachhaltig sinkendem Meeresspiegel eine Bewegung der Sedimente an der Uferböschung auftreten könne (vgl. REYER, Theor. Geologie 1888 S. 484 und 408—410).

Wir werden unten sehen, daß im Wellenkalk Frankens sehr eigenartige, auf Bewegungen weicher Sedimente an submarinen Anschwemmungsböschungen zurückzuführende Fältelungen vorkommen, welche mich in Einzelheiten sehr an die von KOKEN geschilderten extremeren Formen der Gekrösekalke erinnern, ohne daß Anlaß zu der Annahme vorläge, daß die Belastung eines erhärteten Sediments im Hangenden¹⁾ hiervon die Ursache wäre. Belastungszunahme hat aber sicher diese jüngst gelagerten Sedimente an steileren Böschungen in Bewegung gebracht, hat sie aber auch andererseits beschränkt; ich wüßte kein anderes Gewicht als das einer gelegentlich sehr verstärkten Wassersäule, das hierbei angeführt werden könnte (vgl. unten).

Es ist überflüssig, zu betonen, daß Druck einer Wassersäule und Strömungen stets nebeneinander arbeiten, indem ersterer die Ungleichheiten der Wirkung der letz-

¹⁾ Ich hege übrigens die Ansicht, daß eine erhärtende oder erhärtete Schicht auf der Unterlage mit geringerem Druck lastet, als eine noch plastische, die noch keinen seitlichen Flächenzusammenhalt hat, sich nicht selbst hebt, sondern rein „lastet“. Erhärtung bedeutet wohl im Schichtenkomplex keine Gewichtsvermehrung, sondern die Entstehung neuer Tragfähigkeit ohne Belastung des Liegenden.

teren zu möglichst horizontaler Lagerung ausgleicht, indem er die zahlreichen kleinen Böschungen so lange „bricht“, bis die Gleichgewichtslage, zuletzt die Horizontale erreicht ist. Bei stark gehäuften und raschen Anschwemmungen, welche z. B. einen Reibungszusammenhalt oder andere Ursachen der Kohärenz haben, können bei geringem Wasserdruck stark geneigte und hohe Böschungen bestehen bleiben; bei starken Erhöhungen der Wassersäule werden dann jene Druckwirkungen in größerem Maßstabe auch bei größerer Tiefe des Ablagerungsgrundes eintreten, welche im kleinen Maßstabe die Regel sind. Bei bestehenden gleichmäßigen Beckenwand-Böschungen wirkt die starke Wassersäule über der mittleren Tiefe umgekehrt mit einer Komponente gegen eine Böschungsbewegung weicher Sedimente, die aber dann in Bewegung kommen, sobald diese Wassersäule vermindert wird.

Als nächste Begleiterscheinung der Faltung dieser in jedenfalls sehr flacher Böschung abgelagerten Ostrakoden-Ton-Mergel darf die große Masse der gleichzeitig im Süden erfolgenden Aufschüttung der obersten Abteilung der Trigonoduskalke angeführt werden, deren Niederführung in das Beckeninnere für sich ähnlichen Druckvorgängen zu verdanken ist (vgl. unten Kap. 10 und Kap. 11).

Zusammenfassung zu Kap. 2. Der Bereich des obersten Hauptmuschelkalks ist Schauplatz kleiner Schichtstauchungen und Emporwölbungen, welche so unmittelbar nach der Ablagerung eintraten, daß die entstandenen Unebenheiten durch die nachfolgende Sedimentation ausgeglichen wurden. Im allgemeinen waren die Schichten noch plastisch; doch zeigen sich auch vereinzelt an den Stellen stärkster Biegung Firstzersprengungen, welche beweisen, daß hier eine gewisse Außenzone zunächst der Liegend- und der Hangendgrenze schon in der Erhärtung (Halbhärte) begriffen war, wenn auch der massige Kern noch recht plastisch gewesen sein dürfte. Als Ursachen dieser Stauchungen wurden Druckwirkungen auf die in schwacher Böschungslage befindlichen Bodenschichten angegeben und unter Hinweis auf spätere Erörterungen in Kap. 10, 11 und 29 Wirkungen erhöhten Wasserdrucks vermutet.

Kap. 3. Die Kuchen- und Brotlaib-artigen Linseneinschaltungen in den Schiefertönen des Hauptmuschelkalks.

1. Diese Bildungen sind in ihrer Eigenart für den oberen Muschelkalk in weitestem Umfange höchst charakteristisch. Bei einer Erörterung über Fossilnester oder Fossilinseln in alpinen, triadischen Ablagerungen kommt D. HAEBERLE¹⁾ auch auf diese Bildungen aus den Semipartitusschichten von Weiler am Steinberg; er hält sie für wahrscheinlich meist länglich erstreckte Ausfüllungen von schmalen Rinnsalen, die entweder nach oben konvex oder ebenflächig sind, dann aber auch gewölbt sein können, was er auf eine Umlagerung des transportierten Materials nach Art der Entstehung von Sandbänken zurückführt.

Ganz einverstanden mit dieser im allgemeinen zutreffenden Ansicht will ich im nachfolgenden Einzelheiten über diese von mir seit langem aufmerksam verfolgten Gesteinsformen in Franken machen. — In der Tat sind die meisten dieser Bildungen ziemlich lang gestreckt und hierbei läßt sich an einem Stück an verschiedenen Schnitten seiner Länge erkennen, wie diese Linsen oben bald flach,

¹⁾ Paläontol. Unters. Triadischer Gastropoden aus dem Gebiet von Predazzo in: Verhandl. des Naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. IX. 2. 3 H. S. 553—579.

bald konkav, bald konvex sein können. Taf. II, Fig. 3—5 stellen drei Querschnitte eines etwa 15 cm langen Bruchstückes eines längeren „Laib“steines dar. Man sieht hier die Unterschiede im Querschnitt, deren Ursachen also recht verschieden sein können. Diese Linsen sind aber oft auch länglich kuchenartig rings abgeschlossen und dabei nicht breit. Fast sämtliche der von mir gesammelten Proben haben in ihrem Aufbau drei Bestandteile: 1. eine der unteren Rundung entsprechende, dichte, meist Schüssel-artige Mergelbasis, die wir die „Schüssel“ nennen wollen, 2. eine Ansammlung von Schalen im „Bauch“ oder in der „Füllung“, 3. eine wieder dichte, aber meist fein gelagerte „Deckelschicht“ oder der „Rücken“.

Die Schüssel ist oft nicht sehr stark, sondern entweder im tiefsten oder auch an den Seitenwänden dünn oder lückenhaft vorhanden; sie erscheint meist durch die Strömungswirkungen der Schalenfüllung nicht nur angenagt, sondern offenbar auch durch deren Anschwemmung stark vermindert und bis fast weg-gewaschen. Doch liegt mir auch ein Laibstein vor, wo diese Schüssel etwas über die Hälfte der Dicke einnimmt. Trotzdem zeigt sich hier nicht die leiseste Spur einer „Lagerung“ in der meist etwas heller grauen gleichmäßigen Masse.

Die Conchylienfüllung nimmt oft einen bedeutenden, oft aber auch (Fig. 8 und 9) einen recht geringen Raum ein; die Lagerung der Conchylien ist eine wirre; sie sind nicht aus der Schwebe niedergesunken (vgl. Th. Fuchs, Denkschr. d. math. phys. Klasse d. Kaiserl. Akademie d. Wiss. Wien 1895. S. 380) und liegen so nicht alle mit der konvexen Seite nach unten, sondern ebenso oft und zum Teil öfters mit dieser nach oben, d. h. sie sind am Boden in lebhafter Bewegung fortgewälzt und aufgeschüttet worden. Hierbei kam nun nicht ganz gleichzeitig feiner Detritus zum Absatz, wenn auch Zerreibungsmasse, kleine Schälchen und Ton nicht fehlen; ein großer Teil dieses letzteren Materials wurde nachträglich eingeschwemmt, sogar unter die hohl liegenden größeren Schalen von unten hinaufgetrieben, deren höhere Hohlräumeabschnitte, wenn endlich die Zugänge geschlossen war, sehr oft hohl blieben und später mit Kalzit zuwachsen (vgl. Taf. II, 3—6, wo die dichte, feinkörnige Kalkmasse weiß gelassen wurde, die Schalenquer-schnitte und die Kalzitfüllung gestrichelt sind und letztere gefeldert erscheint).

Darauf folgt immer die Deckelmasse, die im unteren Abschnitt bei Fig. 8—9 sehr mächtig aus einem fein gebänderten, vielfach in dieser Lagerung auch diagonal struierten Wechsel von feinem und noch feinerem Mergel und Kalkdetritus besteht, der oft ganz den oberen Abschluß des Gebildes angibt; manchmal aber zeigt sich in diesem Deckelteil noch eine Differenzierung, daß ein oberer Abschnitt der Substanz der Schüssel ziemlich gleichmäßig und entweder plötzlich abgeschnitten ansetzt oder daß ein rascher aber doch bemerkbarer Übergang zwischen beiden Teilen vorhanden ist. Sowohl im oberen wie im unteren, hauptsächlich aber im oberen, zeigen sich Rhizokorallien und andere Wurmröhren (vgl. unten), jedenfalls Dinge, die in den benachbarten Schiefertönen fehlen.

Was nun die wichtige obere Wölbung der Deckelschicht bei unserem Material betrifft, so zeigt die Lagerung im Inneren keine eigentliche nähere Beziehung zu der Form der Wölbung. Die Lagerungsstreifen nehmen nach der Seite an Deutlichkeit und Kornstärke etwas ab, sind aber meist gerade gestreckt: Fig. 3 zeigt links in einer nicht großen Strecke dadurch eine scheinbare Konkordanz von Lagerstreifen und Wölbung, weil unten die Aufwölbung eines Wurmbaues (Kap. 33) hindurchgeht, der das Ganze hier hebt. Manchmal zeigt sich aber auch eine kurze Abbiegung der äußersten Streifenenden nach der Seite und unten, welche aber mit

der Wölbung nichts zu tun hat und eine Druckerscheinung vor völliger Erhärtung ist, wo noch die Seitenteile etwas weniger stark erhärtet wären. Solche Wölbungen, wie sie sich bei Fig. 8 und 9, 4 und 5 (links) zeigen, sind aber offenbar Wölbungen einer geodenartigen Erhärtung durch einen Zuzug von Kalklösung aus Länge, Breite und Tiefe der Schalenansammlung des Laibs selbst, welcher in natürlicher Weise über der größten Tiefe der Ansammlung das größte, über den Seiten im senkrechten Querschnitt im allgemeinen das geringste Maß haben kann, daher in der Mitte am stärksten ist; diese Querschnittsform bietet freilich nicht in allen Fällen die Norm des größten und geringsten Zuzugs; er kann wohl auch einmal etwas mehr seitlich liegen, je nach den größeren und geringeren Durchzugswiderständen.

Da die Einbeziehung der Lösung rein aus dem Körper des späteren Laibsteins erfolgt, so wächst die „Geode“ an keiner Stelle über die ursprüngliche durch die Schüssel und die Füllung gegebene Grenze hinaus, zum Unterschied von der eigentlichen Geode, in der der Zuzug aus den umgebenden tonigen Massen erfolgt, die also in ihrem ganzen Umfang so lange wächst, bis die Lösung der Nachbarschaft in weitestem Sinne aufgezehrt ist. Dagegen zeigen sich nicht selten auf der Oberfläche der Kuchenlinsen halbkugelige oder ellipsoidische Aufsätze eines beschränkten geodenartigen Wachstums unter Einbeziehung des ursprünglichen an dieser Stelle befindlichen Tons. Ich möchte hierbei auf die unten zu erwähnenden knopfartigen Verdickungen im Ockerkalk über den gleichartig erfüllten Vertiefungen von Bohrröhren oder Spalten verweisen; sie verraten als Abtragungsrelikte die rasche Erhärtung der Massen senkrecht über jenen Vertiefungen, in welchen die Lösungen lokalisiert und aus mehreren Ursachen konzentriert wurden.

Andererseits habe ich auch wieder Material gesammelt, welches beweist, daß, ebenso wie die Schalenfüllung eine ältere Schüssellage tief ausnagt, erstere auch letztere in ihrer Längenerstreckung derart überschreitet, daß der ältere Schüsselteil wie ein weniger langer und breiter Linsenteil an der Unterseite der Linse anhängt. Die Rinne hat sich also durch weitere Einnagung verlängert und verbreitert, wie dies ja von hier aus von allen gesammelten Vorkommen ausgesagt werden kann.

2. Es bleibt nun noch die Frage, wie die Rinnenvertiefungen, in denen die Anschwemmungen stattfanden, entstanden sind. Zunächst ist es natürlich, anzunehmen, daß jene Strömungen, die die Fossilien etc. brachten, auch die ersten Vertiefungen ausgehagt haben; es könnten aber doch immerhin auch Vorbildungen da gewesen sein, etwa kleine Faltungen oder Wellungen, wie wir sie im Muschelkalk (Ostrakodenschiefer) als Entstehungen in noch weichem Zustande des Mergelkalks kennen lernten; diese könnten dann die Wasserbewegungen „geleitet“ haben. Es zeigen sich sehr oft (vgl. z. B. Taf. II, Fig. 10) unverkennbare Abbiegungen der Schiefertone, besonders am seitlichen Liegenden der Linsen. Diese sind aber offenbar Folgen davon, daß sich die Schiefertone von oben und unten unter wachsendem Gebirgsdruck noch zusammendrücken, während dies die kalkige Masse der Linsen nicht tut, die eher noch als Last auf der Unterlage ruht und die tonigen Schichten abbiegt (vgl. unten auch das Kapitel über: Seitenrutschflächen an quer zur Schichtung eingeschalteten Körpern). Wir werden daher doch der Erosion den Hauptanteil an der Entstehung der Rinnensale zuerkennen müssen; wenn es nicht die von HAEBERLE angezogenen, von Wattenströmen erfüllten, infolge der Gezeiten kräftige Strömungen zeigenden Rinnen sind, so sind es, wie ich eher glaube, die infolge der marinen „Unterströmungen“ erzeugten Schalentransporte, welche sich ihre Rinnensale bilden und vertiefen. TH. FUCHS

hat diese Unterströme theoretisch gefolgert (vgl. Verhandl. d. g. R. A. 1877, S. 223); sie sind später von FOREL (vgl. BERTOLLY¹⁾) tatsächlich nachgewiesen und ihre Wirkung und bedeutende mechanische Krafterleistung bis in größere Tiefe von Seebecken festgestellt worden. Bedenkt man nun, daß, auch nach neuen Feststellungen, die tiefe Soolenschicht im Innern von Meeresgebieten ebenfalls dem Mond in einer Ebbe und Flut folgt, daß hier entsprechend dem spez. Gewicht der Unterstrom gelegentlich bedeutende Stärke erreichen kann, so darf angenommen werden, daß nicht jedes Vorhandensein solcher Rinnsale als auf das äußerste Litoralgebiet hinweisend gedeutet werden darf. Wir werden Gelegenheit haben, hierauf noch eingehender zurückzukommen.

Andererseits ist aber auch an vielen Stellen nicht zu verkennen, daß ein großer Teil der Linsen recht kurzzeitig ist, wenn sie auch bei einzelnen Aufschlüssen gedrängten Auftretens meist nach einer Richtung verlängert sind. Hat man Gelegenheit, eine solche Lage abzudecken, dann erhält man nach Entfernung der Linsen das Bild von Vertiefungen, welche einem normalen, allerdings breitspurigen Wellenrelief sehr ähnlich ist; solche breitspurige Wellen mit nicht sehr großer Höhe der Wellenberge habe ich an der Oberfläche von Kalkbänken durchaus nicht selten beobachtet. Diese Wellenfurchen stehen aber meist senkrecht zur Strömung oder laufen wenigstens nicht in der Richtung der Strömungen; es tut nun der oben geäußerten Ansicht gar keinen Eintrag, wenn man annimmt, daß die eingelagerten Massen von Schälchen etc. mehr von den Vertiefungen aufgefangen wurden und die eigentliche Strömungswirkung gar nicht allzustark in der Längsrichtung der Vertiefungen von Anfang an gewirkt hat (vgl. Textfig. 8 Kap. 12).

3. In jener Dreiteilung im Aufbau der beschriebenen Fossilienlinsen äußert sich übrigens auch die normale Folge des „Zyklus“ der Anschwemmungen „fern vom Ausgangsort der Verschwemmung“; die tiefste Lage zeigt die feinsten Teile als zuerst und am leichtesten transportable, die Unterlage weniger erodierende Massen; ihnen folgt die schwerer zu verfrachtende Masse mit gelegentlich starken Erosionsanzeichen; endlich rückt beim Abflauen der Bewegungsstärke wieder feinkörniger Schlamm nach (vgl. bezüglich anderer Sedimente in Erl. z. Bl. Zweibrücken 1903, S. 162 und Geogn. Jahreshfte 1901, S. 29 Fig. 1 und Fußnote). Als Nachwirkung und Abschluß dürfte die geodenartige Verfestigung der Masse gelten, welche Nachwirkung eben als eine Folge der durch den Transport und die Zerreibung der Schalenfragmente hervorgerufenen Lösungsanreicherung angesehen werden darf. Wir kommen hierauf noch mehrmals zurück.

Zusammenfassungen zu Kap. 3. Diese den Hauptmuschelkalk und seine Schiefertonschichten auszeichnenden, meist viel längeren als breiten Gesteinseinschaltungen sind zum großen Teile Rinnenausfüllungen, deren innerer Aufbau eine ganz bestimmte Reihenfolge einhält, welche auch die Schichtgesteine im allgemeinen charakterisiert; eine feinkörnige tiefste (Schüssel), eine Fossilien führende mittlere (Schalenbauch oder Füllung) und eine abschließende feinkörnige Lage (Deckel oder Rücken); während die ersteren nur der Einschwemmung zu verdanken sind, kann die letztere auch noch durch geodenartige Einbeziehung der über den Ausfüllungen der Rinnen nachfolgenden Tonschichten emporwachsen und zwar durch Wirkung der im Innern der Körper vorhandenen reicheren Lösungen an Kalk und solche nieder-

¹⁾ BERTOLLY, Rippelmarken, Frankenthal 1894.

schlagenden organischen Beimengungen oder von deren Derivaten; die Rinnen selbst sind entweder Vertiefungen zwischen kleinen Stauchungsfalten oder zwischen Rippelmarken oder endlich auch Fließfurchen örtlich beschränkter Grundströmungen.

Kap. 4. Die Kalk- und Kalkmergelbänke des oberen Muschelkalks.

1. Taf. II, Fig. 11 stellt mit einem Unterschied in der dritten und fünften Lage der Zeichnung das Verhalten von fossilfreien Kalkmergelbänken dar, welche entweder durch von oben nach unten und umgekehrt eindringende Einschnürungen von verschiedener Substanz abgeteilt und sogar ganz abgeschnürt scheinen; im letzteren Falle hat es den Anschein, als ob man es bloß mit Linsen oder Kuchen von viel größerer Ausdehnung zu tun habe, Linsen, in denen der ganze Körper der Substanz der Schüssel bzw. der dieser vergleichbaren obersten Region des Deckels entspräche; diese Anschauung ist wohl zu halten, schon deswegen, weil in sehr vielen Fällen in der mittleren Region eine Fossilansammlung zu beobachten ist; die Einzelheiten der scheinbaren Auflösung solcher Bänke verlangen aber ein näheres Eingehen.

Fig. 1—3 Taf. IV zeigen die „Ein- und Abschnürungen“ in verschiedenen Stadien; das Hangende der dunkelaschgrauen Kalkmergel ist ein fossilreicher Kalk, dessen Einzelheiten später behandelt werden; das Liegende ist ein hellgelbgrauer, schieferig sich blätternder, tonreicher Mergel, der in den meisten Fällen ziemlich scharf von dem Mergel, der gar keine feinere Lagerungsstruktur erkennen läßt, sich abhebt; die Einschnürungen gehen selten senkrecht von unten in das Gestein, sondern sind häufigst schief aufsteigend. Es ist kein Zweifel, daß diesen Einschnürungen in dem liegenden, hellgrauen Mergel (Grundschiefer) eine Aufbiegung der Lagerungsfugen bzw. -streifen entspricht; diese Grundschiefer ist indessen nicht zu vergleichen mit der Schüssel der Fossilienlinsen, sondern eher mit den schwachen Auf- und Abbiegungen der Unterlage der Linsen, welche die Wasserbewegungen „geleitet“ haben können. Der Mergel ist allerdings an meinen Funden an einzelnen kleinen Stellen (Fig. 1a und 3) in der Nähe der Endaufbiegungen ebenso übergänglich mit der Unterlage verbunden, wie auch die erwähnte scharfe Grenze keine Fuge, sondern eine innigste Verwachsungsgrenze primärer Natur genannt werden muß.

2. Mir scheinen daher jene schwachen Aufbiegungen die erste „kleine Ursache“ zu der „größeren Wirkung“ der Abschnürungen zu sein, insofern als in der Vertiefung zwischen zwei solchen Aufbiegungen eine geodenartige Erhärtung stattfindet, welche linsenförmig aufwärts steigt; in den höheren Lagen der mit einer Karbonatlösung durchtränkten Schicht kann nun eine stärkere Trennung oder bei größerem Lösungszuschuß eine Verwachsung der unteren linsenartig eingeschnürten Abschnitte erfolgen. In Fig. 1 würde sich rechts eine völlige Abschnürung, links eine erst von unten her beginnende, im Sinne der Bildung eines bikonvexen Gesteinskörpers bemerkbar machen; links wäre aber in höherer Region eine Verschmelzung erfolgt, rechts hat eine solche trotz größter Annäherung nicht stattfinden können, vielleicht weil die eingeschaltete, der Linse anliegende Masse vorher schon zu sehr gefestigt war. Fig. 2 zeigt eine scheinbar von oben her aufwachsende linsenförmige Abtrennung; es entspricht aber der rechts nach innen links absteigenden Einschnürung eine deutliche Emporbiegung an der Liegendseite, welche sich nach der anderen (nicht abgebildeten) Seite des Stücks in 7 cm Entfernung steigert und hier einem schief nach innen rechts aufsteigenden Einschnürungsast entspricht, der

also in ersteren oberen als ein von unten entgegenstrebender Ast übergeht; der links stehenden vertikaleren Einschnürung von oben entspricht auf der anderen Seite des Stücks eine ähnliche aber tiefer heruntergehende; also hier liegt eine Verbindung nach unten nahe — wenn sie auch etwas zur Seite liegen würde und an dem eingesammelten Stück wohl zu beobachten ist — ohne vertikal darunter eine Aufbiegung der Mergelschiefer zu zeigen. Auch in Fig. 3 entspricht der Aufbiegung auf der Kehrseite des Stücks eine tiefere Herabbiegung.

Es hat also offenbar den Anstoß zu den linsenartigen Wölbungen mit schief aufsteigenden Seiteneinschnürungen bzw. Abschnürungen aus dem Mergelkontinuum die Unebenheit der Grundschiefer gegeben, welche bei starkem Lösungszug nicht, wohl aber bei schwächeren von Einfluß sein konnte; die geodenartige Erhärtung mit Lösungsanreicherung erfolgt von dieser basalen Aufbiegung meist schief aufwärts in schmalen, langen und ebenso kurzen septalen Einschnürungszwischenmitteln von weniger harter und, wenn erhalten, mit der Basalschiefer ziemlich übereinstimmender Mergelsubstanz, wodurch das Geodenartige der Bildung besonders deutlich wird (S. 42). Es ist allerdings zu bemerken, daß eine der Basallage und den Zwischensepten entsprechende „Deckellage“ hier und in vielen Fällen erodiert ist; eine Abtragung ist sogar später, wie wir sehen werden, in die Einschnürungen tief bis fast ins Liegende hinabgedrungen.

Es sei hier kurz daran erinnert, daß ich im Geogn. Jahresh. 1901, S. 117 die Entstehung der Wellenkalkform auf einen ähnlichen Vorgang zurückführte, wobei ich allerdings die Rolle der formgebenden Sedimentierung entschieden zu gering einschätzte (vgl. unten).

Kalke, wie wir sie eben diskutierten, gibt es übrigens auch im Wellenkalk, aber sie sind als vereinzelte Ausnahmen und meist durch spätere starke Umwandlung vom Hangenden her in nicht mehr typischer Ursprünglichkeit erhalten.

3. Die oft große Schmalheit der septalen Zwischenwände der Mergeldifferenzierung dürfen in keiner Weise als dieser Erklärung entgegenstehende Erscheinungen aufgefaßt werden; das ist eine weit verbreitete Erscheinung der Festwerdung, die sich besonders auch da zeigt, wo leicht zusammenwachsende Kristallisationserscheinungen auftreten. Wenn z. B. bei Frosteintritt gleichmäßig befeuchtete Straßenasphaltflächen in Eisdendriten auskristallisieren und zugleich austrocknen, sind die reichlich dicht und einheitlich verzweigten Dendritenkomplexe durch ganz schmale, völlig kristallisationsfreie septale Zwischenräume getrennt, welche oft eine recht regelmäßige fast polygonale Anordnung annehmen; bei Kalkkristallisation in Tutenmergeln, Stromatolith- und Oolithstrukturen zeigt sich ähnliches.¹⁾ Die Zentren oder die Ausgangspunkte der Ausscheidung lassen sich hierbei in ihrer Rolle als die ersten Ursachen der Ausscheidung schwer definieren, so geringfügig können sie sein. Die beim einseitig nach oben gerichteten geodenartigen Fortwachsen der Fossilinseln gemachten Beobachtungen und Schlußfolgerungen lassen aber die Tiefenregion einer Muldenlagerung mit ihrer natürlichen Sammlungskonzentration sich steigernder Lösungen als hinreichend erklärende Ursache hervorheben; das Weitere ist von dem Maß des Lösungsnachschubs abhängig.

4. Eine Analyse dieser septal eingefügten Gesteinsänderungen ist in IV der zweiten Analysetabelle von Kap. 6 gegeben; es zeigt sich gegenüber dem anstoßenden Kalkmergel II eine starke Verminderung des Kalkgehaltes, eine nicht unbedeutende

¹⁾ Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1908 S. 134.

Vermehrung an Magnesiakarbonat und relativ mehr Ton mit Eisenoxyd; es steht nichts im Wege, hier an eine Konzentration freier Kalklösung nach dem späteren kalkigeren Schichtabschnitt hin zu denken, deren Ausfällung vielleicht noch verdichtend auf die schmalen septalen Zwischenwandungen gewirkt und die Tonmasse dort vermehrt hat. Die in Rede stehenden Zerteilungen in der Masse sind im Grunde nicht von der Entstehung von Septarien in den Ockerkalken oder von septarienartigen Zerreißen in homogenen Massen verschieden; sie werden sich nur darin unterscheiden, daß bei letzteren auch die dem weichen Sediment beigeschlossenen Lösungen homogen sind, während bei ersteren die beigeschlossenen Lösungen gemischt sein werden. Die dann erfolgende räumliche Verteilung der Ausscheidungen ist natürlich, denn der Zeitpunkt der Ausfällung eines von mehreren Lösungsgenossen ist nicht zugleich der des anderen; da die Ausscheidung des einen an irgend einer Stelle auch dahin die gesamten möglichen gleichstofflichen Ausfällungen nach sich zieht, ist die Verdrängung eines zweiten die ganz einfache Folge; auf diese Weise ist z. B. auch zu erklären, warum in der septarienartigen Zerspaltung der in Kap. 5 erwähnten Linse die eine Kluft mit Baryt, die andere nur mit Kalzit ausgefüllt ist, da doch sämtliche als in gleicher Weise beiden Substanzlösungen zugänglich anzunehmen sind. Alle lokalisierten Mineralausscheidungen, seien es zusammengeschlossene größere Kristallmassen, seien es mehr diffuse Ausfällungen, folgen dieser Regel von Konzentration und Verdrängung, wobei die Verdrängung von selbst wieder eine Konzentration der zuerst ausgeschlossenen Lösung nach einer anderen Seite hin mit sich führt.

Bezüglich der Schicht IV dieser Bänke sei erwähnt, daß ein später Flüssigkeitsdurchzug in den Schichtfugen äußerlich und chemisch ähnliche „Mergelumwandlungen“ verursacht, d. h. Kalkentzug und relative Vermehrung von Magnesiakarbonat und teilweise verockertem Eisenkarbonat. Diese Randzone kann man nach dem Ausdruck der Steinbrucharbeiter als „Fäule“ bezeichnen; solche „Fäulen“ können auch im Hangenden einer Bank auftreten und die Bänke quer durchsetzen. In manchen dieser „Fäulen“ auf der Unterseite von Mergeln fand ich wiederum septarienartige Zerreißen, weil ein Abschluß des lösenden und umwandelnden Wasserdurchzugs wieder die Kontraktionen verursachte, ähnlich wie nach FRANTZEN Muschelkalkgeschiebe in lößartigem Ton von außen nach innen septarienartig zerspringen, wobei sich vorher auch eine Erweichung, eine „Fäule“ gebildet hat.

5. Ich habe zur Erklärung der eigenartigen Anastomosen auch 1. die für die Anastomosen der Ockerkalke der Trigonodusschichten gegebene Möglichkeit in Betracht gezogen, 2. aber auch die Möglichkeit, daß durch schwache beginnende Faltungen der obere bis mittlere Teil der noch plastischen Schichten zerteilt und die Zerteilungszwischenräume von oben her mit der grauen Septalmasse ausgefüllt worden wären, 3. habe ich auch erwogen, ob nicht die septalen Zwischenbildungen nach Art der Entstehung von „Fäulen“¹⁾ zu erklären sein könnten. Ich bin aber doch

¹⁾ Der technische Ausdruck „Fäule“, der auch im Volksmund ein durch Verwitterungserscheinungen seiner Härte und seines Zusammenhaltes beraubtes Gestein bedeutet, ist z. B. von v. GÜMBEL aus dem Betrieb der jurassischen Plattenkalkbrüche übernommen und in der Geogn. Beschr. d. fränk. Alb gebraucht worden. Es gibt sehr verschiedene Arten von Fäulen; nach JOH. WALTHER wäre die „Fäule“ in den Lithographiesteinbrüchen keine eigentliche Fäule, als welche sie jedenfalls betrachtet werden kann. Fäule ist aber sicher das in Geogn. Jahresh. 1901 Taf. V Fig. 7 und Taf. III dargestellte Umwandlungsprodukt, das in scheinbar primäre Ablagerung übergehen kann. Ebenso ist eine Art „Fäule“ die Ockerumwandlung in Taf. I Fig. 5 (dieses Jahrgangs)

wieder auf obigen Versuch zurückgekommen, der dem derzeitigen Stand des Untersuchungsmaterials und der Kenntnis von dessen chemischer Beschaffenheit am vollkommensten gerecht wird und in dieser Abhandlung mehrere Analogien finden wird (vgl. auch Kap. 1 und Kap. 21).

Zusammenfassung zu Kap. 4. Im großen und ganzen ist der Aufbau der grauen Kalke und Mergelkalke des oberen Muschelkalks jener der im vorigen Abschnitt behandelten Linsenbildungen in Schiefertonen; die fossilfreien Mergelkalke, welche im großen und ganzen als in tiefere Böschungslagen oder in Fließstillen reichende Fortsetzungen von fossilführenden Kalken zu betrachten sind, haben häufig eigentümliche Knollenstruktur, welche sich durch die zwischen Kalkkernen vom Hangenden zum Liegenden hindurchziehenden Septen oder Anastomosen von kalkärmeren Schichtteilen hervorheben. Letzteren entspricht oft eine Aufbiegung der tiefsten, einer „Fäule“ ähnlichen hellgrauen Zone des Schichtkörpers, welche wahrscheinlich eine Rippelmarken-Entstehung (S. 71) hat; diese bewirkt eine geodenartige Erhärtung und Kalkkonzentration des darüberliegenden Teils des Schichtkörpers. Der Hangenteil dieses Schichtaufbaus entspricht dem hellgrauen Liegendteil oder auch den Septen; er ist aber sehr häufig angenagt.

Kap. 5. Über schichtinnerliche (stratische) Septarienzersprengungen.

1. Eine Linse aus den Ostrakodontonen des Steinbruchs am Grainberg im Norden von der Straße nach Estenfeld zeigt in der Querschnittsbänderung die Lagerung der auch in Taf. II Fig. 8 und 9 gegebenen Querschnitte, sie ist 9 cm breit und ca. 5 cm hoch und zeigt besonders zwei ca. 15 mm voneinanderliegende dunklere Streifen von 2 und 1,5 mm Höhe (Textfig. 1). Die Streifen sind im Dünnschliff heller und

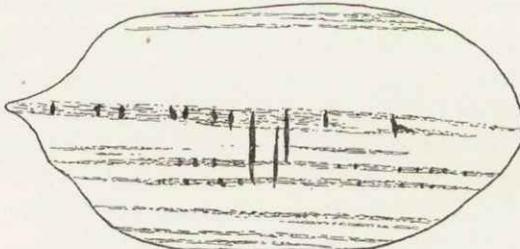


Fig. 1.

Querschnitt einer verlängerten Kalklinse aus den Schiefertonen der Region des *Ceralites semipartitus* mit septarienartigen Zersprengungen, welche meist auf lagenartige Einschaltungen beschränkt bleiben.
2/3 natürl. Größe.

zeigen reichlichere Schaleneinschlüsse in vielen kleinen Fragmenten als die zementreicheren Zwischenbänder. Auffällig sind in den dunkleren Bändern zahlreiche kleine, etwa 1 mm breite, durch Füllung von Kalzit und rötlich gefärbtem Baryt deutlich gemachte Spältchen, welche die genannten Bänder steilschief bis ganz senkrecht durchbrechen, sich oben und unten rasch zuspitzen, dabei sich genau an die Grenzen der Bänder halten, seien sie nun knapp 0,5 mm oder 1—2 mm breit; nur in der Mitte der Linse gehen ein paar dieser Spältchen kurz über die Lagen

welche wirklich zu neuer Ablagerung überleitet. In tonhaltigen Kalkgesteinen, die dem Zugang von Tagwasser auch in der Tiefe ausgesetzt sind, ist die Fäule sehr verbreitet und gleichbedeutend mit einer weitgehenden Verminderung des Kalkgehalts.

hinaus und eine große Spalte springt von dem oberen der beiden Bänder nach dem unteren (also 15 mm weit), überragt aber nur wieder ganz wenig nach oben und unten diese Bänder selbst. Nur an einer Seite sehe ich einen längeren (ca. 5 mm langen) Seitenast von dem hochgestellten Sprüngchen wagrecht in die Bandmasse selbst hineinziehen. Im großen und ganzen sind die Spältchen stark verlängert und zwar in der Längsachse des Stücks, der sie annähernd parallel laufen; doch finden sich auch Seitenverbindungen innerhalb dieses Verlaufes, wie es hier auch Seitenäste gibt und wie Verbindungen zwischen den beiden übereinander liegenden Lagenbändern vorhanden sind.

2. Diese Erscheinung ist jedenfalls eine seltene; jedoch kann ich ihr zuerst ein Beispiel an die Seite stellen, welches ich in dem Tertiär der Rheinpfalz beobachtete, und in einem großen Probestück gesammelt habe. Eine etwa 20 cm hohe Schicht aus dem Cerithienkalk besteht aus sieben verschiedenen, an Dicke nicht sehr unterschiedlichen, nicht durch Schichtfugen getrennten, aber doch scharf eingegrenzten Lagen. Die alternierend eingeschaltete mittlere Zone ist sehr versteinierungsreich und im Zusammenhang hiermit zum Teil sehr viel kalkreicher; die vier sie einschließenden zwischen 2 und 3 cm starken Lager sind versteinungsärmer, ja sogar petrefaktenfrei und entschiedener als Mergel zu bezeichnen.

Die Homologie mit der oben erwähnten Erscheinung in der Linse aus den Ostrakodenschichten, welche in dem Wechsel der Schichtlager schon ausgeprägt ist, besteht nun darin, daß auch hier die schalenführenden Lager von fast senkrechten Zersprengungen durchsetzt sind, welche, in einzelnen derselben vereinzelte Seitenverzweigungen besitzend, aber nicht über die Lagen vertikal herausreichen; in den zwei anderen Lagen setzen sie an einander nicht entsprechenden Stellen an, haben aber für die ganze 20 cm dicke Schicht in allen Zonen annähernd parallele Richtungen. Daraus kann man zuvörderst schließen, daß die ganze Schicht mit ihren Lagerungsdifferenzen unter einer möglichst einheitlichen Einwirkung gestanden habe, was für die „Linse“ von so viel geringerer Dicke wohl gar keinem Zweifel begegnen kann.

Ich sehe in der Erscheinung die Folgen eines einheitlichen Erhärtungsvorgangs, der nun nach den Einzellagen eine verschiedene Prägung erhalten hat; in den kalkigen, fossilführenden Lagen ist damit ein größerer Raumschwund eingetreten als in den mergeligen Lagen. In letzteren, welche von Anfang an dichter gelagert sind, hat die Erhärtungskontraktion nach allen Seiten gleichmäßiger und schwächer gewirkt; in der Lage mit den zahlreichen Schalenresten hat die Konzentration der Lösung nach gewissen inneren Punkten oder Richtungen zugleich eine Verdichtung des lockeren Gefüges, einen engeren Zusammenschluß der Teilchen bewirkt und hiermit die Zersprengung verursacht.

3. Daß mit solchen Erhärtungsvorgängen in kalkigen und mergeligen Gesteinen tatsächlich eine Kontraktion verbunden ist, das beweist mir ein Vorkommen aus den gleichen Schichten (bei Harxheim-Zell), in denen in einem außerordentlich fein horizontal gebänderten mergeligen Kalk die eingeschlossenen, in allen Richtungen liegenden Cerithien samt und sonders seitlich komprimiert sind, so daß die längere Achse des elliptisch gewordenen Querschnitts also durchgängig senkrecht steht. Dies beweist nicht nur, daß hier eine das ganze Lager gleichmäßig und allseitig erfassende Kontraktion gewirkt hat, sondern wohl auch, daß die Kontraktion sehr bald erfolgt ist, ehe durch den zunehmenden Hangenddruck die Cerithien in entgegengesetzter Rich-

tung parallel der Lagerungsfläche zusammengedrückt wurden.¹⁾ In dem zuerst erwähnten Falle wären also die dichteren Lager einer geringeren und gleichmäßigeren Kontraktion unterlegen, die lockeren und durchlässigeren einer stärkeren und vielleicht daher auch ungleichmäßigeren Kontraktion (d. h. „ungleichmäßig“ auf einen gewissen Raum hin, in welchem im ersteren Falle sich keine Ungleichmäßigkeit makroskopisch äußert).

4. Unter dem Mikroskop zeigen die breiteren Spältchen der unter 1 erst-erwähnten Linse eine großkristalline Ausfüllung, deren mittlere Kristalle in der Vertikalen verlängert sind; nach dem Rande zu sind die Kristalle der Füllung kleiner, heben sich aber doch recht scharf von dem benachbarten Zement der Lagen selbst ab, was auf eine etwas spätere Ausfüllung nach oder bei völliger Erhärtung schließen ließe. Die inneren Lagen zeigen das gleiche in abnehmender Schärfe und Stärke der Ausfüllung und dies leitet dazu über, auch in den nicht makroskopisch zersprengt erscheinenden Lagen unter dem Mikroskop eine gerade noch erkennbare „Felderung“ festzustellen, welche dunklere Flecken feinerer Kristallisation durch hellere Zwischenzüge gröberer Kristallisation mit häufigen vertikal oder steiler zur Lagerung verlängerten Kriställchen darbietet. Dies ist der Vorgang der Kontraktionszerspaltung im Kleinsten und in reicherer Verteilung.

Wir sehen daher die ganze Linsenmasse in dieser Art gleichzeitig von dem in Rede stehenden Vorgange durchsetzt. Wir verstehen aber so auch, wie die Spalten von der oberen Hauptlage nach der unteren durchspringen und wie die schwächsten Spältchen in benachbarten Bändern eine gleichzeitig von der Vertikalen abweichende, etwas steilschiefe Stellung haben können. Wenn natürlich die Stellung dieser Spältchen eine Resultante sein muß aus dem Hangenddruck und den inneren Zerreißungsvorgängen, so weist die gleiche Richtung der Spältchen in benachbarten Lagen auf eine Vorgangsdauer, während welcher der Druck der gleiche geblieben ist. Es sei auf diese Erscheinung deswegen hingewiesen, weil sie im tieferen Innern einer Linse stattfindet und die Tatsache einer septarienartigen Zerreißung, welche auf horizontale Lagen beschränkt erscheint, beweist.

Was den Parallelismus der Spältchen untereinander und mit der Achse der verlängerten Linse betrifft, so möchte ich nicht glauben, daß es sich lediglich um eine Resultante mit dem auf die Linse wirkenden Druck handelt, sondern daß diese Erscheinung auch in dem Erhärtungsvorgang selbst begründet ist, da der zur Auskristallisation notwendige Lösungsmittel-Entzug bei den auf den Längsflanken der Linse ausstreichenden Horizontallagen notwendig hauptsächlich parallel der Längsachse der Linse seinen vorwiegenden Einfluß äußern muß.

5. Eine hier einschlägige und das obige Beobachtungsmaterial erweiternde Untersuchungsfolge kann ich hier nur kurz skizzieren; es sind Erscheinungen im Innern der Kalke der Unteren Kuseler Schichten (Textfig. 2). Hier sind ebenfalls im Innern frisch abgelagerter und unter schwacher oder wenigstens nicht zu starker Überdeckung erhärtender Kalke starke Kontraktionserscheinungen derart eingetreten, daß innerhalb eines Komplexes nicht nur eine Anzahl vertikaler oder steiler Querzerreißen die Masse durchsetzen, sondern daß auch immer zwischen diesen Querzerreißen durch eine Kontraktion nach innen und unten auch eine Ab-

¹⁾ Daß diese Erscheinung so selten ist, das rührt wohl daher, daß die Schichtmasse in der Umgebung von Schalen meist rasch und partiell erhärtet, so daß später bei der Gesamterhärtung des Schichtkörpers keine Kompression auf die einzelnen Schalen mehr wirken konnte.

lösung des Komplexes nach dem Hangenden zu stattfand, während die Kontraktion nach dem Liegenden nicht mehr wirken konnte. Diese zwischen den vertikalen Spalten entstandenen linsenförmigen Lücken der Horizontalablösung haben



Fig. 2.

Querschnitt durch einen septarienartig gesprengten Kalk aus den Unteren Kuseler Schichten der Rheinpfalz. Natürl. Größe.

nun nicht nur an manchen Stellen kleine Einbrüche von oben her zur Folge gehabt, sondern es sind auch offenbar die Zerspaltungen an anderen Stellen bis zur naheliegenden Fläche der andauernden Sedimentation durchgedrungen; diese hat somit zum Teil Angriffspunkte für nicht unbeträchtliche Abtragung erhalten, zum Teil hat sie auch die Zufuhrgänge erweitert; so wurden die tieferen Spalten mit einem etwas heterogenen Kalkdetritus erfüllt und durchdrungen, die Einbruchstrichter zur Oberfläche in der oberen Region mit größerem Detritus von kleinen Geschieben ausgeglichen. Es konnten sich nur jene Lücken für die Beobachtung erhalten, welche in dieser Weise nach dem Bergmannsausdruck „versetzt“ waren.

Das erwähnte Alternieren, wie es der vertikale Querschnitt dieser Zerspaltungen zeigt, weist schon auf eine Gesetzmäßigkeit der Entstehung hin, welche dadurch ergänzt wird, daß das Flächenbild dieser Zerspaltung das einer ziemlich gesetzmäßigen Septarienzerreißung oder wenn man will, eines von Trockenrissen durchsetzten und sedimentär in den Klüften wieder ausgefüllten Ablagerungsbodens bietet. Es sind das aber keine Austrocknungsrisse, sondern schichtinnerliche Erhärtungszerreißungen nach Art der Septarienzerklüftung.

6. Ich betone, daß ich eine derartige Zerreißungserscheinung, allerdings selten, aber doch in charakteristischer Form, in den Dolomiten des mittleren Muschelkalks und zwar im Innern schieferig spaltender Schichtkörper beobachtete.

Weiter sei darauf hingewiesen, daß wir in der „Sigmoidalzerklüftung“ (s. unten) eine auf bestimmte Horizonte beschränkte und in diesen durch bestimmte Horizontalunterschiede modifizierte und vervielfältigte, schichtinnerliche (stratische) Zerklüftung darlegen werden, welche eine gewisse Analogie mit den oben gekennzeichneten Erscheinungen hat, welche wohl etwas weniger selbstständig ist, wahrscheinlich erst unter Hinzutritt äußerer dynamischer Vorgänge zustande kommt.

Zusammenfassung zu Kap. 5. Unter dem Begriff der stratischen oder schichtinnerlichen Zerspaltung werden Zerspaltungen zuerst in solchen Einschaltungen dargelegt, welche septarienartig sind, aber durch die vorhandene Horizontalstruktur auf gewisse Lage örtlich beschränkt bleiben; sie werden verglichen mit ähnlichen Zerspaltungen aus dem Tertiär und Karbon, welche in breiten ausgedehnten Schichtkörpern auch auf gewisse Innenlagen verörtlicht sind und die Tracht und Anordnung von Trockenrissen haben. Als Ursachen sind innerliche Kontraktionen bei der Erhärtung angegeben, für welche ein auffälliges Beispiel aus dem linksrheinischen Tertiär aufgeführt wird. Hierauf werden ähnliche Zerspaltungen im mittleren

Muschelkalk bezogen. Eine Beziehung besteht auch zu der unten behandelten „stratischen“ Sigmoidalzerklüftung.

Kap. 6. Grenzeinschaltungen zwischen fossilfreien Mergelkalken und Fossilienkalken im mittleren und unteren Hauptmuschelkalk.

1. Es wurde oben (S. 73) ausgeführt, daß in den meisten Fällen die obere Grenze der Mergelkalkbänke nicht (nach Art der Fossilienlinsen) die gleiche „geforderte“ Übergangszone zu den Schiefen zeige wie die Unterseite, sondern, daß fast in allen Fällen, wo Fossilienbänke darüber folgen, sehr starke Abtragungen an diesen Schichtstellen zu beobachten seien. Richten wir zunächst die Aufmerksamkeit auf die oben behandelten Stufen aus der Zone der *Terebratula cycloides* (Taf. IV, Fig. 1—3), so zeigt sich an diesen allen über dem Mergelkalk zutiefst eine lebhaft ockerig gefärbte, auffallende, aber nicht sehr starke Einschaltung, welche die Vertiefungen ausfüllt und zumeist nur kleine Enkrinitenglieder und Fragmente von Brachiopodenschalen enthält, deren Ansammlung oft in der Basis selbst, öfters noch in der Mitte des Lagerchens selbst stärker ist, oder von da als hauptsächlich anzuführen wäre. Sodann folgt eine höhere Lage, ein dunkelgrauer fester Kalk, fast nur mit Bivalvenschalen und sehr zurücktretenden Krinoidengliedern, ebenfalls noch Mulden ausfüllend.¹⁾ Das Ganze überdeckt ein kompakter Bivalvenkalk; die Zwischenräume zwischen den Schalen sind hier zum Teil mit dichtem grauen Schlammkalke erfüllt, zum Teil mit Detrituskalk organischer Herkunft; die Stücke stammen von einem Bruch NW. von Rimpar bei Würzburg.

Fig. 1a gibt die Vergrößerung von Fig. 1 und eine Seitenfortsetzung; hier zeigt sich die als Muldenausfüllung bezeichnete mittlere Fossilinse von der Seite angegagt, von welcher von Fig. 1b her, d. h. vom höheren Niveau (mit dem Knopf), die ockerige Krinoiden-Brachiopodenlage herabgewaschen ist und von welcher Höhenlage auch wieder diese gleiche Grenzfüllung ins Hangende der Fossilinse verschwemmt ist.

Fig. 3 zeigt ebenfalls eine normale, primäre Muldenausfüllung in der eingetieften Kalkmergel-Oberfläche, auch an nicht abgebildeten Stellen des Stückes, desgleichen mit der Ockergrenzlage, in welcher Brachiopoden und Krinoiden vorkommen; darüber folgt der Bivalvenkalk in schiefer Lagerungsaufschüttung der Schälchen.

An allen Stellen des Bivalvenkalks finden sich neben den erwähnten vereinzelt Kalkfüllungen gemischter Zusammensetzung zwischen den Schalen (als deren sedimentäre Bindung) noch oft vieleckige, wirkliche Bruchstücke dichten, grauen Kalkmergels, welche sich scharf gegen das übrige abheben und schon nach ihrer Struktur zweifellos als Geschiebe anzusehen sind; es sind abgerissene Teile der Unterlage, während die erwähnten zerstreuten Füllungen mehr gemischten Materials höchstens einem Erosionsschlamm gleicher Provenienz zu verdanken sind; weitere Belege dafür bringen wir später mehr und mehr.

¹⁾ Es sei bemerkt, daß sich Fig. 1 mit geringem Abbruch des zwischenliegenden Gesteins derart an Fig. 2 mit der Bildfläche anschließt, daß ihre rechte Seite umgedreht auf die linke von Fig. 2 aufpaßt. Fig. 1b ist die Rückansicht von Fig. 1. Der Kalkmergel hebt sich auf dieser Seite mit einer Knopfbildung empor, so daß die in Rede stehende linsenartige Einschaltung hier auskeilt; diese Lage keilt auch auf der Rückansicht von Fig. 2 ebenso an einer Aufbiegung der Mergelunterlage aus, welche letztere also ein Ablagerungsbett bildet. Die Ockergrenzlage und Ockerschmitzen sind durchgehends mit dunkler Strichelung schraffiert.

In Fig. 1 und 2 erkennt man auch, daß sich die Enkriniten-Brachiopoden-Ockerlage in die schmalen, steilen und schiefen Zwischenlücken der Vorragungen der Unterlage einsenkt, wo vorher eine ziemlich tiefe Einnagung stattgefunden haben muß. In Fig. 3 erkennt man an der Unterfläche des Mergelkalks an der Abschnürungsstelle die Grenze zwischen dem eingesenkten Ockerkalk und dem noch etwas infiltrierten, gelblichen Mergel des primären Zwischenmittels des in geodenartige Stücke eingeschnürten Kalkmergels.

Fig. 4 und 5 bringen Bilder der gleichen Grenzockerlage; Fig. 4 zeigt hübsch die Muldenfüllungen in den größeren und kleineren Vertiefungen (bzw. die Abschnürung) des Mergelkalks; darüber der Bivalvenkalk. Fig. 5 zeigt das gleiche, die Vertiefungen sind hier zum Teil als Bohrlöcher zu deuten. Auch hier sind fast nur Brachiopodenfragmente und Krinoidenglieder in der Ockerlage zu erkennen.

Fig. 12 zeigt ebenfalls einen Mergelkalk mit unregelmäßiger Oberfläche, der sowohl durch Annagung als durch kleine Einbrüche betroffen wurde; überall zeigt sich in den tieferen Buchten und Winkeln der Grenzockerkalk wie an den vorerwähnten Stücken in von späteren mechanischen Wirkungen unberührter, völlig normaler Muldenlagerung der eingeschlossenen Fragmente, welche auch hier scharf von der erwähnten „gemischten Bindung“ abzutrennende Geschiebe-einschlüsse enthalten.

2. Von hohem Interesse sind nun die in Fig. 6 und 7, Fig. 8 und 9 Taf. IV in Ansicht und Kehransicht dargestellten Brocken aus der Spiriferinenbank vom Steinberg (Würzburg), zu welcher auch Fig. 10 gehört, welches Bild zum Teil aus dem Anstehenden genommen wurde. Die Doppelfiguren sind so angeordnet, daß die Kehransicht, im Spiegelbild gezeichnet, unter die Vorderansicht gestellt ist, um den unmittelbaren Vergleich der beiderseitigen Einzelheiten zu ermöglichen.

Es liegt auch hier in der Basis ein Mergelkalk vor mit linsenartigem Teilwachstum mit schiefen und senkrechten Durchschnürungen von der Hangend- zur Liegendfläche. Zwischen dieser Kalkmergelbank bzw. ihren Vertiefungen und der horizontal darüber gelagerten, überwiegend Bivalvenschalen enthaltenden reineren Kalkbank liegen nun nicht unbeträchtliche Ansammlungen von Ockerkalk mit Krinoiden- und Brachiopodenfragmenten, daneben vereinzelte Knöchelchen bzw. Schuppen; die Häufigkeit der Schalenfragmente nimmt nach der Tiefe der zum Teil spaltenartigen Zwischenräume sehr ab; dann aber zeigen sich auch hier wieder typische Geschiebe, zum Teil eigenartig bräunlichrote, zum Teil einfach graue, welche letzteren zweifellos von abgebrochenen Vorragungen des höchst unregelmäßig angenagten Untergrundes herrühren.¹⁾

Die tiefe Ausnagung und Durchnagung hat jedenfalls an vielen Stellen der Bank durch Lösung des Zusammenhanges und durch Unterwaschungen zu lokalen Bodenbewegungen Anlaß gegeben, wodurch auch Zerreißen in dieser Region nicht selten sind (vgl. Fig. 10—12), somit den Eindruck „gesprengter“ Kalke machen.

3. Fig. 11 besonders, ein Bänkchen aus gleicher Region, zeigt einen solchen Sprung, dessen Ausfüllung von oben her einen ganz natürlichen und ursprünglichen Zusammen-

¹⁾ Außergewöhnlich schöne Geschiebe von dunkelgrauer und ockerbrauner Farbe fand ich auf der Oberfläche der Spiriferinenbank am Randersackerer Berg und bei Rimpar; sie stecken zum Teil im Kalk selbst, zum Teil liegen sie ihm flach auf und boten Platz zur Ansiedlung von kleinen Austern auf ihnen. Westlich von Zellingen a. M. fand ich auf der Kutschensteighöhe eine starke Ansammlung ähnlich gefärbter Geschiebe von unregelmäßiger, aber scharf begrenzter Form in der tiefsten Brachiopodenlage, darüber Bivalvenkalk und der Hangendabschluß der Bank durch dichten Kalk.

hang mit der gleichartigen und gleichmäßig feinkörnig dichten Ockerschicht im Hangenden hat; diese zeigt ebenso, besonders in der unteren Region, massenhafte, lediglich horizontal gelagerte Krinoidengliederchen, die sich nach oben mehr und mehr verlieren; sie gewinnt dafür an feinen horizontalen Lagerungsstreifen und geht plötzlich nach 25 mm Höhe ohne Lagerungsfuge, aber doch mit scharfer Grenzlinie, in einen dunkelgrauen Kalk über, der makroskopisch nur vereinzelt, ganz kleine Fossilfragmente erkennen läßt. Der erwähnte wurzelartige Spalt ist zweifellos ein primärer, da abgesehen von dem Erwähnten, alle an Ockerkalk sich anschließenden, zweifellos sekundären Spalten und Spältchen mit großkristallinem Gemenge von Braunspat-Kalkspat erfüllt sind, geradeso wie alle sekundären Umwandlungen von Bivalvenschalen (ausschließlich der Monomyarierschalen) großkristallisiert umgewandelt sind. Es soll hiermit nicht gesagt sein, daß die ockerige Masse nicht auch eine gewisse kristallisierende Umwandlung erfahren habe, diese könnte aber wegen der Dichte der Masse nicht großkristallinisch werden, weil kein Platz da war, wie in den sekundären Zerreißungsspalten oder in Schalenhöhlungen.

So ist im bivalvenführenden (oberen) Teil der Spiriferinenbank in dem hinteren und inneren Abschnitt der Wohnkammer eines *Ceratites nodosus* noch Mergelkalk und Ockerkalk eingeschwemmt, im vorderen Teil zeigen sich eckige Geschiebe von Kalk und mehrere bis 7 mm dicke Fragmente eines sehr erhaltigen Toneisensteins; letzterer stammt offenbar von einer zerstörten Gangart, wie eine solche Erzkonzentration auch im Grund der Spalte von Fig. 11 und an anderen ähnlichen, vorliegenden Funden zu erkennen ist, ein Beweis sehr früher Äußerung der Diagenese etc. Durch diese Vorlagerung fester Brocken ist ein hinterer Teil der Kammer hohl geblieben und mit großkristallisiertem Kalkspat und Eisenspat ausgekleidet, was meistens der Habitus aller späteren Umwandlungen und Absätze in Spältchen etc. ist.

4. In einer ähnlichen Bank aus einem Bruch im mittleren Hauptmuschelkalk am Nordwesthang des Schenkenbergs bei Würzburg gehen von der Ockergrenzlage Spältchen in den liegenden Kalkmergel, von welchen eines zuerst horizontal läuft und dann nach oben umbiegend endigt; diese wurden zum Teil mit dem Ockerkalk erfüllt, aber nicht ganz, weil auch hier den Eingang einige kleinere Geschiebe verbarrikadierten.¹⁾ Diese Höhlung ist mit einer Kruste von ockerigem Kalkspat ausgekleidet und die Restlücken füllten, so recht als Auslaugungsprodukte aus dem Hangenden her erkenntlich, einerseits Kupferpecherz und Kupferkies, andererseits schneeweißer Kalzit vollständig aus. Auch hier ist die Grenze zwischen primär-sedimentärem Ockerkalk und den Absätzen der späteren Gesteinsmetamorphose scharf kenntlich.

Ein *Ceratites nodosus*, den ich im gleichen Horizont am Nikolausberg bei Würzburg sammelte, zeigte die Wohnkammer dicht mit Kalk ausgefüllt, hinter ihr bemerkt man eine Eindrückung von oben, welche die Scheidewandfugen des Steinkerns öffnete, die dann mit Ockerkalk von oben erfüllt wurden; eine gleiche Verletzung von der entgegengesetzten hinteren Seite ließ den Ockerkalk von oben mit Brachiopodenfragmenten in die noch hohlen innersten Windungen eindringen; die intakte Unterseite des Fossils zeigt eine Limonitkruste mit reichlich Kupferpecherz, welches offenbar von der Ockerkalklage im Verlauf der Metamorphose her hierhin eindrang.

Das sind Erscheinungen, welche wir ähnlich schon bei den höheren Ockerkalkvorkommen in den Trigonodus-, Ostrakoden- und Semipartitusschichten berührten;

¹⁾ Es ist dies die ähnliche primäre Erscheinung, wie wir sie oben bei Gelegenheit der Schalenlagerung und deren Ausfüllung von unten und der Seite in den Fossilinseln eingehend besprochen haben.

es scheint kein Ockerkalk-Vorkommen verzeichnet werden zu können, in dem nicht einerseits auch Erze, besonders Kupfererze nachzuweisen wären und andererseits nicht auch vor Ablagerung des Ockerkalks die Zeichen der Zerstörung eines schnell gehärteten oder in Härtung begriffenen Liegendgrundes festzustellen sind, von dem dann in erster Linie das Vorkommen typischer Geschiebe in rings anders getartem Mittel herzuleiten wäre.

5. Zur näheren Kennzeichnung der in Fig. 11 Taf. IV gegebenen Gesteinsbänke seien drei von Herrn Landesgeologen A. SCHWAGER ausgeführte Analysen mitgeteilt, welche I vom hangenden dunkelgrauen, 2 cm dicken Kalkband, II vom mittleren, 2,5 cm messenden Ockerkalk mit Enkrinitengliedern, III vom liegenden, zum Teil „zersprengten“, fossilfreien Kalk ausgeführt wurden.

	I	II	III
CaCO ₃	= 88,22 %	80,50 %	91,37 %
MgCO ₃	= 1,96 „	2,07 „	1,57 „
FeCO ₃	= 0,20 „	0,14 „	Spur
SiO ₂	= 8,40 „	13,74 „	5,02 „
Al ₂ O ₃	= 0,26 „	—	0,96 „
Fe ₂ O ₃	= 0,71 „	2,17 „	0,41 „
MnO	= 0,37 „	0,93 „	0,22 „
Cu	= 0,01 „	0,02 „	Spur
Org.+H ₂ O	= 0,06 „		0,31 „
P ₂ O ₅	= Spur		Zn = Spur
Summe	100,19 %	99,57 %	99,86 %

Auch hier ist, wie oben bei den Trigonoduskalk-Analysen betont wurde, keine Schichtfuge zwischen den beiden Gesteinsarten I und II vorhanden, sondern nur eine verhältnismäßig scharfe Lagerungs-Grenzlinie. Der ausgeschiedene Kalkgehalt etwa anorganischer Entstehung¹⁾ ist bei II jedenfalls außerordentlich viel geringer anzuschlagen, weil doch eine große Anzahl Enkrinitenstielglieder (reiner Kalzit) darin enthalten sind; im übrigen sind die Unterschiede bei II charakterisiert durch geringeren Tongehalt, stärkeren und grobkörnigeren Quarzgehalt (der Quarz ist nicht primär), stärkeren Magnesia-, Eisen-, Mangan- und Kupfergehalt; dabei ist eine erhöhte Limonitisierung des Eisengehalts sprechend. Auffällig ist bei III der geringe Gehalt an Eisen und Magnesia.

6. Zum Vergleich mit dieser vom Steinberg bei Würzburg gesammelten Probe seien noch folgende von Herrn Landesgeologen A. SCHWAGER ausgeführte Analysen der in Taf. IV Fig. 1—3 dargestellten Bank der Cycloides-Region bei Rimpar in ihren vier Hauptteilen vom Hangenden zum Liegenden mitgeteilt.

	I	II	III	IV
CaCO ₃	75,70	73,78	89,47	65,36
MgCO ₃	3,92	5,65	2,21	5,59
FeCO ₃	0,31	Spur	0,34	Spur
SiO ₂		11,60	8,11	28,92
Al ₂ O ₃	19,52	0,93		
FeO ₃		4,05		
MnO		3,27		
H ₂ O+Org.		0,74		
Summe	99,45	100,02	100,13	99,87

(I = Bivalvenkalk; II = Ockerkalkgrenzlage; III = fossilfreier Mergelkalk; IV = Grundschieht.)

¹⁾ Weit verschwemmte, klein verkrümmelte organische Skeletfragmente aus Kalk verlieren durch Zuwachs, Umkristallisation und erneute Verkleinerung nach Perioden der Ruhe und Wieder-

Während die liegende Kalkmergelbank III vergleichbar III der ersten Analysengruppe den stärksten Kalk- (und Gesamt-Karbonat-) gehalt zeigt, hat der Ockerkalk II im Hangenden den geringsten, aber die stärkste Rückstandsmenge nach dem Karbonatentzug. Dabei zeigt sich wie bei II der ersten Gruppe im Rückstand Quarz, während bei III der Rückstand ein sehr eisenoxydarmer Ton ist; das gleiche gilt für I, wo der tonige, geringer quarzhaltige Rückstand etwas eisen- und manganreicher ist. Von Interesse ist im Vergleich zu dem Liegendkalk die starke Zunahme an kohlensaurer Bittererde, welche sich auch noch im Bivalvenkalk äußert (vgl. unten S. 188 die Beschaffenheit einer Bivalvenschale aus dieser Schicht). Wichtig ist die Konzentration des Eisens- und Mangans als Oxydationsprodukte in II, während in I und III deren Hauptmasse noch als Karbonat vorhanden ist. I und II, die durch keine Schichtfuge getrennt sind, haben die nächste Verwandtschaft zueinander bezüglich der Karbonatmenge; die Differenzen liegen hauptsächlich in der Verschiedenheit des Rückstandes, welche sowohl auf eine etwas größere Durchlässigkeit des Ockerkalks als auch auf früheren Beginn der Veränderungen während des Absatzes durch die Verschiedenheit der Einschwemmungstoffe hinweisen. Bezugnehmend auf die hinsichtlich der Lage IV (S. 73—74) geäußerten Anschauungen kann man auch, was die Lage II betrifft, zu der Annahme gelangen, daß bei den unleugbaren Zerstörungserscheinungen an dem Untergrunde (III) ein Teil des Detritus aus diesem stamme und chemischer Umwandlung (vgl. oben S. 79 und unten S. 165) zu verdanken sei. Die in der Lage II reichlicher vorhandenen Quarzfragmente, der viel höhere Magnesia- und Eisengehalt würden hierbei auf eine Änderung in Einschwemmung und Lösungsbeschaffenheit des Wassers, welche eben die chemischen Wirkungen herbeiführte, hinweisen (S. 162).

7. Ganz ähnliche Erscheinungen, wie sie hier aus der Umgebung von Würzburg besprochen wurden, gibt auch das Profil durch den oberen bis mittleren Hauptmuschelkalk, das oben von einem Steinbruch an der Straße von Rothenburg o. T. nach Dettwang mitgeteilt wurde. Die ockerigen Grenzlagen sind auch hier bei verschiedenen Fossilbänken der Ceratitenschichten mit gleicher Charakteristik zu erkennen; in den Fossilienbänken selbst zeigen sich Geschiebe dichten Gesteins. Auf die ockerige Lage mit Vertebratenresten und sandigen Beimengungen, welche von starken Kieselsäureausscheidungen begleitet ist, möchte ich besonders hingewiesen haben.

8. Es sei hier noch darauf aufmerksam gemacht, daß die Ockerkalkfüllungen öfters, wie Taf. IV Fig. 5 und 6 zeigen, über ihren Spaltbereich in einer knopfartigen Ansammlung gleichsam über die Nachbarfläche sich hinausheben. Diese Knöpfe, die ich in solcher Ausbildung außerdem noch öfters beobachtete, sind Abtragungsreste einer ursprünglich größeren Verbreitung des Ockerkalks; sie beweisen, daß in allererster Zeit nach der Schichtablagerung sehr bald **in** und **senkrecht über** den Füllungen von Bohrröhren, Spalten oder Rinnen eine sehr rasche Erhärtung stattfand. — Es hat dies jedenfalls darin seinen Grund, daß in diesen Vertiefungen sich Lösungen leichter sammeln, daß hier adsorptionsfähige Stoffe sich anhäufen, daß außerdem alles Angesammelte hier mehr gehindert wird, wieder in den Lauf der Ausstreunungen sich zu verteilen,

verschwemmung völlig ihren ursprünglichen Charakter; feinsten Kalkschlamm als Detritusmasse darf daher auch als „anorganisch“ den frisch aus der örtlich näheren Fauna hinzugekommenen, noch nicht oder wenig veränderten größeren Skeletfragmenten entgegengestellt werden.

daß hier Konzentration und Ruhe zu Ausfällungen ermöglicht ist. Dieser Erscheinung werden wir noch mehrfach begegnen.

Zusammenfassung zu Kap. 6. An der Grenze zwischen den fossilfreien Liegendzonen der Fossilalkbänke, welche im oberen Muschelkalk an Lamellibranchiaten ungleich reicher sind als im Wellenkalk, zeigt sich eine oft nur recht schwache Lage jenes ockerig sich zersetzenden Kalkes, der schon oben aus dem Trigonoduskalk behandelt wurde; er erfüllt kleine Ausnagungsvertiefungen des vorher durch kleine Zersprengungen und Wurmdurchhohrungen durchlöcherten Liegenden und schließt auch regelrechte Geschiebe des letzteren in eigenartiger Umfärbung ein. Dieser Grenzockerkalk hat manche innige Verwandtschaft mit dem S. 58—66 behandelten, enthält aber neben größeren Quarzkörnchen und Vertebratenresten auch noch reichlich Krinoiden- und Brachiopodenreste. Die Verockerung des Magnesia- und Eisenkarbonat isomorph einschließenden Ockerkalks hebt ihn trotz seiner verhältnismäßigen Geringfügigkeit stark hervor. Die Anzeichen einer späteren Veränderung des Lagerungsbestandes zwischen Fossilsschichten und ihrem Liegenden sind äußerst gering; die Lagerung ist die einer die älteren Vertiefungen normal und gesetzmäßig auebennenden Verschwemmung, aus der tonige Bestandteile völlig oder überwiegend ausgeschaltet sind. Wir kommen auf ähnliche Tatsachen im Wellenkalk unten eingehend zurück.

Kap. 7. Quere Durchsinterungsvorgänge in Kalkmergeln und sogenannten Ockermergeln des Muschelkalks und der Unteren Lettenkohle.

1. Wir haben in den Ockermergeln und Ockersandsteinen der unteren Lettenkohle und des Oberen Muschelkalks (S. 3, 5), außerdem in den hellgrauen Mergeln der *Myophoria orbicularis*-Schichten (S. 39) auf die außerordentlich merkwürdigen, im allgemeinen senkrecht zur Bankung verlaufenden Streifen verschiedener Färbung als auch verschiedenen Verwitterungswiderstands aufmerksam gemacht und dargelegt, daß es die oberflächlichen linearen Äußerungen von flächenhaft regelmäßig und unter sich fast konkordant in die Gesteine hineindringenden Veränderungszone sind, welche zum Teil auch beim Anschlag oder der Verwitterung als Schalen abgelöst werden.

Was das allgemeine Auftreten dieses Phänomens betrifft, so habe ich schon bei Gelegenheit der Erklärung aufrecht stehender Stylolithenzüge (Geogn. Jahreshfte 1901) auf die weite Verbreitung solcher bänder- und streifenweiser Schichtdurchsetzungen aufmerksam gemacht, die sich besonders auch in schwach eisenhaltigen Sandsteinen, Mergeln (z. B. Bänderung der Ruinenmarmore, S. 92 Anm.), in massigen plutonischen Gesteinen zu Seiten von Klüften bemerkbar machen; es sind Wirkungen, die von den Klüften, also von Flächen ausgehen, bei schollig-würfeligem Zerklüftung von allen Seiten ins Innere vordringen, besonders an den Ecken (als an Punkten vervielfachten Vordringens) in umgekehrter Spitzenwirkung diese nach Innen abrundend, endlich kugelig gerundete Durchdringungsflächen ausgestalten, welche dann auch die Ursache zu kugeligen Verwitterungen abgeben; dies hat schon früher CHELIUS für die Entstehung der Granitwollsäcke in den Felsenmeeren des Odenwaldes angeführt und ungefähr mit den Worten kurz berührt: „Von sich regelmäßig kreuzenden Spalten begann die Zersetzung und Vergrusung und dringt mit schaliger Absonderung nach den kugeligen Kernen.“ Diese Wirkung läßt sich an Löbänden ebensogut

verfolgen wie an Felswänden massiger Gesteine; sie vermag bei Zerklüftungen letzterer gelegentlich den Eindruck eines Konglomerats zu erzeugen, wie in Gängen konglomeratartige Umlagerungen an den Salbändern zu bewirken.¹⁾ In den meisten dieser Fälle ist mit der „Durchsinterung“ das weitverbreitete Eisen transportiert und in den Streifen wieder als Limonit konzentriert; in Sandsteinen wandern mit Eisenhydroxyd auch Psilomelan und damit verbunden Kieselsäure-Ausscheidungen, z. B. in den Staufer-Schichten des pfälzischen Buntsandsteins, in den Schwartensandsteinen des oligozänen Meeressandes;²⁾ hier sind es aber Vorgänge, die nicht von einer späten Zerklüftung ausgehen, sondern jedenfalls zum Teil noch während, zum größeren Teil aber unmittelbar nach der Ablagerung der Zeit der Diagenese angehören; die unregelmäßig verschieden rasch, je nach der Durchlässigkeit, vordringen, beim Zusammentreffen von verschiedenen Seiten sich zu kugeligen oder seltsamen röhrenartigen Flächenzügen zusammenschließen, d. h. an dem eckigen Zusammenstoßen ihre Wirkungen zu einer Resultante summieren, welche die Ecken ausgleicht oder abrundet. Hier zeigen sich auch geradeso mehrere ineinander geschichtete Schalen, wie bei den von Kluffflächen begrenzten Schollen. Die stärkste Konzentration des Limonitabsatzes erkennt man oft auf der Vorderseite (d. h. in der Richtung des Vordringens gedacht) oder auf der Innenseite der Röhren- oder Kugelschalen, welche z. B. bei den kugelig-schaligen Derberzen der Albüberdeckung der fränkischen Jurahochfläche noch einen Belag faserigen Hämatits als letzte Bildung zeigen.

2. Ein ähnliches Bild bieten auch die erwähnten Ockerkalle und Ockersandsteine in der Lettenkohle dar; die im allgemeinen senkrechten Streifen haben einen deutlichen Verdichtungsrand der limonitischen Anreicherung, der an eine offenbar besonders limonitarmer Region des nächsten Streifens, an eine Verminderungsflur eines Bandes anstößt, die sich allmählich nach vorwärts wieder anreichert. Besonders bei eckig-schaligem Vorrücken mit Eckenabrundung nach einem Innenkern haben alle einzelnen Streifen ihren Konzentrationsrand deutlich nach Innen gerichtet, also nach der einzig möglichen Richtung des Vorrückens der von außen eindringenden und umwandelnden Lösungen.

Dies lehrt auch Taf. 11 Fig. 2 besser verstehen; nach der Konvexität der in dem oberen Teil der Figur sichtbaren Ausbiegung ist auch der Konzentrationsrand der einzelnen Bänderstreifen gelegen; desgleichen ist dies der Fall bei der unteren schwarzen Partie, was leider in der Photographie nicht gut sichtbar ist. Zwischen beiden liegt eine starke, fast spitzwinkelige Konkavität mit viel weniger deutlicher und mit weniger reich gegliederter Streifung; diese Stelle ist nun durch einen relativ frischen, dichten, grauen Mergelkalk eingenommen; sie wirkt als viel weniger durchlässige Masse verzögernd auf die unterhalb und oberhalb von ihr viel freier vordringende Lösungsumwandlung. An der unteren Schichtgrenze gegen den mit Petrefakten gespickten Kalk ist auch eine Zurückbiegung erkennbar; sie ist aber nicht so stark, weil dieser Kalk, wie es scheint, gar nicht für diese Umwandlung bzw. die Zeit ihres Eintritts und ihre Dauer sich durchlässig erwies. Dieser Schichtgrenze parallel

¹⁾ Vgl. in Geogn. Jahreshfte XVII 1904 S. 186 meine Ausführungen über die „Sedimente“ des Barytgangs am Königsberg.

²⁾ Vgl. Berichte des Oberrhein. geol. Vereins 1910 S. 23 und S. 27. Während in dichten Gesteinen der Widerstand gegen das Vordringen der Masse einen äußeren in der Richtung des Lösungsabzugs liegenden Verdichtungsrand erzeugt, scheint in lockeren Sedimenten mit starkem Vorrückungs-„Antrieb“ oder „Auftrieb“ der Verdichtungsrand auf der Innenseite des Lösungszuzugs zu liegen.

verlaufen auch im oberen Teil zwei schmale Linienbänder schwacher „Verzögerungszurückbiegung“, welche also auf horizontale Einschaltungen dichter Gefüges hinweisen, kalkig sind und massenhaft Ostrakodenschälchen führen. An allen gesammelten Proben erwies sich der dichte Kalkmergel, nach dem Konzentrations-Vorderrand zu folgern, als Verzögerungsschicht. Es läßt sich daraus vor allem schließen, daß der zersetzte Ockerkalk ursprünglich strukturell und mineralisch eine von diesen Kalken verschiedene Schicht gewesen sein muß; dies ist nicht so selbstverständlich, da es im frischen Zustand nicht sehr unterschiedlich aussehende „Kalkmergel“ gibt, die zu solcher ockerigen Masse verwittern können.

Zwischen zwei Gesteinszonen eines Bankkörpers, welche infolge günstiger Durchsinterung eine reiche Gliederung der Streifen zeigen, können Lagerzonen auftreten, in welchen nur die stärkeren Absätze der Gliederung zum Ausdruck kommen oder eine völlige Unterbrechung der Streifenabsätze stattfindet; letzteres kann entweder durch zu starke Undurchlässigkeit oder auch durch zu große Durchlässigkeit, welche Lösungen zu rasch durch- und ableitet, ermöglicht werden.

Sehr häufig findet sich in diesen Ockerkalken das Bild, das Fig. 1 Taf. XI darbietet, nicht als ein großzügig aus- und eingebogenes wie bei Fig. 2, sondern ein feingliederiges mit Blumenkohlkopf-Auswachsungen, in denen gleichfalls die Konzentrationsränder auf der Seite nach den Richtungen der stärksten, breitköpfigen Ausbiegungen gelegen sind, die sich oft in der gleichen Richtung an Zahl steigern, verbreitern und verlängern; damit sind auch oft massenhafte, zum Teil wohl einer späteren Generation angehörige Dendriten verbunden, die sich nach gleicher Richtung hin verzweigen.¹⁾

Es zeigte sich hier für den Kalk und den Ockermergel ein verschiedenes Verhalten; der gleiche Vorgang, der in dem letzteren sehr starke Umwandlungen zeitigte, ergriff in dem Kalkmergel das Gestein zwar auch, aber mit verschiedenem Erfolg. Auch hier erkennt man die schärferen Verdichtungs-Vorderränder der schwach gelblichen Umsetzungsbänder, dazwischen graue, wie der fast unberührt erscheinende Kalk im Liegenden, gefärbte Zwischenbänder von allerdings meist geringerer Breite. Die Bänder relativ weniger zersetzter Mergelkalke scheinen mir darzulegen, daß es sich in den meisten dieser Fälle nicht um eine völlige Infiltration handelt, sondern mehr um eine Umsetzung von dem Schichtkörper selbst angehörigen Bestandteilen, insbesondere jener meist geringen Mengen von Eisenkarbonat, wie mir dies auch bei ähnlichen Bildungen aus den Sandsteinen der Lebacher und Kuseler Schichten oder aus Flyschsandsteinen als sichere Tatsache anzuführen möglich ist.

3. Bezüglich des Auftretens dieses Phänomens in Kalken habe ich noch folgende Funde aus dem Wellenkalk und den Myophorienschichten zu besprechen. Auf Plattenflächen des Wellenkalks (sowie z. B. auf jenen des lithographischen Schiefers etc.) findet man Färbungsstreifen meist in wechselnder Limonitisierung, in schärfster Begrenzung und wechselnder Gruppierung der oft bis zur höchsten Feinheit linierten Anreicherungen. Hat man Gelegenheit, die Kehrseite selbst dickerer Platten zu

¹⁾ Es ist interessant, besonders an einem andern Stück zu sehen, wie diese Dendriten sich auch in dem schmalen unteren ockerigen Band mit gleichartig vorgebogenen Streifen in gleicher Richtung nach vorne und oben verzweigen und diese Richtung beibehalten, seien nun die Streifen konvex oder konkav. Daß die Dendriten z. B. in Schichtfugen von Querklüften her nur von außen nach innen wachsen, ist bekannt und selbstverständlich.

prüfen, so ist man erstaunt, auf ihr dieselben Streifengruppen, dieselbe Folge von dickeren und dünneren Linien und dieselbe Zahl höchstens in einer gewissen Verschiebung gegen erstere Fläche zu beobachten; man zieht die Folgerung, daß beiderlei Auftreten in einem quer oder schief durch den Schichtkörper laufenden Zusammenhang stehen müssen. Dieser Zusammenhang ist nun im großen und ganzen stets zu erkennen oder wenigstens durch Anschliff und Ätzung des Querbruchs deutlich zu machen. Im Innern des mehr kalkigen Schichtkörpers ist eben Auslaugung und Wiederabsatz auf geringere Quantitäten der Eisensubstanzen beschränkt, als in oder zunächst der meist etwas mehr tonigen Zwischenbildungen; es zeigt sich die Verschiedenheit des Widerstands gegen die Durchdringung des harten Gesteins und des tonigen. Es ist somit auch hier kein Durchdringen von Lösungen in größerem Maßstab zu verzeichnen, sondern es liegt nur eine Differenzierung eines ursprünglich gleichmäßigen Gehaltes zu ungleichmäßiger, mehr oder weniger konzentrierter Anordnung unter begleitenden chemischen Umwandlungen vor.

Im Wellenkalk halten sich fast alle beobachteten Fälle an die Nähe von Zersprengungen; in den Verfärbungstreifen werden die den Ecken der einzelnen Gesteinsschollen entsprechenden Winkelbiegungen nach innen zu allmählich abgerundet (Textfig. 3). Derartige Umstrukturen geben dann nicht nur zu kugelartigen Verwitterungen Veranlassung, sondern auch zu eigentümlichen Ab- und Zerspaltungen in der Nähe der größeren Klüfte mit ihrem starken Kurse von lösenden und absetzenden Gewässern. Es gibt im Innern solcher Schollen auch Spältchen vorheriger, anders gearteter Umwandlung und Verdichtung; diese wirken bei einer späteren Lösungs- und Umsatzdurchdringung als verzögernde und zurückhaltende Flächen, was sich in oft auffällig tief eingekerbtem oder geschlitztem Verlauf der Färbungstreifen äußert.

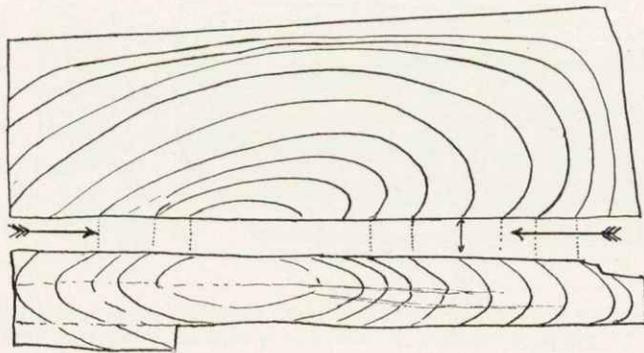


Fig. 3.

Flächenansicht einer Wellenkalkscholle mit die Ecken zurundenden Durchsinterungstreifen; darunter der Querschnitt; die Pfeile zeigen die Richtung des Vordringens der Durchsinterung an. — $\frac{1}{3}$ natürl. Größe.

Hierüber seien noch einige Einzelheiten gegeben. Wenn auch in diesen Kalken die Vorder- und Hintergrenze der Streifen oft schwer zu unterscheiden und so zeigt sich doch z. B. bei mehreckigen flachen Platten mit nach innen sich vermehrender Eckzurundung der Streifen, daß im Querschnitt der Platten die Streifen sich nach den Schichtflächen hin in jener Richtung vorbiegen, in welcher auch die Eckzurundung liegt, d. h. nach dem Innern der Schollen. Mit anderen Worten: In der erkannten Richtung des Vordringens findet im Innern des Schichtkörpers ein Zurückbleiben der Umwandlung statt, nach den beiden Schichtfugen zu aber ein gesteigertes Vordringen (vgl. Fig. 3).

Ein anderer Fund im plattigen Oberen Wellenkalk bei Karlstadt zeigt eine andere Modifikation des Vorganges; hier ergibt sich die Richtung des Vorschreitens auch aus dem sehr deutlichen Konzentrationsrand. Es gehen nun vertikal durch je eine einzelne Schicht untereinander parallele, nicht scharf begrenzte klüftartige, zum Teil in der Fläche auslaufende Durchlässe hindurch, an denen die offenbar noch weiche Schicht einst zusammengepreßt wurde, wobei die Ränder sich knotig verdickten und emporwarfen. Dies ist eine Erscheinung, die ich nicht oft beobachtete, die dadurch noch merkwürdiger ist, daß sie in dem Körper einer homogen erscheinenden Schichtplatte von 4 mm Dicke bald spurlos verschwindet und offenbar einer Episode während der Sedimentierung oder bald nach dem Absatz entspricht. Gemäß dem Verlauf dieser Klüftchen findet in ihrem ganzen Umfang bis zu 10 mm Breite gar keine Streifenmetamorphose statt,¹⁾ so daß sämtliche Durchsetzungsstreifen auf der Schichtfläche zu beiden Seiten der Wulstklüft an einer einheitlichen, aber etwas unregelmäßig wellig verbogenen Grenzstreifenlinie nicht ohne eine ebenso einheitlich gerichtete Zurückbiegung abstoßen und um die erwähnten Endigungen der Klüftchen weit in gleichem Sinne herumbiegen, wobei sich vereinzelt der Streifen sehr an Breite vermindern bzw. ganz in dem gemeinsamen Grenzband auskeilen. Schon letzterer Umstand zeigt an, daß man es hier mit einer Verzögerungsgrenze zu tun hat; dies stimmt auch damit, daß die erwähnte Zurückbiegung nach der entgegengesetzten Seite als in welcher der Konzentrationsrand der Streifen liegt, stattfindet. Hier sind also diese merkwürdigen Quetschklüfte als Zonen der Gesteinsverdichtung Zonen der Verzögerung der Streifenmetamorphose.²⁾

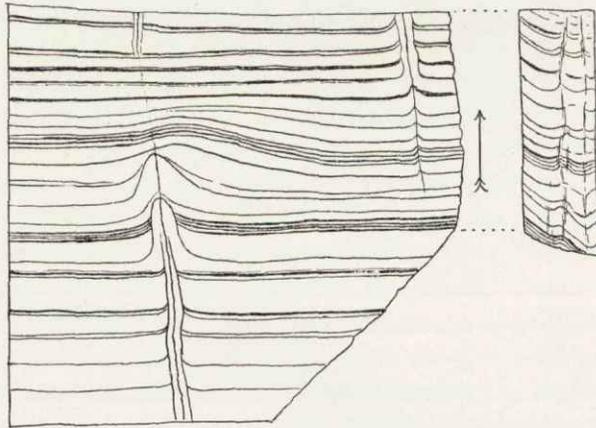


Fig. 4.

Flächenansicht und Querschnitt einer Wellenkalkplatte mit Durchsinterungsstreifen, welche an kleinen Spältchen in derselben Richtung vorrücken (Pfeil!), in welcher ein Vorrücken an den Lagerungsstreifen und Schichtfugen zu erkennen ist. — $\frac{2}{3}$ natürl. Größe.

Ein solches Verzögerungs- oder Verdichtungsband zu beiden Seiten von Spaltenendigungen kann aber auch durch eine ältere von den Spältchen selbst ausgehende kontinuierliche „Durchsinterung“ geschaffen worden sein, welcher Umstand auch im vorliegenden Falle wirksam gewesen sein kann.

¹⁾ Es ist hinzuzufügen, daß das Vordringen der Streifen ungefähr parallel diesen Klüftchen stattfindet, die Streifen sind also ungefähr senkrecht zu letzteren gerichtet; weiter rückt es gegen die auslaufenden Enden der Klüftchen vor.

²⁾ Die Streifen lassen sich daher, richtig gedeutet, bezüglich der Dichtigkeit des Gesteins diagnostisch verwerten.

Gewöhnlich erscheinen aber zu seiten solcher vertikaler Spältchen die Streifen im Flächenbild in jener Richtung vorgezogen, in welcher auch im Querschnittsbild die Streifen nach den oberen und unteren Schichtgrenzen sich vorbiegen, welcher Richtung dann auch die Lage des Verdichtungsrandes entspricht. Diesen Fall stellt Fig. 4 im Flächen- und teils im Querschnittsbild dar.

Auch hier treten (das Bild kann auch für den Fall der Verdichtungsklüfte nur in umgekehrter Orientierung gebraucht werden) zu seiten der Spältchen streifenfreie Randbänder auf, welche aber hier von einzelnen Sinterstreifen des Gesteinskörpers ausgehen und sich als starke Beschleunigungsvorbiegungen zu seiten der Klüftchen erkennen lassen; an sie schließen sich dann andere Streifen so sich vorbiegend an, daß diese Randbänder zugleich als gemeinsame Beschleunigungsbänder mehrerer Durchsinterungsstadien zu gelten haben. Längs eines und desselben solchen Spältchens sind nun diese Randbänder sehr verschieden breit, setzen ab und setzen streckenweise auch völlig aus; letzteres auch so sehr, daß die Sinterungsstreifen nur eine kaum merkbare Vorbiegung erkennen lassen; es weist das sowohl auf die verschieden starke Diskontinuität an den Zersetzungsspältchen hin, als auch auf verschieden starke Lockerung des feinsten Gefüges zu seiten der sonst fest aufeinander geschlossenen Klüftchen.

Im Querschnittsbild zeigt sich nach den in der Farbe kenntlichen Dichtigkeitsänderungen im Kalk eine Bucht oder eine Spitze; letzteres mehr an tonigen Schlieren des Kalks oder auch an wirklichen Fugen. Eine eigenartige Einzelheit zeigt ein querschiefes, etwa 1 cm breites Durchsinterungsband in einem dichten

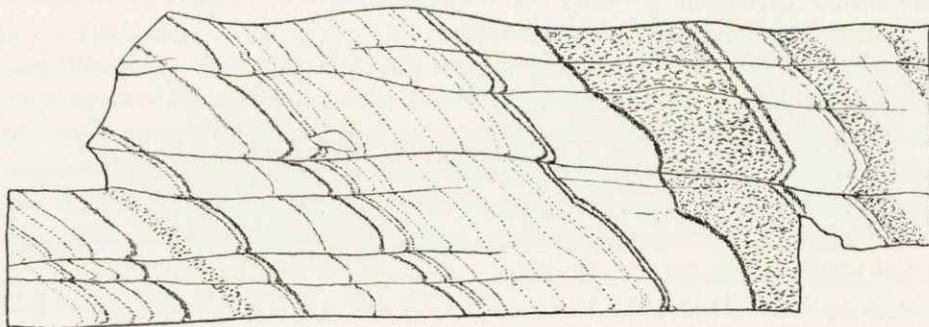


Fig. 5.

Durchsinterungsbänder quer durch ein 25 mm dickes Bruchstück eines Pakets plattiger Wellenkalk; zeigt neben den nach links gerichteten Beschleunigungsspitzen an den Lagerungsfugen auch im Innern breitere Bänder eigenartiger Zeichnung der Umwandlung des Kalkkörpers der Schicht. — 1,5 natürl. Größe.

Pack von Wellenkalkplatten von über 10 cm Dicke (Fig. 5), das ebenso wie alle anderen Bänder Spitzen und Buchten zeigt; es läßt in den einzelnen voneinander getrennten Kalkplatten gleichmäßig eine feine kurz fadenförmige, schwach verzweigte weißliche Zeichnung erkennen, welche mit der Bildung des Bandes zusammenhängt.

Die Figuren 3 und 4 zeigen das Flächen- und Querbild einer nach innen die Ecken der Platte zurundenden Durchsinterungsbänderung; das Querbild zeigt die oberen und unteren Randspitzen nach innen, die Verzögerungsbuchten nach außen. Auf diese Bilder kommen wir bei der Besprechung der Sigmoidalklüfte zurück.

4. Zum Schlusse des tatsächlichen Materials sei noch die in Fig. 7 Taf. XI dargestellte angewitterte Oberfläche eines Stückes aus den *Myophoria orbicularis*-Schichten vom Hühnerlöchle bei Helmstadt besprochen; man erkennt hier in

schärfster Weise die Ein- und Ausbuchtungen der durch Anwitterung deutlich werdenden vertikalen Durchsinterungsbänder. Dabei zeigt sich im großen und kleinen eine Einbiegung der Streifen nach links an allen starken Schichtfugen oder kleineren ebenfalls durch Anwitterung deutlich werdenden Lagerungsstreifen, eine Ausbiegung nach rechts in den Körpern der zwischen den Hauptfugen liegenden Schichtchen und Schichtzonen selbst. Links begrenzt eine natürliche Vertikalkluft das Gestein, rechts desgleichen eine mit Kalzit besetzte Kluft, welche aber in sehr bemerkenswerter Weise dem Verlauf der Ausbiegung der Durchsinterungsstreifen des Gesteinskörpers gefolgt ist. Wie an der Ober- und Unterfläche in einer Erstreckung von 2—3 cm zu sehen ist, gehen die Streifen ganz senkrecht zu der abgebildeten Anwitterungsfläche in den Körper des Stückes hinein, d. h. durch ihn hindurch.

Es zeigt sich durch die Verwitterung auch eine merkwürdige Verschiedenheit der Festigkeit und zwar liegt ein Steilrand der ausgewitterten Streifenrillen auf der Seite, auf welcher die breitausgreifenden und breit konvexen Ausbiegungen im Körper des Gesteins zu beobachten sind, also nach rechts; das könnten also Konzentrationsränder der Vorrückungsrichtung sein; die erwähnten Lagerungsfugen und -bänder würden also hier retardierend wirken und hätten die spitzwinkelig zurückspringenden Teile der Durchsinterungsstreifen. Die Wirkung wäre hier die gleiche wie bei den erwähnten „Quetschfugen“ im Wellenkalk; es fänden hier also Druckverdichtungen statt, während sonst in den Fugen stets eine Beschleunigung zu erkennen ist. Dann müßte der starke Verwitterungsabfall anders zu deuten sein; er darf daher nicht als Konzentrationsflur, sondern als eine Flur der am wenigsten veränderten (verminderten) Dichtigkeit des ursprünglichen Bestandes betrachtet werden. Die Konzentrationsflur der stärksten Umwandlung läge also nach der entgegengesetzten Seite.

Hier ist offenbar die Beteiligung von Limonitkonzentration eine sehr geringe; es scheint sich hier vorzugsweise um eine Karbonatwanderung zu handeln, wobei allerdings auch anderes nicht ausgeschlossen ist. Jedenfalls ist trotz der Verschiedenheit im einzelnen die generelle Gleichheit dieser verschiedenen Vorkommen unleugbar und können wir den Vorgang daher von einem allgemeinen Gesichtspunkt aus erklärend behandeln; wir fassen aber zunächst eisenkarbonathaltige Gesteine hauptsächlich ins Auge.

In die Myophorienschichten gehört auch das S. 127 Fig. 8 dargestellte Bild; es zeigt den Querschnitt durch zwei Schlangensteine (S. 122) und die sie verbindende und zum Teil liegende Schicht. In letzterer gehen Durchsinterungsflächen in im Querschnitt senkrechten Streifen normal hindurch; ihre Fortsetzungen nach oben werden aber in der Nähe des Schlangensteins, einer stärker kalkigen, fossilführenden „Linse“, in einem Winkel von 50—60° seitlich abgelenkt; nicht nur die Linse selbst verzögert als quere Einschaltung, sondern auch die härter kalkige Umgebung der Linse, nach welcher eine Lösungskonzentration noch von den Seiten her stattgefunden haben dürfte.

5. Wenn ohne weiteres zugegeben werden wird, daß diese Umänderung nur unter Beihilfe von einer allmählichen Durchwässerung des Schichtkörpers vor sich gegangen ist, so ist hiermit auch eingeschlossen, daß dieser Wasserdurchzug nicht ohne Druck durch das feste Gestein geschehen kann. Sicher ist auch, daß Druck und Wasserzuzug (wahrscheinlich als Folge einer überliegenden Wassersäule zu denken) während einer hierfür zu beanspruchenden größeren Zeitdauer keine volle Gleichmäßigkeit einhalten können, daß vielmehr gerade das Gegenteil die Charakteristik des Wasser-

zugs durch die Gesteine ist, nämlich ein wechselnd gesteigertes Vordringen und Nachlassen. Von dem Beginn einer solchen Durchtränkung eines Schichtkörpers an wird z. B. die von einer queren Bruchfläche in eine durchlässige Schicht eindringende Wassermasse stets eine mehr oder weniger steil bleibende Seitenfläche gegen das noch unberührte Gestein haben; diese Seitenrandfläche wird ruckweise langsamer oder rascher vordringen. Beim Nachlassen des Nachschubs bleibt die Seitenrandfläche des Wassers „stehen“ und hier wird sich, vergleichbar einer Oberflächenhaut, z. B. eine Flächenansammlung von Eisenerz bilden, die, ohne fest zu werden, doch eine gewisse Verdichtung mit sich bringt, und doch nicht so dicht ist, daß sie jedes weitere Vordringen, jede Druckfortpflanzung ausschließt. Bei weiterem Vortrieb wird sich ein gewisser Teil der Substanz des alten Randes, soweit er dichter ist, etwas zurückhalten können und ein neuer Rand sich bei erneutem Wasserzuzug und neuem Druck nach innen zu bilden; der ältere konnte etwas vorrücken und sich dabei weiterhin verdichten; diese sich verdichtende Masse muß aber beim Vorrücken auch einen größeren Widerstand erfahren und es würde sich so jener vordere Konzentrationsrand bilden, dessen höchster Grad der Verdichtung nun dem ganzen Prozeß ein Ende bereiten muß. Die Bänder werden erhärten und man hätte bei ganz regelmäßigem Gang eine Anzahl von außen nach innen an Stärke der Umwandlungsprodukte abnehmenden Ansammlungsbändern, wie dies häufig der Fall ist, weiter eine Außenzone, welche zwar nicht einen ursprünglichen Gesteinshabitus hat, aber doch wieder gleichmäßig und ohne Bänder ist, wie ich dies tatsächlich z. B. sogar an Porphyrgeschieben in diluvialen Schottern, an Sandsteinschollen aus dem Fylsch etc. beobachtet habe. Auch dies letztere beweist, daß von fremden Infiltrationen hier meist nicht die Rede sein kann, sondern nur von einem verhältnismäßig langsamen Vorrücken der im Innern des Gesteins während des Vordringens der Wasser geschaffenen Zersetzungsprodukte. Ähnlich kann man dies z. B. aus dem randschaligen Vorrücken allein schließen; würde das schalige Vorrücken z. B. in einer kubischen Scholle durch stoßweise stattfindende Infiltration erfolgen, so müßten die innersten Schalen, da sie auf einen immer geringeren Umfang zusammenrückten, die stärkste Konzentration und Verdichtung haben; davon ist aber nichts zu bemerken; eher findet das Gegenteil statt.

Wir haben bei diesen Überlegungen vorläufig die mineralische Stoffumwandlung selbst ganz außer Betracht gelassen; doch muß dies hier nachgeholt werden, da man sonst gegen die Annahme des „Stehenbleibens“ der alten Seitenränder der in der Schicht sich vorschiebenden Wassersäule Einwände erheben könnte.

In den meisten Fällen handelt es sich hier um Limonit, welcher aus dem Bindemittel der Schicht durch Hydroxydierung des Eisenkarbonats entsteht; dieses Erz wird nun in kolloidaler Lösung transportiert und wieder an die Grenze gegen das unberührte Gestein vorgedrängt, adhärirt hier, wird vielleicht durch irgend eine mit dem Nachlassen des Wasserschubs bedingte chemische Einwirkung zum geringen Teil ausgefällt und bleibt von da an unverändert; das übrige wandert etwas weiter mit dem neuen Nachschub, der vielleicht selbst Beimengungen mitführt, die einen Teil der kolloidalen Lösung zum Ausfällen bringen. Die Lösung von Colloiden, auf deren große Bedeutung für die Geologie F. CORNU in jüngster Zeit mehrfach in einzelnen grundlegenden Arbeiten hingewiesen, sind nun sehr vielfältig und ihre Ausscheidungsprodukte sind sehr verbreitet. Neben Brauneisenerz ist nach CORNU zuerst auf Psilomelan (Dendriten!) hinzuweisen, dessen colloide Lösung für gewisse Kristalloide ein großes Absorptionsvermögen besitzt, weiter auf die Opalvarietäten,

dann die Gruppe der Tonerdekieselsäuregele. Da in den colloidalen Lösungen ganz andere Diffusionsverhältnisse herrschen als in Kristalloidlösungen (welche Verhältnisse zu eigentümlichen inneren Gruppierungen der Massenteilchen Anlaß geben), so halte ich solche Lösungen für die Hauptträger jener in Bändern stattfindenden Umwandlungen im Innern der Gesteine, wobei Brauneisenerz natürlich eine große Rolle spielt, aber auch durch andere Lösungen in dieser Hinsicht ersetzt werden kann, wie dies z. B. für das Fundstück aus den Orbicularismergeln gelten mag.

Es sei daran erinnert, daß die Wachstumsformen der in den Ockerkalken der Unteren Lettenkohle auftretenden Brauneisenerzbänder, welche Schichten in ganz hervorragendem Maße und Umfang dem Auftreten dieser vertikalen Durchsinterung günstig waren, auch die traubig-nierenförmige Gestaltung der frei wachsenden Limonitbildungen aufweisen, wobei „Verzögerung und Beschleunigung“ der Umwandlung längs gewisser Flächen und Linien der Horizontalstruktur der Schicht in einigem Maße der zugehörigen Wachstumsform jener Ausscheidung aus der colloidalen Lösung noch entgegenkommen; dies wird auch für die anderen Ausfällungen aus colloidalen Lösungen gelten, da nach CORNU traubig-stalaktitische und glaskopfähnlliche Wachstumsformen für die Hydrogele, soweit natürlich ihre Ausfällung nicht in der Raumentfaltung gehindert oder geändert wurde, typisch sind.

6. Es ist nun noch der Frage näher zu treten, wann im allgemeinen dieser Durchsetzungsprozeß vor sich gegangen ist. Man wird ihn im allgemeinen in eine Zeit versetzen müssen, in welcher eine zu starke Zertrümmerung der Schichten noch nicht eingetreten ist, in welcher aber doch schon vereinzelt Querzersprengungen oder vielleicht nur erosive Durchnagungen möglich waren, durch welche die Wasser von offenbar mehr meteorischer Herkunft oder Beschaffenheit in die Schichtenkörper unter Druck hereindringen konnten. Es ist nun die Frage, welche Ursachen und Zeitpunkte z. B. bei den Bonebed-Ockerkalken in Betracht kommen mögen. Die Erscheinung der Durchsinterung ist hier eine recht alte, da hier deutliche kleine Verwerfungen, die in dichtester Weise (nicht durch Kalzitauskristallisation) wieder verheilt sind, das Gestein mit seinen Durchsinterungstreifen betroffen haben.¹⁾ Auch die auf weiteste Strecken hin durchgängig gleichartige und gleichmäßige Umsetzung dieser Schichten läßt auf ein hohes Alter der Umwandlung schließen. Nun läßt sich kaum in Abrede stellen, daß, wie z. B. im Trigonoduskalk-Hangenden unmittelbar

¹⁾ Dies gilt auch für die von den „Durchsinterungsschalen“ gebildeten Ruinenmarmore, wo man an charakteristisch geformten und gruppierten Streifen die kleinen Verwerfungen gut nachweisen kann. Bei gelappten und verzweigten Durchsetzungen entstehen nach dem Eintritt kleiner Verwerfungen und Zertrümmerungen Bilder, wie solche auch JOH. WALTHER in seiner Haecckel-Festschrift 1904 S. 149 mit der Skizze Fig. 8 gibt; hier hat es den Anschein, als ob die „Bildung brauner Farbzonen in jedem einzelnen Keilstück von einem anderen Mittelpunkt ausgehe und durch die schmalen Gangscheiden verhindert würde, in das benachbarte Stück hinüberzutreten“. In der Tat haben die konzentrischen Farbenstreifengruppen ursprünglich zusammengehört und sind später zerissen; wo sie in einzelnen Keilstücken von außen nach innen zu für sich entstanden, da verlaufen sie konkordant mit dessen Begrenzungen von außen nach innen und stoßen nie so an den Spaltflächen ab, wie es obige Skizze zeigt. GOETHE hat in „Gestaltung großer anorganischer Massen“ 1824, Absatz 10, auch die Ruinenmarmore besprochen; er glaubt in einer nicht unzutreffenden Analogie die Bänderung wie eine „ingesinterte Gangart“ entstanden, deren Solidescenz „die zarten Streifen mit vertikalen Klüftchen durchschnitt und die horizontalen Linien bedeutend verückte, daß die einen höher gehoben, die anderen niedergehalten wurden“. Er vergleicht zutreffend (Abs. 11) diese Verschiebungen mit den Verwerfungen, d. h. den „Rücken“ im Riegelsdorfer Flöz. — Man glaubt sogar in der erwähnten Abbildung von JOH. WALTHER links unten die Verschiebung zusammengehöriger Streifensysteme wiederzuerkennen.

nach der Ablagerung merkwürdige Falten mit Zerreißen, desgleichen im Wellenkalk Quetschklüfte und andere Zerreißenklüfte auffällig sind, daß solche Zerklüftungen, welche eben abgesetzte und schon gehärtete Schichten dem Wasserzudrang öffnen, möglich, ja sogar häufig sind. Diese werden z. B. in einem Falle leicht entstehen können, wenn sich über einem solchen Horizont im Verfolg der weiteren Ablagerung der Hangenddruck vermehrt und unter einem solchen sehr verschieden geartete Faziesbezirke mit sehr verschiedenartigen, bei der diagenetischen Erhärtung auftretenden Kontraktionserscheinungen (S. 126) wirksam zeigen müssen. Wenn dies für die Ockerkalk der Bonebedregion gilt, so könnten auch sehr wohl Wasser der Lettenkohlsedimentation, die sich ja mehr und mehr den meteorischen Wassern genähert haben müssen, jene Umwandlung in frühester Zeit bewirkt haben.

Was die Erscheinung der Umwandlung in den Myophorienschichten betrifft, so ist auch hier ein sehr frühes Auftreten denkbar; haben wir doch hier auch eine stratigraphische Anomalie zu erkennen, eine vom Charakter des Hangenden und Liegenden in der Form recht abweichende Art chemischen Kalkabsatzes, auf einer meist stark denudierten Unterlage, deren Denudationsvorbereitung allem Anscheine nach eine alte, beschränkt lokale Zerklüftungsform (Sigmoidalzerklüftung? vgl. unten) war, sonst würden nicht öfters so eckige Reststücke (vgl. Taf. VI Fig. 5 und 8) von der Stromatolith-Umhüllung uns erhalten geblieben sein. Ich verweise hierbei auf die in beiden folgenden Kapiteln ausführlichst besprochenen Erscheinungen. Gerade die Seesinterbildung in den Myophorienschichten zeigt äußere Vorbedingungen, welche einer unmittelbaren Entstehung der Durchsinterungstreifen in allerältester Zeit der Gesteinsgeschichte, also in der Zeit der Diagenese die vollste Möglichkeit bieten konnte.¹⁾

7. Es sei übrigens auch darauf hingewiesen, daß eine quer durchsetzende Durchsinterung durchaus nicht immer und notwendig auf eine Querspalte etc. als Einzugsfläche der Durchsinterung hinweisen muß. Es kann auch eine solche von der Schichtfläche selbst ausgehen; sobald diese etwas geneigt gelagert ist und unter Druck steht, kann eine Lösung schief-flach von oben außen nach unten innen den Schichtkörper ganz allmählich absteigend durchsetzen; es ist ja zu bedenken, daß ein im Innern stark „gelagertes“ Gestein jedem vertikalen Durchdringen eine seitliche Ablenkung bereitet, die also einer durch den Schichtkörper von einem queren Durchbruch ausgehenden Durchsinterung gleichsinnig ist. Sobald nun ein solches Durchdringen die Liegendfläche einer solchen Schicht erreicht hat, kann der weitere

¹⁾ Im Anschluß an die Erörterung über die Durchsinterungstreifen möchte ich an eine Erscheinung erinnern, welche man häufig an Bewürfen älterer Mauern zu beobachten hat; man sieht in Form groß nierenförmig traubiger Abgrenzungen nach oben abgeschlossene Partien, welche einer Zersetzung des Kalkmauerwerks durch die kapillar aufsteigende Flüssigkeit zu verdanken sind, Wirkungen, mit denen die Salpeterausscheidungen sich verbinden. Merkwürdigerweise ist nun die umgewandelte Fläche nicht gleichmäßig, sondern es sind darin der äußeren Umgrenzung ungefähr konforme, schalig erscheinende, härtere und weichere Partien gebildet, welche letzteren gelockert werden und der Verwitterung leichter anheimfallen; es treten also auch hier Verstärkungs- und Verminderungstreifen auf. Es ist wohl nicht unwahrscheinlich, daß hierbei organische Lösungen selbst mit aufsteigen und nicht aller im Boden gebildeter Salpeter in reiner Lösung aufdringt; die Kalkumwandlung und Verstärkung kann nicht allein entstehender Schwefelsäure zugeschrieben werden, es werden hier auch die Zersetzungsprodukte und in der Mauerfeuchtigkeit aufdringende organische Lösungen gleichzeitig mitwirken. So glaube ich, daß die letzteren als colloidale Lösungen die eigenartige großoolithische Form der Umwandlung mit bedingen helfen, eine Form, welche sich auch in den freien, von unten nach oben wachsenden „Stromatolithen“ äußert.

Fortgang der Durchsinterung gerade so stattfinden, als ob sie von einer queren Bruchfläche ausgegangen wäre, wenn die Liegendlage undurchlässig ist.

8. Die eben gegebene Darstellung setzt voraus, daß dem Eindringen vertikal zur Schichtfläche bzw. zur Lagerungsstruktur ein stärkerer Widerstand entgegenstehe als parallel dazu, oder daß in letzterer Hinsicht eine besonders starke Förderung des Durchzugs vorliege. Ist der Fall eher umgekehrt und treten dabei lagerhafte Stauungen oder Ablenkungen infolge größerer Ungleichheit der Lagerungsstruktur ein, so bilden sich parallel mit den Schichtfugen verlaufende Änderungen der Stoffzusammensetzung und sogar des körperlichen Zusammenhalts. Solche Umwandlungen nehmen den Habitus von „Fäulen“ an. Diese sind auch in vielen Fällen von wirklichen Ablagerungswechseln schwer zu unterscheiden, führen durch Kohäsionstrennungen infolge von Gewichtsänderungen der liegenden Abschnitte sogar zu Fugenbildungen; deren Entstehen kann sich allmählich ins Hangende durch Zusammenschluß in einer tieferen und durch Abreibungen in einer höheren Region fortpflanzen.

Ich habe derartige Bildungen als Entkalkungsspalten in dem Muschelkalkprofile von Bergrheinfeld (Geogn. Jahresh. XIV 1901 S. 65, 85, 1902 S. 167) beschrieben und ebenso auf die häufigen Mißdeutungen solcher Lagen, sowie auf die Wichtigkeit der horizontalen sowie vertikalen „Durchsinterungen“ zur Erklärung gewisser Spaltenerscheinungen, ja auch der senkrechten Styolithenzüge aufmerksam gemacht. — Ist doch im allgemeinen genommen keine der so häufig auf einzelne Bänke beschränkten „Metamorphosen“ ohne diesen Vorgang querrer Durchsetzung möglich.

Eine Ergänzung zu diesen Ausführungen findet sich im Kapitel über Umwandlungen in den Oolithschichten, woselbst die „Durchsinterung“ als ein Teilfall der allgemeinen mikrostrukturellen Gesteinsumwandlung berührt wird.

Zusammenfassung zu Kap. 7. Es werden unter Durchsinterungsvorgängen jene weitverbreiteten, langsam und ruckweise durch die Schichten gehenden Umwandlungen zusammengefaßt, welche schalige, im Querbruche streifenweise Veränderungen der Dichtigkeit und Stoffansammlungen (hauptsächlich von Limonit) verursachten; es werden die Beziehungen zwischen der ursprünglichen Schichtdichtigkeit und der Formung dieser Schalen bzw. Streifen festgestellt, desgleichen Kennzeichen über die Richtung des Vordringens der Veränderung, welche durch die Lage des Verdichtungsrandes am Ende einer allmählich zunehmenden Veränderungsflur gegeben sein kann. Ein großer Teil der bekanntesten Vorkommen dieser Erscheinung gehört der älteren Zeit der Metamorphose an, der Zeit des ersten stärkeren Eindringens von meteorischen Wassern zum Teil in den tektonisch eröffneten Schichtkomplex, zum Teil in den veränderten Lösungen noch zugänglichen oder wieder zugänglich gewordenen Ablagerungsboden.

Kap. 8. Sigmoidalzerklüftung in dichten Kalkbänken des Wellenkalks.

1. Wir haben in den oben (Taf. V, VI u. S. 35—40) mitgeteilten Profilen diese eigene Art der Zerklüftung mehrfach erwähnt; W. FRANTZEN machte schon (Jahrb. d. Kgl. Pr. Geol. L.-A. XIII 1892, S. 152—155) auf die „schräge“, „Haken- oder „Zickzack“-förmige Zerklüftung in gewissen gewöhnlichen Wellenkalkschichten, von denen er z. B. gerade die Petrefaktenanschwemmungen führenden Schaumkalkbänke ausschloß und auch

eigens behandelte, aufmerksam. Er erklärt den merkwürdigen Verlauf dieser sich auch nach meinen Beobachtungen nicht über die Hangend- und Liegendgrenze einer Bank fortsetzenden Zerklüftung als Folge des Gebirgsdrucks auf kryptodiagonale „Streifung“, wodurch diese, die im Schaumkalk so deutlich als Anschwemmungserscheinung zu erkennen sei, in dichtem Kalke nunmehr erst, zugleich in ihrem verschiedenem Einfallen, zum Ausdruck komme.

Die Prüfung dieser Anschauung hat mich früher zu einer Beistimmung gedrängt, da ich an den Flächen der sehr fest geschlossenen Zerklüftungsfugen eine feine tonige Einlagerung auffand, welche zweifellos nicht in die Zerklüftungsfugen nachträglich eingeschwemmt sein konnte. Ich bin von dieser Ansicht aber doch wieder abgekommen, weil die die Fugen begrenzenden Flächen sehr kleine Styolithen bzw. Spitzensuturen (Drucksuturen) zeigen, deren genetische Begleiterscheinung eben diese den Erdpechzwischenlagen jener Gesteinsverwachsungsart ähnlichen, recht dünn eingeschalteten Tonrückstände sein müssen.

Außerdem ist es mir in neuerer Zeit gelungen, sowohl durch Auffindungen im Felde als durch künstliche Anätzungen mich zu überzeugen, daß die eigentliche Lagerungsstruktur der meisten dieser Bänke eine horizontale (kryptostratische), also nicht kryptodiagonal ist.

Es scheint mir dies sogar aus den Abbildungen FRANTZENS I. c. Taf. XV und XVI hervorzugehen, wo sich in beiden Fällen, in Taf. XVI an einer sehr bezeichnenden Stelle der stärksten Auskrümmung dieser Zerklüftung eine durch Fugen deutliche horizontale Bankabtrennung im Innern des Schichtkörpers bemerkbar macht, in welcher die sigmoidale Zerklüftung selbst stellenweise wieder eine nicht zu verkennende Unterbrechung erfährt; diese Horizontalklüfte halte ich für Zersprengungen in der Lagerungsstruktur oder für gelüpfte Schichtfugen selbst.

2. Unsere in Fig. 4—9 Taf. V, Fig. 23 Taf. XI gegebenen Abbildungen zeigen nun in verschiedenster Weise, wie in der Tat diese sigmoidalen Klüfte durch die Lagerungsfugen, seien sie nun primär oder seien sie nach kryptostratischer Anlage durch Druckerscheinungen wieder hervorgerufen oder verstärkt, in reichster und schärfster Weise durchbrochen werden, und daß gerade in manchen dieser stärker horizontalen Zwischenschaltungen der Zug der Zerklüftung unterbrochen ist.

3. Es seien einige wichtigere Vorkommen dieser Zerklüftungsart im einzelnen besprochen.

An der Veitshöchheimer Straße ist die S-Zerklüftung in der zum Teil auskeilenden kalkigen Zwischenschaltung zwischen der Ober- und Unterbank des oberen Schaumkalks besonders deutlich (Taf. V Fig. 1, 12); es ist an einer Stelle des gleichen Verlaufs der obere Bogen der S-Krümmung fast linear ausgestreckt, wobei der untere, stärker gekrümmte sowohl näher der Liegendfläche liegt und auf ihr wie geschleppt erscheint, als auch im seitlichen Verfolg rascher nach der Mitte der Schicht hinaufrückt, wobei der liegende Teil aus der geschleppt scheinenden Lage sich mehr zu einer stehenden aufrichtet; an einer anderen Stelle ist dann der obere Bogen sehr weit vorgezogen, wenn auch der Ansatz an der Hangendfläche sich mehr senkrecht zu dieser einbiegt. Die Klüfte sind in ziemlich regelmäßigen Abständen verteilt, vermehren sich aber an der Liegendfläche durch ebenso regelmäßige Einschaltungen, die bis zur Hauptkrümmung reichen, die aber auch manchmal noch schärfstens über deren Konvexität etwas hinausgehen.

Die Liegendfläche ist zugleich eine Styolithen-Auflösungsfläche mit tonigen Residuen, von welcher aus auch hier eine starke Entfärbung des Gesteins-

körpers von unten her stattfand, während der obere eng und ohne Residuen an den Schaumkalk angelagerte Teil Kernfärbung behalten hat. Diese Entfärbungslinie hat nicht nur keine Zerklüftung zur Folge gehabt, sie ist vielmehr an dem Durchgang der S-Klüfte weiter ins Hangende emporgedrungen; die Klüfte sind also älter als der Verfärbungsvorgang, der sich an die spätere Stylolithenbildung im festen Gestein anschloß. Keine der Klüfte setzt sich in das Hangende und Liegende fort, sie sind also die Folge der Druckwirkung allein auf diese Bankeinschaltung und ihre etwaige Innenstruktur. — Da nun, wie oben erwähnt, in diesen sehr scharfen Klüften schwache Drucksuturverzahnungen mit wechselnd schwachen und feinen Häuten und Bestegen von Auflösungsrückständen zu beobachten sind, so ist es selbstverständlich, daß hie und da an der Stelle der stärksten, oft überhängenden Auskrümmung ein Sprüngchen und öfters mit ihm eine kleine Verschiebung der Teile zu bemerken ist; im allgemeinen muß man aber erstaunen, wie wenig dies der Fall ist und wie selbst beim Anätzen des Anschliffs solche Krümmungs-Zerreißungsspältchen, die bei eigentlichen Faltungen so häufig sind, fast nicht zum Vorschein kommen; es ist doch immerhin zu bedenken, daß auf diese gebogenen Scheitel der S-Stücke ein Druck wirkt und ohne diesen Druck auch nicht jene schwachen Verzahnungen der aneinanderruhenden Stücke zustande kamen. Im anderen Falle entstehen statt der Spitzensuturen Entkalkungsspältchen (wie z. B. an der S-Zerklüftung von Taf. VI Fig. 1 von der Riedmühle bei Zellingen). Ich habe solches im Geogn. Jahreshfte 1901 S. 62 etc. (vgl. auch Neues Jahrb. f. Mineralog. etc. 1908 Bd. II S. 126) eingehend besprochen. Hierbei treten Veränderungen im Schichtkörper auf, und es kommen daher Nachbrüche und Zerdrückungen öfters vor; sie setzen aber natürlich die S-Zerklüftung voraus.

Ein zweites interessantes Vorkommen von der Veitshöchheimer Straße zeigt, daß hier die wohl entwickelte und dicht gedrängt von der Liegendfläche aufsteigende Zerklüftung plötzlich an einer oberen 2 cm hohen horizontalen Zone innerhalb des Gesteinskörpers Halt macht und abbricht, ohne daß hier eine Gesteinsfuge oder sonst ein makroskopisches Anzeichen der Gesteinsänderung auffällt; wenn so eine kryptostrukturelle Lagerungs- oder ihr gleichlaufende Konsistenzgrenze (bzw. Härte und Dichte) des Kalkes den Bereich der Zerklüftung beschränkt, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß ebensolche Vorbildungsflächen in der Konsistenz die quere Zersprengung selbst beeinflussen. — Ich erinnere hierbei an die oben in der Bonebedbank der unteren Lettenkohle beschriebene (vgl. Taf. XI Fig. 2) Erscheinung, wobei ein schmales, unteres kalkiges Horizontalband¹⁾ des Schichtinnern abschneidend und schleppend auf den Verlauf der queren Limonitbänderung des übrigen sphärosideritischen Körpers der Bank eingewirkt hat; ein auf diese Bänderung berechneter leichter Hammerschlag löst die Limonitschalen ab oder lockert sie, macht aber an jener Kalkeinschaltung Halt.

Zu bemerken ist, daß die betreffende Schicht bei Würzburg reichlich feinverteilten FeS_2 enthält und unter der Lupe fein kristallinisch erscheint, also sicher umfangreichen Umbildungen unterworfen war.

4. Ein anderer Fundort, der bemerkenswerteres Material dieser Zerklüftungsart gebracht hat, ist der des Steinbruchs an der Riedmühle bei Zellingen (vgl. oben

¹⁾ Mit dem Wort „Band“ ist natürlich kurzerhand das Querschnittsbild einer dickeren, lagenartig in einer Bank eingeschalteten Stoffänderung gemeint, ebenso wie man mit „Streifung“ das Querschnittsbild feinerer flächenartiger Stoffänderungen bezeichnet.

S.37). Die Vorkommen sind hier an zwei Stellen in den Myophorienschichten deutlich und sind im allgemeinen in Form und Beziehungen mit denen des erst beschriebenen Orts gleich. Die etwas stärkere Oberflächenverwitterung des sphärosideritisch-dolomitischen Mergels läßt aber hier vor allem die primäre Lagerungsstruktur deutlich werden, welche von der Zerklüftung durchschnitten wird; jene tritt dadurch besonders hervor, daß von den S-Klüften her, von deren Verlauf überhaupt seitlich das Gestein angefressen wurde (was zum Teil durch nicht wenig breite Auflösungsrückstände bezeichnet ist), eine Ablösung und Zersetzung auch horizontal vorgezogen ist und längs der Lagerungsvorbildung Entkalkung oder Kalkentzug stattfand; durch den recht wechselnden Erfolg dieses Umbildungsprozesses tritt die primäre Lagerungsstruktur sehr gut hervor. — Andererseits treten aber in den queren Kalkplatten zwischen je zwei Klüften, da wo öfters noch kürzere eingeschaltete Klüfte zu beobachten sind, vertikal verlängerte Löcher oft übereinandergereiht auf; ich halte sie für Anzeichen jener vertikalen Gesteinsveränderung, welche sonst zur Zerklüftung führte, an dieser Stelle aber nicht intensiv genug war, um zusammenhängende regelmäßige Querzerklüftungen hervorzurufen.

An einer anderen Stelle dieses Fundorts zeigt sich eine Verdoppelung der Klüfte oberhalb der stärksten Konvexität, welche aber nicht bis zur Hangendgrenze reicht, sondern in einer gewissen Entfernung von ihr wieder Halt macht; so wird ein vom Gesteinskörper durch Lagerungsfugen nicht abgesetzter Teil der Schicht gekennzeichnet, der lediglich durch seine innere Konsistenz sowohl der Vorbildung der Zerklüftung als dieser selbst die Entstehungsmöglichkeit gewährt hat. Wenn nun der Klüftverlauf nicht vorgezeichnet und ganz allein einem starken Gebirgsdruck im großen zuzuschreiben wäre, so wäre gar nicht zu verstehen, warum die Absetzung eines so schmalen inneren Längsabschnitts der Schicht als „unzerklüftbar“ erfolgte. Man erkennt hieraus auch, daß immerhin verhältnismäßig geringe Bruchteile des Gebirgshangenden als „Druck“ auf dem Liegenden lasten, sonst würden doch die abgesetzten Klüfte durch die schmalen Bankreste noch hindurchgesprengt werden müssen!

5. Ein besonders wichtiges Vorkommen der S-Zerklüftung haben wir schon oben erwähnt (vgl. S. 53 und Taf. V Fig. 9) und im Profil vom Sinnberg bei Kissingen beschrieben. Es zeigt die S-Klüfte wie gewöhnlich an einer Ablagerungsfuge scharf endend; das Hangende ist ein auffälliges, mit seinen flachen Geschieben sehr schön gelagertes, Enkriniten führendes Konglomerat von 10 cm Dicke mit eisenschüssigem Bindemittel, das keine Spur des Klüftdurchgangs erkennen läßt. Die Oberfläche der zerklüfteten fossilfreien Schicht hat sehr viele unregelmäßig hohe Vorragungen, welche nun merkwürdigerweise immer je einer Zerklüftungsplatte zugehören; die Höhen dieser Vorragungen sind eine Abnagungserscheinung und bieten keine Spur zur Annahme des Zusammenhangs mit Vorgängen etwa im Innern der zerklüfteten Platte; sie ist auch, wie ich mich zu beurteilen für besonders vorbereitet halte, nicht vielleicht die Folge einer etwaigen „Entkalkungsspalte“ mit begleitendem oder nachträglichem Auftreten von stylolithenartigen und spitzensuturartigen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche, wie ich derartiges in den Bohrprofilen von Bergrheinfeld etc. ausführlich beschrieben habe¹⁾; die Zusammenlagerungsfläche ist sogar von völlig unberührter Frische und enger Geschlossenheit der Anlagerung, ohne jedes tonige Zwischenfugenmittel, welches derartige nachträgliche Verwachsungsunebenheiten, wie Suturbildungen, als Auflösungsresiduum begleitet;

¹⁾ Geognostische Jahreshefte XIV, 1901, S. 62—67, Taf. III.

diese engste Geschlossenheit ist vielmehr typisch für die Anlagerung der Geschiebeschichten des Wellenkalks etc. an ihre Unterlage, aus welcher sie meist ihr Geschiebmaterial selbst entnommen haben. Die Unebenheiten sind auch zweifellos solche, welche eine derartige Ablagerung von Geschiebekalken als „Miniaturkarrenfelder“ zu unterlagern pflegen, sie sind zum Teil der Wirkung der starken, die Geschiebe rundenden Flutungsbewegung selbst zuzuschreiben. Da nun die Vorragungen den einzelnen sigmoidalen Platten so entsprechen, daß die zwischen den Klufflächen liegenden Teile nach ihrer Härte maßgebend für die größere und geringere Vorragung waren, so läßt sich daraus schließen, daß die Klufflächen oder mindestens die ihnen entsprechende Vorbildung in der Gesteinsstruktur (Härteverteilung, Spannungsverhältnisse) schon gegeben waren, ehe der hangende Geschiebekalk zur Ablagerung kam; da aber jedenfalls auch eine Abtragung erfolgt ist, so ist wohl möglich, daß auch schon ein gewisser Auflagerungsdruck bei der Auslösung der inneren Spannung mitwirkte (vgl. unten S. 193). Jedenfalls zeigt das Vorkommen vor allem, wie sehr alt die Anlage der Struktur gewesen sein muß.

6. Wir schreiten nun zu einer Erklärung der Erscheinung, nachdem es kein Zweifel sein kann, daß die von FRANTZEN gegebene nicht oder nur zum Teil aufrecht zu halten ist.¹⁾

R. WAGNER hat nun in seiner eingehenden Bearbeitung des Wellenkalks der Umgebung von Jena l. c. S. 19 auch dieser „Querplattung“ Erwähnung getan und hält die Erklärung FRANTZENS für ganz unwahrscheinlich; er sagt, daß die Umformung vermutlich auf Gebirgsdruck zurückzuführen sei und meint, daß nach erfolgter einfacher Querplattung die Fortdauer des Drucks zu der eigentümlichen Krümmung und Faltung geführt habe. Die Beobachtung, die ihn dazu führte, ist gewiß auffällig, scheint mir aber ein Zufall zu sein.

Es wird nämlich von R. WAGNER erwähnt, daß in einer Bank von ca. 0,35 m Höhe die Zerklüftung normal gewesen sei, daß aber nach jener Seite, wo die Dicke der Bank auf 0,21 m sinke, auch die S-Zerklüftung zunehme, daß man aber wenn man sich die S-Kurve gestreckt denke, wieder ungefähr auf die seitlich zu beobachtende Dicke der Bank käme, und zwar auf 0,29—0,30 cm.

Was von meinen Beobachtungen dagegen spricht, ist folgendes. Es kommt nicht selten vor, daß die in einer Bank durchlaufenden „Falten“ nach entgegengesetzten Seiten stark gekrümmt sind. Nach WAGNERS Erklärung müßten hierdurch quere Lücken in den Bänken zwischen den Querplatten entstanden sein, dies läßt sich nirgends beobachten. Eine Stauchung müßte auch einerseits an den Stellen stärkster Spannung die Lagerungsfugen oder die Lagerungsstruktur (kryptostratische) zerrissen haben, oder es müßten innerhalb der Lagerungsstruktur horizontale Bewegungen einzelner Teilplättchen in der Richtung der stärksten Ausbiegung vor sich gegangen sein. Die außerordentlich häufige, völlig frische Unberührtheit und primäre Geschlossenheit der sigmoidal durchsprengten Kalkbänke läßt aber etwas derartiges nicht annehmen. Viele Anzeichen sprechen in manchen Fällen vielmehr dafür, daß erst nach der Entstehung dieser Zerklüftungsart eine spätere und relativ schwache Einwirkung lockernd und zersetzend auf die Horizontalstruktur erfolgte (Taf. V Fig. 4).

¹⁾ FRANTZEN läßt die versteckte Ablagerungs-Diagonalstruktur durch Spannungserscheinungen bei der Festwerdung geöffnet werden, während gewöhnliche Klüfte senkrechter Stellung nach seiner Ansicht Austrocknungsrisse bei vorherrschender Horizontalstruktur sind.

Wenn ich nun mit FRANTZEN einig bin, daß dieser Zerklüftungsart zweifellos eine (zum Teil krypto-) strukturelle Vorbereitung zu Grunde liegt, so können dafür nur die Wirkungen von etwa die Gesteinsschichten quer durchsetzender Metamorphose in Betracht kommen.

Es ist hiernach zuerst die Meinung abzuweisen, daß es sich etwa um eine rein dynamische, seitliche Fortpflanzung von Druckwirkungen von einer tektonischen Spalte her in einer zu einer solchen Fortpflanzung etwa besonders geeigneten Schicht handeln könne. Ich habe aber nicht beobachten können, was auch in gewissem Maße aus den schönen Abbildungen FRANTZENS zu entnehmen ist, daß die S-Zerklüftung in irgend einer Form von den bestehenden größeren oder kleineren Lösungszufuhr oder -abfuhrspalten abhängt; man sieht in jedem einzelnen Fall aus der völligen Beziehungslosigkeit zu anderen Tatsachen, daß die Anlage dieser Zerklüftung vor jeder späteren tektonischen Zerklüftung überhaupt bestanden haben muß.

Man erkennt aber wohl, daß diese S-Zerklüftung, die auch seitlich in eine zwar schwächer auftretende, aber ganz gewöhnliche Zerklüftung übergehen kann, den Druckwirkungen auf etwa vorher gegebenen strukturellen Anlagen ihre nächste Veranlassung verdanken kann. Die Krümmungen in der S-Zerklüftung weisen aber nachdrücklich auf jene Krümmungen und einfachen Schlingenbildungen hin, welche wir oben S. 85 u. 90 als durch Verzögerung und verhältnismäßig stärkeres Vordringen von Lösungen entstandene Ein- und Ausbiegungen von queren Durchsinterungsschalen erkannt haben. Es sind nicht viel Möglichkeiten hierbei vorzustellen; wichtig sind die Fälle, daß der Lösungsdurchzug an der Hangend- und Liegendschicht verzögert, in einer mittleren beschleunigt ist; der umgekehrte Vorgang in umgekehrter Durchzugsrichtung gibt das gleiche Verhältnis; es könnte z. B. in FRANTZENS Taf. XVI illustriert sein; die Kulmination des Vorgangs, die stärkste seitliche Konvexität zeigt sich hier in einer schichtartigen Differenzierung, welche mit der Horizontallagerung übereinstimmt. Der Fall, daß die Verzögerung nach der Hangendgrenze, die Beschleunigung an der Liegendgrenze zu stattfindet, würde einfache „schräge“ Zerklüftung ergeben (vgl. FRANTZEN l. c. Taf. XV, wo eine ganz schwache Vorbiegung nach einer tieferen Lagerungsdifferenzierung der Schicht zu bemerken ist).

Auch die in Taf. V Fig. 5—9 dargestellten Beispiele lassen sich als Durchsinterungstreifen sogar derart auffassen, daß die nicht zerklüfteten, meist leider nicht wohl erhaltenen oder stark verschieferten Zwischenkomplexe ebenfalls von der „Durchsinterung“ betroffen waren und mit einer entgegengesetzten Krümmung eine Brücke bildeten von der höheren zur tieferen Durchsetzungsschicht, wobei der ganze Komplex einheitlich erfaßt wurde, während die Zerklüftung aber nur gewisse Schichtpakete betraf. Fig. 8 besonders zeigt ein Aufsteigen einer Biegung in einer tieferen Schicht und ein ganz entsprechendes in zwei Falten in einem höheren Schichtpaket; dies kann nur auf einer im Prinzip der „Durchsinterung“ geschaffenen Vorbereitung geschehen, welche die Zwischenmassen weniger stark umwandelte und sie daher von der Zerklüftung ausschloß.

7. Nach dieser Zurückführung der sigmoidalen Zerklüftung auf Durchsinterungsvorgänge sind auch eine Anzahl rätselhafter Eigenheiten dieser Zerklüftungsart leichter zu erklären und zu verstehen. — Gerade bezüglich der unter 6 letzterwähnten Tatsache ist auf die oben S. 86 besprochenen Eigenheiten der Durchsinterung hinzuweisen, wonach sie bei einem einheitlichen Vorgang, sei es in einem

einheitlichen Schichtkörper oder in einem Komplexen solcher, nach gewissen Zonen von entweder zu großer oder zu geringer Durchlässigkeit unterbrochen scheint und in ihrem Resultat, der Entstehung von scharfbegrenzten Durchsinterungsschalen, tatsächlich unterbrochen ist.

Die von FRANTZEN l. c. S. 154 erwähnte Tatsache, daß in dicken Schichten auch die Zerklüftungsplatten dick sind und bei an Dicke abnehmenden Schichten dünnplattig bis schieferig werden, kann seine Erklärung auch auf dem Umwege über die Durchsinterung erhalten; hiermit auch die von R. WAGNER beobachtete Eigenheit des Auftretens starker Krümmungen bei dünner werdender Schicht, endlich die oben angeführte Tatsache, daß gewisse schmälere horizontale Längsbänder des Schichtquerschnittes reichliche schieferige, mehr als verdoppelte, die körperlich eng angeschlossenen Nachbarzonen aber nur die einfache Zahl dicker Zerklüftungsplatten haben.

Dies kann so gedeutet werden: Wir sahen, daß leichter durchlässige Schichten alle schwächeren Phasen der Durchsinterung wiedergeben, während dichtere, jenen eingeschaltete Schichten vorwiegend die stärkeren Phasen andeuten; die Umwandlungen sind hier naturgemäß infolge der Strukturgeschlossenheit schon beschränkter. Bei für eine Schicht gleichbleibenden Druckverhältnissen bedeutet ein sehr dicker Abschnitt des Schichtverlaufs durch die Verteilung der Menge von lösender Flüssigkeit und von Druck auf eine größere Fläche des Querschnitts eine Verminderung und Zerteilung der Wirksamkeit, die einer geringeren Durchlässigkeit gleichwertig ist, somit werden in einem dünneren Schichtabschnitt zahlreichere ausgeprägtere Schalenflächen entstehen als in dem dickeren.

Es bedeutet auch das Hindurchpressen einer aus stärkerem Schichtquerschnitt herkommenden, sich gleichbleibenden Wassermasse durch einen geringeren Schichtquerschnitt eine Erhöhung ihrer Wirksamkeit (vgl. z. B. S. 127 Fig. 8), die sich auch in stärkerem Vordringen an etwas durchlässigeren Stellen äußern kann. Das Bestreben nach größerer Raumausbreitung als sie der kleinere Schichtquerschnitt bietet, verursacht die reichlicheren Ein- und Ausbiegungen des Vordringens in diesem.

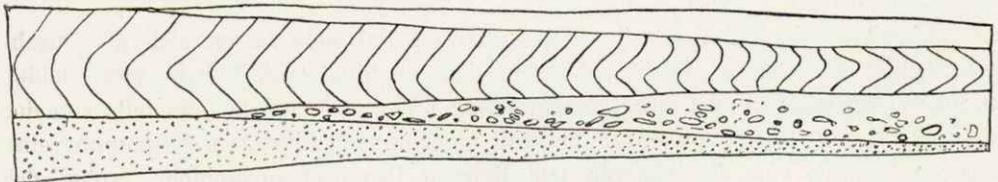


Fig. 6.

Sigmoidalzerklüftung aus dem Hangenden der oberen Schaumkalkbank. SO. von Kissingen. — $\frac{1}{6}$ natürl. Größe.

Vom Standpunkte der „Durchsinterung“ wird auch klar, daß die S-Zerklüftung von einem Punkt einer Schicht aus sich nach zwei Seiten in umgekehrter Krümmung verbreiten kann (Fig. 6); man stünde hier an einer Infiltrationsstelle, von der die „Durchsinterung“ nach zwei Seiten vordrang.

Ein Bild, wie es Taf. V Fig. 8 gibt, ist in anderer Weise nicht erklärlich, als wenn man annimmt, daß von der Oberfläche der Schicht eine allmählich in gewisser Richtung bzw. Neigung tiefer nach innen und unten eindringende Durchsinterung stattgefunden hat. Ein solcher Vorgang kann bei einer in schwacher

Böschungslage befindlichen Schicht unter von oben wirkendem Einzugsdruck so vorgestellt werden, wie es das erwähnte, durchaus nicht schematische Zerklüftungsbild angibt (vgl. S. 93, 7).

Nun ist kein Zweifel, daß durch den streifigen bzw. schaligen Durchsinterungsvorgang in einer Schicht, welche eine normal gelagerte Primärstruktur hat, Spannungen und Festigkeitsdifferenzen entstehen können, welche zwischen dem Konzentrationsvorderrand und dem davor liegenden Verminderungstreifen die stärksten Unterschiede, eine Kohäsionsänderung aufweisen. Im allgemeinen gesagt, dürften nur geringe Druckwirkungen von außen nötig sein, um längs dieser kryptostrukturellen Flächen eine völlige Kohäsionstrennung hervorzurufen. Es ist aber noch eine Bedingung des Erfolgs dieser Wirkung vorauszusetzen, daß nämlich der Verlauf der Streifen nicht so verzweigt und verbogen sei, daß ihr Bestehen eher einem mechanischen Zusammenhalt gleichkommt, wie z. B. bei Taf. XI Fig. 1.

Liegen dagegen in den Durchsinterungsschalen einfach gebogene breite Flächen vor, welche den einfacheren Druckwirkungen von oben in normalen Winkelteilungen von 90° , 45° etc. nahe kommen, so können die Durchsinterungsdifferenzen leicht zur Auslösung führen; andererseits werden aber auch die Zersprengungen selbst auf einfachste Richtungsnormen hinwirken, kleine scharfwinkelige Ausbiegungen überschneiden oder auch schärfere Winkel hervorbringen, kurz, sie werden endlich auf eine geometrische Ausgestaltung, von der wir Beispiele abbildeten (Taf. XI Fig. 23), hinarbeiten.

8. Was nun die Zeit des Zerklüftungsdruckes betrifft, so sind zwei Hauptperioden der Belastung der Schichten zu unterscheiden; die ältere, vor jener endgültigen Festigung des Hangenden, welche den einzelnen Schichten einen selbsttragenden inneren Halt gibt, und die spätere, die dadurch eintrat, daß durch weitgehende tektonische Zerteilung der Formationskomplexe die Schichten ihren seitlichen Zusammenhang verlieren und so die höheren wieder auf den tieferen lasten; die Wirkungen des ersten Zeitabschnittes sind nicht zu unterschätzen und könnten sehr wohl in den sich in der Tat oft rasch erhärtenden tieferen Schichten die Zerklüftung verursachen, wenn nur eine vorhergehende Durchsinterung möglich war.

Ganz besonders sind nun die letzteren Möglichkeiten zu erwägen, wo z. B. bei ausgedehnten Geschiebekalkbildungen mit Erosionen des Grundes seitliche Freilegungen oder Einnagungen gefolgert werden müssen und gleichzeitig aber wichtige Umänderungen in den chemischen Verhältnissen -- (Gleichheit in den Bedingungen der primären Schichtablagerung mit einer später wieder ermöglichten Einwirkung auf dieselbe Schicht würde keine Metamorphose hervorrufen) -- eingetreten sind, die z. B. zum Teil direkt auf Gesteins-Abtragung und -Ausnagung mit Limonitisierung des Eisengehaltes hinweisen; dies ist an dem in Fig. 9 Taf. V mitgeteilten Profil der Fall, wo sogar etwas tiefer der gleiche Prozeß in rascher Aufeinanderfolge zweimal eintrat (Taf. I Fig. 5), wobei die tiefere Schicht durch eine höhere hindurch in mannigfacher Weise Änderungen zugänglich gemacht war.

Unter solchen Umständen können die Durchsinterungen und ihre Zerklüftungsfolgen sehr bald nach der Ablagerung eintreten, wie dies für das Vorkommen Taf. V Fig. 9 gilt. Hierdurch würde es sich auch erklären, daß das Auftreten dieser Zerklüftung auf ganz bestimmte, nicht einmal petrographisch gleichartig charakterisierte Horizonte beschränkt sein kann, wie dies für den Wellen-

kalk gilt. Die Angabe R. WAGNERS über die beiden Hauptvorkommen dieser Bildung im Wellenkalk kann ich für Franken nur bestätigen.

Voraussetzung unserer Deutung wäre, daß die betreffenden Schichten rasch erhärteten und zunächst keine weitere, mächtig nachdrängende Sedimentbedeckung stattfand, daß eine Unterbrechung der Ablagerung hier eintrat, wie wir dies vom Liegenden der Fossilbänke in den Bohrwürmerlagen unten darlegen werden; eine Schichtfolge, wie sie Taf. V Fig. 9 darstellt, ist jener der Fossilbänke in der Tat gleich zu stellen.

Die oben gegebenen Darstellungen über „stratische“ Zersprengungen eröffnen übrigens auch einen Weg, auf welchem die Entstehung der Zerklüftung nach Durchsinterungsvorgängen auch ohne Zuhilfenahme von äußeren Druckwirkungen durch das Auftreten einfacher innerer Spannungen erklärt werden kann; es ist nicht zu verkennen, daß die oben gegebenen Möglichkeiten des Auflagerungsdrucks als alleinige Ursache der Zersprengung etwas Anfechtbares haben.

Zusammenfassung zu Kap. 8. Wie die Durchsinterungstreifen, so sind die Sigmoidalklüfte auf einzelne abgeschlossene Schichten und Schichtenpäckchen beschränkt; sie stellen keine Zerklüftung dar, welche auf einer kryptodiagonalen Anschwemmungsstruktur vor sich gegangen ist, sondern bildeten sich nach den Schalen einer Durchsinterung; diese Trennung des Zusammenhaltes ist da am leichtesten möglich, wo die Durchsinterung einen einfachen, geometrisch scharfen Zickzackverlauf hat, wie dies z. B. in den Kalken und Kalkmergeln nicht selten ist. Es wird erwogen, ob die Zersprengung unter Schichtendruck stattgefunden haben kann; das wird dadurch wichtig, weil ein außerordentlich altes, an eine gewisse Unterbrechung der Ablagerung geknüpft Vorkommen der S-Zerklüftung behandelt wurde, welches die Möglichkeit der Wirkung des Schichtendrucks oder eines Zersprengungszuges von außen her zwar nicht ganz ausschließt, aber deren Annahme nicht ohne Zweifel läßt. Es wird somit auf die Möglichkeit einer stratischen Zersprengung von innen heraus hingedeutet, deren Auftreten hier aber erst aus einer später auszuführenden Übersicht über die Erhärtungsarten der Kalkbänke im Muschelkalk (Kap. 27 S. 194) ersichtlich sein wird.

Kap. 9. Seesinterkalk (Stromatolith) der Myophorienregion.

1. Unter diesem Namen begreife ich Einschaltungen von Kalkabsätzen, welche zweifellos nicht durch reine Anschwemmungs-Sedimentation, sondern durch inkrustierende Lösungsausscheidung irgendwelcher Art auf einer im ganzen horizontalen Unterlage entstanden sind; ich verweise hierbei auf meine Studie im Geogn. Jahreshefte 1902 (Permische Landschaftenkalke etc.), auf KALKOWSKY: Oolithe und Stromatolithe in Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1908 und meinen Bericht hierüber im Neuen Jahrbuch f. Min., Geol. etc. 1908, S. 114—138. Diese Kalkabsätze zeigen alle eine ganz bestimmte Wachstumsform, wenn auch natürlich die verschiedenen Begleitumstände ihrer Entstehung ihnen ein jedesmal eigentümliches Gepräge verleihen müssen.

Die vorliegenden Bildungen (Taf. VI Fig. 4—8) zeigen alle die Inkrustationsanpassung an die Untergrundsunebenheiten, wobei allerdings die Ansatzform an letztere im Laufe des Vertikalwachstums oft etwas einseitig verstärkt erscheint und nicht immer gleich verständlich ist, da selbständiges Wachstum einzelner Teile oft das Bild

etwas verändert, wie auch in den meisten Fällen nur ein schiefer Anschnitt vorliegt, wobei man die äußere Wachstumsgestaltung und die formgebende Grundfläche nicht miteinander vergleichen kann.

Eine wichtige Charakteristik unserer Vorkommen, die allerdings für Stromatolithen aller Formationen nicht gilt, ist das stetige Vertikalwachstum in der Richtung vom Liegenden zum Hangenden; nur da, wo von der Seite her eine unregelmäßige Schollennase in den Sinter hereinragt, nur da zeigt sich eine schwache Überkrustung von der Seite und nach unten (vgl. Taf. VI Fig. 5 und Fig. 8). Niemals zeigt sich aber eine Inkrustation des Hangenden und von ihm aus Wachstum nach dem Liegenden zu, was eine geschlossene Höhlung voraussetzen würde und den Entstehungen jede Bedeutung nähme; vielmehr ist das Hangende derart beschaffen, daß es die oberen endesabschließenden Unebenheiten der oft grotesk gestalteten Oberfläche des Schichten-sinters in einfachster Weise ausfüllt und zwar mit den Anzeichen einer ebenso von unten nach oben fortwachsenden, zum Teil diskordanten Anlagerung eines später herangebrachten Schwemmkalkes.

Das vertikale Wachstum der stromatolithischen Einschaltungen zeigt sich nicht nur in häufigen seitlichen Steilwänden, sondern auch im Innern in der Bildung vertikaler (radialer) Interstitien, nach welchen sich die horizontalen Lagerungsflächen oft verdünnt hinabbiegen oder sogar unterbrochen werden, wobei hier in vielen Fällen ein löcheriges Gefüge zu beobachten ist. Ein solches ist aber auch im Innern der oft kohlkopffartigen Emporwachsungen zu erkennen und ist hier eine Folge eines sehr raschen, undichten, selten länger andauernden Erstlingswachstums, das aber einen Kern für spätere zweigartige und dichtere Fortsetzungen bildet (vgl. z. B. auch Taf. XI Fig. 3).

Es sind auch horizontale Interstitien zwischen dichteren, meist festschaligen Appositions-Wachstumslamellen zu erkennen; diese zeigen dann auch, allerdings selten, in einem feineren Balkenwerk jene radial-peripher-wurmförmigen, anastomosierenden Wachstumsstrukturen, welche bei permokarbonischen und untertriadischen Stromatolithen beobachtet sind. In den meisten Fällen sind einfache Unterbrechungsinterstitien mit stark ockerig gefärbtem Ton und nicht einmal kleinen Glimmerplättchen zu erwähnen. Im allgemeinen ist der in den dichten Lagen abgesetzte Kalk fein kristallinisch und hat kleinen trümmerhaften, an einzelnen Stellen auch reichlichen primären Quarzsand, doch keinen Ton im Rückstand; an vielen einzelnen Stellen ist auch eine durch ziemlich dicke und dichtgesetzte Appositionslamellen gleichmäßig hindurchgehende radiale Faserstruktur beobachtet worden.

Zwischen diesen gesetzmäßiger struierten Wachstumsformen der meist eine Schichtlage einnehmenden und ziemlich weit flächenhaft ausgedehnten Bildungen sind nun auch Erstreckungen mit weniger deutlicher Wachstumsstruktur zu erwähnen, deren Gesteinsmasse aber nicht nur völlig mit der der besser struierten Masse identisch ist, sondern auch substanziell in sie übergeht. Hierbei zeigt sich aber noch ein weiteres Einheitsanzeichen; sowohl in den horizontalen als besonders in den vertikalen Interstitien, endlich in den porösen Kernen der Emporwachsungen kommen häufig schmale Auslaugungslücken vor, welche auf Bivalvenschälchen (Myophorien) hinweisen; diese kommen nun als Fragmente in dem weniger gut struierten Sinterkörper oft massenhaft vor; sonst fehlt jede Art anderer Einschlüsse und recht oft sind die Bänke noch mit einer schwachen Kruste dichten Sinters ohne Einschlüsse gegen das Hangende abgeschlossen. Da von dem Hangenden selbst nie ein kleinstes Fragmentchen in der Masse eingeschlossen ist, so spricht

auch dies, wenn es noch nötig wäre, für die Natur eines primären Ablagerungsinters. Oft besteht die ganze Bank lediglich aus diesem schlecht struierten Sinter mit ausgelaugten Schalenfragmentchen, auch mit ebenflächigen Zwischenlagen ohne solche, wobei besonders bei der Anwitterung ein eigentümlich kleinkonkretionäres Aussehen der Oberfläche sofort auf eine von den übrigen „Mergeln“ wesentlich verschiedene Entstehungsart der Kalke hinweist. Oft erscheinen mitten in schlecht struiertem Sinter isolierte, regelmäßiger gebaute Kappen dichter Appositionstruktur (vgl. Fig. 2 Taf. VI, Fig. 2 Taf. V). Die beiden Arten der Ausscheidung unterscheiden sich meiner Ansicht nach nur durch die mehr oder minder starken Bewegungsvorgänge, welche ihr Wachstum begleiten, wobei der guten Struktur jedenfalls die Zustände größerer Beruhigung der Wasserbewegung zuzurechnen sind.

2. Es ist nun die Frage, worauf die Unebenheiten des Untergrundes beruhen; zum Teil sind es ganz zweifellos Erosionsvertiefungen, selten mit anscheinenden Kluftbegrenzungen, zum Teil scheinen auch Faltungsaufwölbungen vorzuliegen; vielleicht ist eines nur eine Folge vom anderen. Jedenfalls ist darauf Bedacht zu nehmen, daß mit der Ausnagung stets Geschiebeablagerungen in den oberen Myophorienschichten verbunden sind, deren Bestandteile aus diesen selbst stammen müssen; wenigstens führen die Profile entweder den Seesinter oder die Geschiebelage. — Andererseits zeigen die oberen Myophorienschichten auch stets diskordante Lagerungsstruktur, welche sehr leicht sowohl Böschungsbewegungen mit Zerreibungen und Schichtaufbiegungen in der schief aufgeschütteten Schicht selbst verursachen, andererseits auch auf die den Böschungen naheliegende Unterlage drücken kann. So können einzelne noch weniger erhärtete Schichten unter rascher erhärteten bei tief gehender seitlicher Einnagung in Bewegung kommen und ohne sonderlich starke Wasserbewegungen oder tektonische Schiebungen Schollenenden von einer Diskordanzböschung in eine tiefer liegende Region des Sinterabsatzes rutschen und dort (vgl. z. B. Fig. 5 Taf. II) umhüllt werden.

3. Was nun die Ursache dieser gesteigerten Kalkausscheidungen betrifft, so könnte man zuerst an untermeerische Quellen denken, was aber ohne spezielle Hindeutungen auf die Möglichkeit eines Quelledurchbruchs doch Mißliches hat; ich glaube eher, daß man es dabei mit lokalen Kalkkonzentrationen, vielleicht aus einer Kombination anderer Lösungskomponenten, zu tun hat, welche hier als primäre Vorstufe zu den dolomitischen und salinischen Ausscheidungen des Hangenden ebenso zu gelten hätte, wie an manchen Orten eine solche Sinterschicht ganz lokal auch im mittleren Muschelkalk selbst vorkommt (Birkenfeld), wie auch das höhere Ausgehen der Salzausscheidungen in der Anhydritgruppe von den Oolith-führenden Kalkmergeln unter dem Hauptanhydrit begleitet ist, wobei ich mit KALKOWSKY die Stromatolith- und Oolithbildung als einer durchaus einheitlichen Vorbedingung zugehörig ansehen möchte (vgl. bzw. Geogn. Jahresh. 1901 S. 49—51 und Neues Jahrb. f. Min. etc. Bd. 1908 S. 114—138). Es scheint mir, daß es sich hier um Lösungsausfällungen handelt, welche am Boden eines von treibender Sedimentation möglichst wenig beunruhigten Gewässers stattfinden, so daß diese Ausscheidung in ihrem einfachen, freien, inkrustierenden Vertikalwachstum nicht erstickt, höchstens netzförmig etwas unterbrochen und modifiziert wird. Ich glaube auch, daß diese Ausscheidung aus Lösungen stattfindet, welche wenig tonige Beimengungen, aber reichlich organische Stoffe in colloidalen Lösung enthalten, so daß das Wachstum und die Struktur der Ausfällung dadurch beeinflußt wird; andererseits gehört zu den Bedingungen solcher Entstehungen die Möglichkeit starken Verlustes des Lösungsmittels, vielleicht starke

Verdunstung in relativ seichten, fast stehenden Gewässern, denen nur ein starker trockener Wind Quarzkörnchen zutrieb, welche aber von eigentlichen Zuflüssen verschont blieben.¹⁾ Die Ursache der Kalkausscheidung dürfte im Grund genommen keine andere sein, als jene, welche in bedeutend geringerer Lösung auch bei reicheren Toneinschwemmungen, stärkeren Sedimentierungen eine relativ rasche Erhärtung der Sedimente bewirkt, aber auch hier zu vertikal aufsteigenden Wachstumsformen, zu linsen- und geodenartigen Erhärtungen Anlaß gibt. Hierher sind auch die an der unteren Lettenkohलगrenze erwähnten Tutenmergel- und Nagelkalkbildungen als noch langsamere Konzentrationen und Ausfällungen im Innern von tonigen Massen zu rechnen. Diese kristallisierten Wachstumsformen kann man als entostratische (Nagelkalke) zu den exostratischen (Seesinter-Kalken) in Gegensatz stellen.

Erstere radial und schalig gebaute, entostratische Auskristallisationen von ebenso knoten- und linsenartiger Form führen mit ihrer radialen Struktur (vgl. S. 64) wieder zurück zu den jedenfalls rascher von statten gehenden Ausfällungen des Kalks der Stromatolithen und Oolithen.

Was das Vorkommen von Oolithen gerade in den Myophorienschichten betrifft, so ist vor allem zu erwähnen, daß ich bei Urspringen mit dem Stromatolithen der Myophorienschicht kleine Ansammlungen von größer körnigen Oolithkörnchen feststellen konnte; hierbei sei daran erinnert, daß HENKEL (vgl. oben S. 39) in den Myophorienschichten bei Hochhausen im Taubergebiet, nahe der bayerischen Grenze, einen mächtigen, vom Schaumkalk abweichenden grobkörnigen Oolith feststellte (vgl. Taf. V Fig. 3); nun sind aber andererseits im typischen feinoolithischen Schaumkalk an dieser Örtlichkeit ganz prächtige Stromatolitheinschlüsse zu beobachten, so daß nicht nur auch hier die paragenetische Vergesellschaftung beider Bildungen wieder zum Ausdruck kommt, sondern auch nahegelegt wird, daß gewisse eigenartig schalige Hangendabschlüsse des Schaumkalks, ja auch andere Differenzierungen in dessen Inneren selbst auf eine vergleichbare stromatolithische Kalkausscheidung zurückzuführen sind.

4. Dem äußeren Habitus nach unterscheiden sich die Wachstumsformen dieser ins Freie emporwachsenden Kalkausscheidungen nicht von jenen traubigen und trotzdem recht geradlinig fortwachsenden Gestaltungen, welche senkrecht zur Schichtfläche als sekundäre Umwandlungen im Innern mehrerer Schichten der Bonebedkalkregion etc. erkannt wurden. Wir haben gesehen (S. 92), daß hier die eigene Tendenz zu solchen nierenförmig-traubig-ästigen Schalenflächen-Auswachsungen noch unterstützt wird durch gewisse Richtungsflächen primärer Horizontalstruktur, welche daselbst die freie Entwicklung der Ausfällung unterbrechen, hemmen und verzögern; so wird doch eine gleichmäßigere Dichte der alten Sedimentation möglichst gewahrt. Bei den Stromatolithenbildungen wird nach meiner Ansicht das normale, weitflächige Emporwachsen der den Boden inkrustierenden Ausscheidung auch in gewissen Richtungen gehemmt und verringert, indem in diesen die andauernde Sedimentation gemäß schon vorhandenen Unebenheiten des Untergrundes schwach einwirkt. Bei den in Rede stehenden Stromatolithen fällt auch auf, daß die Wachstumsstämme sehr viel häufiger einen Wechsel dichter und poröser Lagen zeigen, in welchen letzteren brauner Kalkspat in sekundärer Umkristallisation häufig ist; wie ja auch erwähnt wurde, daß Limonit in den tonigen Zwischenschalen vertreten ist. Es wird auch dadurch die

¹⁾ Die Rolle der Kohlensäure wäre hierbei noch zu studieren, die sich ja bei verschiedenen Kolloiden verschieden verhalten soll; ihre Löslichkeit im Wasser soll sich in Gegenwart der Eisenkolloide bedeutend erhöhen.

Ansicht gestützt, daß hier die Ausscheidung am Meeresboden nicht in einer klaren Flüssigkeit erfolgte, sondern in einem organischen und anorganischen Hydrosolgemenge; ein solches Gemenge könnte außerdem reichlich gelösten Kalk adsorbieren, auf dessen schließliche Ausscheidung die eigentümlichen Diffusionsverhältnisse im Innern solcher Lösungen ebenso gestaltend hinwirken mögen, wie sie den Hydrogelen im Mineralreich auch eine gewisse gemeinsame Gestaltung bei der Ausfällung aufzwingen, und wie Kristalloide, in die Innenstruktur der Gele aufgenommen, merkwürdige wabenförmige Anordnung erhalten (vgl. hierüber die grundlegenden Aufstellungen von F. CORNU im N. Jahrb. f. Min. etc. 1908 S. 138). Es wird lediglich das Verhältnis von gelösten Karbonaten einerseits zu der Menge der beigesetzten Colloide, andererseits zu der Menge der sich bewegenden Schlamm- und Sandteilchen und zu der Art ihrer Bewegung sein, welche bewirkt, daß die schalenartige Ausscheidung eine reichere morphologische Gliederung erhält oder nicht. Die von mir aus dem Perm der Pfalz und von KALKOWSKY aus dem Unteren Buntsandstein Norddeutschlands beschriebenen Seesinterkalke gehören einer Ton- und Sandfazies an, die im Muschelkalk nun bekannt gemachten einer an derartigen fremden Beimengungen viel ärmeren, aber an Kalzitschlamm reicheren Fazies an. Hierdurch ist ohne Zweifel eine gewisse Verschiedenheit gegeben. In den Zweigen der Seesinterkalke wächst nach dieser Auffassung die Kalkausscheidung aus den Zwischenräumen heraus, welche auch die Colloide in reichlicher Menge enthalten können und die Kristallisation hier ganz verhindern; sie wächst in jene Räume, in welchen dies nicht so reichlich enthalten sind, in denen also die Karbonatausscheidung einer normaleren Auskristallisation zustrebt. Bei geringeren Differenzen von diesem Bild ist jenes für das Verhalten der Stromatolithe der Myophorienschichten gegeben.

5. Ich vermute, daß die Verbreitung dieser Seesinter im Muschelkalk eine nicht so beschränkte ist; ich rechne auch die von SCHUMACHER und v. WERVEKE in Elsaß-Lothringen an vereinzeltten Örtlichkeiten in gleichem Niveau beobachtete halbkugelige Schalenstruktur hinzu (S. 58).

Zusammenfassung zu Kap. 9. Unter Seesinterkalk (Landschaftenkalk, Stromatolith) werden in ganz bestimmten Horizonten der Myophorienschichten, selten im mittleren Muschelkalk und in der oberen Schaumkalkbank auftretende Kalklager schalig-stockförmigen Aufbaus begriffen, welche sich sofort als Ausscheidungen aus Lösung mit Ausschaltung irgend erheblicher Fließbeimengung zu erkennen geben; ihr Wachstum ist gegenüber anderen Kalken dieser Art durchaus einseitig von unten nach oben und überkrustet sehr oft starke Erosionsvertiefungen, solche möglichst dicht ausfüllend. Ihre äußere Oberfläche ist traubig, stockförmig; deren Erhöhungen stellen durch dicke Massen hindurch noch jene des Untergrundes im großen und ganzen dar, ein Beweis, daß die Vertiefungen in jedem Stadium wieder die Ursachen gesammelt erhielten, welche hier die Auskristallisation beschränkten und die Löslichkeit vermehrten. Es wird also in den Stellen schwacher Vertiefung, wo anorganische Beimengungen vorliegen, auch die größere Ansammlung faulender organischer Bestandteile anzunehmen sein, welche beiden Forderungen genügen kann, wodurch bloß an den Erhöhungen in umgekehrt gesteigertem Maße die Ausfällung von Kalk stattfindet.¹⁾

¹⁾ In den Vertiefungen der Rippelmarken sammeln sich z. B. neben stärkeren Körnchen, die von den Kanten herabrutschen, stets die leichten organischen Reste, welche, hier von der Hauptströmung unberührt, nur in geringer Amplitude sich auf und ab bewegen.

Ob bei dieser Ausscheidung aus Lösung Algen oder Mikroorganismen mitgeholfen haben, das ist eine offene Frage; wohl kann ausgesprochen werden, daß sie jedenfalls nicht in so ausschließlicher Weise formengebend mitgewirkt haben, wie es KALKOWSKY anzunehmen geneigt ist; vielmehr ist eine Formabhängigkeit schon von der Unterlage und den gelegentlich von dem Kalkabsatz durchdrungenen Körpern deutlich.¹⁾ Die Schichten, in welchen die Seesinter auftreten, sind jedenfalls ärmer an Organismen; Schalthiere finden sich in einzelnen Arten; die degenerative *Myophoria orbicularis* zeigt sich in vereinzelt Massenentwicklungen; Tubikolen sind beschränkt. Mariner Pflanzenwuchs hat jedenfalls noch die größere Verbreitung besessen. Hier zeigt sich, daß mit abnehmender, sich spezialisierender Fauna die Lösungsausscheidung ausnahmsweise stark ist und ungewöhnliche Formen annimmt, vielleicht gerade wegen des geringen Verbrauchs von anorganischer Skelettbildung von Organismen. Gleiches gilt für alle Seesintervorkommen, wenn auch eine Beziehung zu faulenden Organismen ebenso deutlich ist, wie etwa bei den phosphoritisierten Weichteilen von Pflanzen und Tieren. „Omnis calx ex vivo“; das Wort dürfte aber dahin zu erweitern sein, daß faulende Organismen im freien Raum nicht nur zum Teil die gleichen Verbindungen liefern, welche auch im Innern der Organismen die Kalkabscheidungen chemisch ermöglichen, sondern auch jene (colloidalen) Lösungszustände organischer Stoffe schaffen, welche geeignet sind, diese Ausscheidungen nicht nur zu konzentrieren, sondern ihrem Wachstum eine bestimmte, manchen Organismen ähnliche Struktur und Grundgestaltung aufzuprägen (vgl. S. 193).

Kap. 10. Anzeichen von „Strömungen“ bei der Bildung der Lettenkohle und des Muschelkalks.

Eine vorläufige Zusammenstellung in dieser Hinsicht ist schon hier wegen des Nachfolgenden nötig.

1. In der Unteren Lettenkohle zeigen sich in den Schiefertönen (Taf. I Fig. 1) großzügige Lagerungsdiskordanzen, d. h. Ablagerungen von Schiefertönen mit starker Böschung des Stirnrandes oder Abrasionen etwaiger horizontaler Teile dieser Schichten und Überlagerung durch einen neuen Komplex von Schiefnern mit anderem Böschungswinkel. Derartige Wechsel sind in diesen Schichten nicht allzu selten. Auch in den Kalken der Unteren Lettenkohle zeigen sich feinstreifige (Taf. III Fig. 3) Diskordanzen; natürlich ist, daß sie sich auch in den feinsandigen Einschaltungen zu erkennen geben. Wenn die Schiefer im allgemeinen biologisch ziemlich steril sind, so finden sich doch an manchen Stellen in ihnen verzweigte Röhrenbauten von Würmern, ebenso wie in den Sandschiefnern und quarzitischen Schieferchen (vgl. S. 4—5 u. S. 7).

2. Der Trigonoduskalk der Südfazies ist ebenso eine mächtige Massenanschwemmung von Schalen und Schalenfragmenten, bei denen in den Hauptschalenbänken infolge der gleichmäßigen lockeren Anhäufung unter dem Druck der überstehenden Wassersäule die Böschungen offenbar fortdauernd verrutschten, daher oft keine diskordante Schichtung zur Erhaltung kam; nicht einmal im Innern der Bänke ist dann horizontale Anordnung sehr ausgesprochen. Diese stetigen Böschungsverrutschungen zeigen sich

¹⁾ In neuester Zeit haben sich über die Stromatolithenbildung noch W. HAACK in Monatsber. d. D. Geol. Ges. Nov. 1909 und besonders G. LINCK in der Zeitschr. f. Naturw. 45, 1909, S. 268—277, geäußert. LINCK macht ebenso auf die Karlsbader Sprudelsteine aufmerksam, ohne indessen, wie ich, darin mehr zu sehen, als eine Analogie mit der Stromatolithenbildung.

dagegen bei den höheren Lagen mit wechselndem Sedimentationsmaterial in den ockerigen Zonen und ihren netzförmigen Querverbindungen: d. h. die locker angeschwemmte, nicht gleich zusammensitzende, zum Teil in schwacher Böschungslage befindliche Schalenfragmentmasse wird unter dem anwachsenden Druck ungleichmäßig zusammengedrückt und im Sinne der Böschungsneigung vorgeschoben; die Zerreibungslücken füllen sich sofort mit dem Material der sich bildenden Hangenschicht bis eine Ausgleichung stattgefunden hat, so entstehen daselbst die „Anastomosen“. In den Aufschlüssen von Sommerhausen etc. zeigen sich auch reichliche Diskordanzen in der Art und in dem Maße, in welchem sie auch z. B. bei den Schaumkalkbänken nicht selten ist (Fig. 7); FRANTZEN gibt davon schöne Abbildungen und betont die Gleichartigkeit mit den Anschwemmungsformen der Flußschotter.

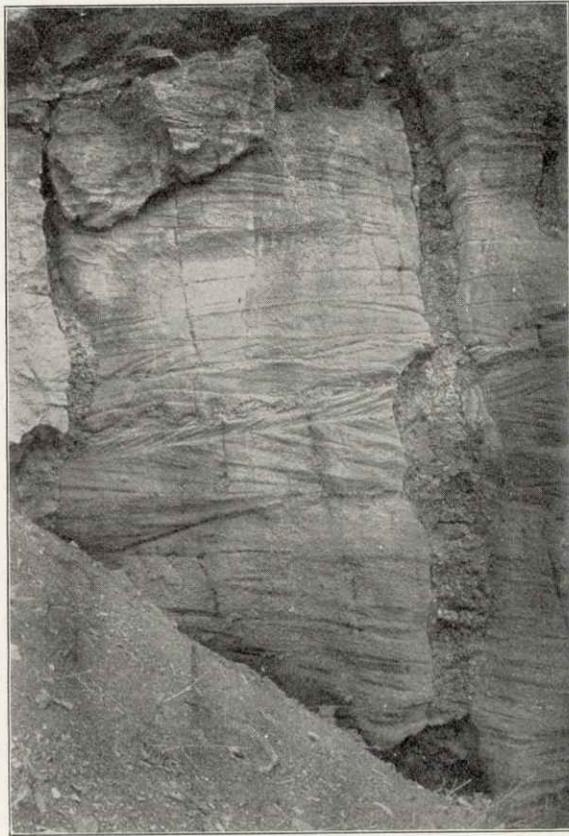


Fig 7.

Anschwemmungslagerung im Trigonoduskalk in den Brüchen gegenüber Gossmannsdorf bei Klein-Ochsenfurt a. M.
Aufnahme von Dr. F. W. PFAFF.

Die Oberfläche der einzelnen Trigonodusbänke zeigt oft großzügige breite Wellenrippen; vielleicht ist auch jene Faltenzusammenschiebung in Taf. II Fig. 2 durch eine solche Wellung vorgezeichnet. Wellenrippen zeigen auch ungefaltete Bänke in der Schichtenreihe der Ostrakodontone.

3. Im mittleren Oberen Muschelkalk haben wir die Strömungsanzeichen besonders in den Fossilienlinsen eingehender besprochen und Differenzierungen nach der Fließstärke in ihnen deutlichst kennen gelernt: die ungeschichteten Basallager als

„Vorverschwemmung“, die Fossilienmasse als mehr und weniger regellos aufgehäuftes, mehr und weniger „gelagertes“ Erzeugnis der Hauptströmung, die Decklage als ein Produkt des allmählichen Nachlassens der letzteren, zuerst meist schön geschichtet, oder mit zarten, verschieden geneigten Aufschüttungsstrichen zu erkennen. Diese zyklische Reihenfolge läßt sich auch an einer großen Zahl von Fossilien führenden Kalkbänken wieder erkennen, welche zumeist als verschwemmte Massen zu deuten sind; in sehr vielen Fällen bilden aber auch die Basallage und Decklage den Boden autochthonen Lebens von tubikolen Anneliden, soweit diese nicht nur weiche Bodenverhältnisse lieben, sondern auch in etwas beruhigteren Wassergebieten die ihnen zusagende Ernährung finden (vgl. unten Kap. 15, 18, 34—38, über Bohrröhren, *Rhizokorallium* und ähnliche Bildungen).

Diskordante Parallelstruktur, d. h. die Anzeichen deltaartig fortschreitender Anschwemmung mit wechselnd steiler Stirnböschung und reichlich wechselnden Einfallrichtungen, ist meist da gut erhalten, wo die Massenanschwemmung und -aufschüttung keine allzu turbulente ist, wo das Verhältnis zwischen Strömungsstärke und spezifischem Gewicht des Materials noch eine Separation nach letzterem zuläßt. Ist die Schalenanschwemmung eine noch ruhigere und so andauernde, wie dies im Oberen Muschelkalk der Fall scheint, dann ist die diskordante Lagerung verhältnismäßig selten (Taf. IV Fig. 3). Auch wirkt starker Wasserdruck und geringer innerer Zusammenhalt im Sinne stetiger Ausebnung entstandener schwacher Böschungen.

4. Anzeichen einer Zone wirklich autochthonen Lebens von Schältieren nach gewissen Bänken sind mir im Oberen Muschelkalk nicht viele auffällig geworden; doch ist zu bedenken, daß meist die Regionen eines solchen den Bodenumgestaltungen am stärksten ausgesetzt sind, daß sie im allgemeinen auch viel weniger auffällig sein dürften, als die Regionen der Zusammenschwemmung. Schalenanschwemmungen führen öfters eine gewisse Annäherung der dichten Liegendzone einer Bank mit sich; besonders häufig zeigt sich das über dichten Kalken mit *Rhizokorallium* oder mit Bohrröhren, die, weil sie nicht beweglich sind, hier das einzige Anzeichen autochthonen Lebens darstellen. Alle beweglichen Schalenmassen aber wandern abwärts nach der Tiefe zu und die Fossilienbänke erscheinen so meist als eine polygene Vermengung von Einzelschalen, Schalenfragmenten und einzelnen ausgelösten Skeletteilen größerer Organismen. Auch wo die Schalenanhäufung homogen ist, wie z. B. bei der Cykloidesbank und der Trochitenbank kann (besonders bei letzterer) nur von einer verfrachteten Masse meist völlig voneinander gelöster und zerstreuter Skeletteile gesprochen werden; bezüglich letzterer Bänke, soweit sie im Muschelkalk der Rheinpfalz auftreten, habe ich „Erl. z. Bl. Zweibrücken“ S. 165 schon Gründe für die Verschwemmung angegeben; vgl. auch unten Kap. 29—31.

5. Was die Massen feiner Schiefertone im Oberen Muschelkalk betrifft, so läßt dies auf eine beginnende „verhältnismäßige“ Verringerung des Kalkreichtums, welcher sich fast nur mit den allerdings reichverteilten Fossilanschwemmungen zeigt, besonders im Ablagerungsbereich der Nordfazies im Oberen Muschelkalk schließen; — dieser läuft übrigens auch in tieferen Schichten einer von Süden nach Norden abnehmenden Skala im Kalkreichtum ungefähr gleich. — Solches kann auf die Lettenkohlnähe bezogen werden.

Die Tonmassen des Oberen Muschelkalks können nur durch bewegtes Wasser gebracht werden; wie sind nun diese Bewegungen mit der feinschieferigen Lagerungsstruktur zu vereinen?

Ich glaube, daß man es hierbei nur mit der alle Teile zu Boden drückenden Wirkung der salinischen Beimengungen des Meerwassers zu tun hat. Ich erinnere an die experimentellen Angaben von E. RAMANN Jahrb. d. Kgl. Pr. Geol. L.-A. 1885 S. 43, woselbst schon die Ansicht ausgesprochen ist, daß die rasche Abscheidung der Schlickmassen am Seeufer und an der Einmündung der Flüsse der Wirkung des höheren Salzgehaltes des Meerwassers zuzuschreiben ist. Außerdem sei auf die älteren Versuche von OCHSENIUS über die Klärfähigkeit von NaCl und MgSO_4 , auf die Resultate BODLÄNDERS über die Stufenfolge der Klärfähigkeit von MgCl_2 , MgSO_4 , KCl und NaCl , wovon erstere bedeutend überwiegen, wahrscheinlich weil bei beiden letzteren der Ton das Lösungsmittel aus der Lösung zieht (nach LANDGREN neg. Adsorption wirkt), während nach OCHSENIUS und KOHLER der Ton MgSO_4 adsorbiert, daher in letzterem Falle als schwerere Masse rascher fällt und in ersterer länger suspendiert bleibt, verwiesen. Wir schließen daher, daß kleine Lösungsunterschiede auf Tonschieferung einen Einfluß ausüben können, besonders wenn bei den wechselnden Adsorptionserscheinungen auch wechselnde Erhärtungen auftreten können, da hier sicher auch eine Verschiedenheit organischer Beimengungen eintritt, welche Lösungs-vermehrend und -ausfällend auf Karbonate wirkt.

Es können aber auch durch solche Adsorptionen und Wiederaufrüttelungen im langsamen Transport der Massen, welche nicht gleich beim ersten Wurf zu einer dauernden Ruhe kommen, am Meeresgrunde Lösungsverstärkungen hervorgerufen werden, welche, weit entfernt von dem allgemeinen Grad höherer Salinität, doch beträchtlich wirksam auf sehr feinkörnige Absätze sein können.

6. Was den Mittleren Muschelkalk betrifft, so habe ich in dessen zum Teil massigen, zum Teil dünnplattigen Dolomiten noch keine Wellenrippen und -furchen zu beobachten Gelegenheit gehabt. Ich möchte das nicht als einen Beweis gegen die Annahme von dessen Bildung in flachen Gewässern ansehen, da es sicher ist, daß jede dergleichen entstehende Unebenheit von dem Gewicht der schwerflüssigen Solen, die sich zunächst dem Grunde der Gewässer sammeln, ausgeglichen werden würde.¹⁾ Mit der auffallenden Ebenflächigkeit der Schichten, dem Fehlen aller Fließrinnen etc. hängt auch offenbar die dünnplattige Schieferung und Bänderung dieses Gesteins zusammen und beweist das Vorhandensein schwerflüssiger Solen auch in den Gebieten, in denen salinische Absätze selbst nicht mehr zur bleibenden Bildung gelangten. Die Schieferung selbst ist natürlich auch auf eine wenn auch noch so schwache Substanzänderung der Anschwemmung zurückzuführen, deren Absatz keine Verwachsung mit dem Liegenden eingehen kann. Dies kann in Stoff- und Erhärtungsunterschieden tiefer begründet sein; in eben demselben Sinne wirkt aber auch der Absatz einer Fugeneinschaltung bei völligem Mangel von „Strömungen“, d. h. durch Niedersinken suspendierten Materials. Ausgeprägte Ebenflächigkeit verhindert jedenfalls die leichte Vermengung einander folgender Sedimentationsstadien, soweit Gleichgewichtsbewegungen diese verursachen.

Das Abfließen aller Solen von den Böschungen der flachen Randgebiete nach größeren Tiefen muß freilich selbst, eben wegen der spezifischen Schwere der Flüssigkeit, auch einen nicht unbeträchtlichen Materialtransport mit sich reißen; so sind Dolomite, Anhydrite, Mergel und Tone im Mittleren Muschelkalk wohl zu

¹⁾ Daß Wellenrippen nur bis zu einem gewissen Maß der Meerestiefe (sicher bis 200 m) beobachtet wurden, beweist nicht, daß die Bewegungen, welche sie erzeugen können, hier aufhören, sondern daß die Druckverhältnisse diese Bewegungen in ihren Wirkungen ändern bzw. beeinträchtigen.

gewissem Teil hierdurch selbst verschwemmt und zu Schichten ausgebreitet und ausgeebnet. Die Anschwemmungsdiskordanzen haben dabei offenbar einen sehr geringen Böschungswinkel. Ganz selten sind steilere Winkel; von Rothenburg o. T. erwähnte ich (S. 30) einmal einen solchen von ca. 25° in einer ca. 30 cm starken Bank.

Die gleiche Beobachtung, daß Wellenrippen im Mittleren Muschelkalk völlig zu fehlen scheinen, habe ich schon einmal (Geogn. Jahresh. 1901 S. 32¹) besprochen; die dort erwähnten schief durch das Gestein gehenden, parallelen, fast kapillaren Spältchen in Dolomitschichten des Hauptanhydrits halte ich für Anzeichen feinsten diskordanter Lagerung, welche ich in jenem Profil auch als seltenes Auftreten zu verzeichnen hatte.

7. In diesem Zusammenhang scheint es mir wichtig, auf die von mir im Zwischenanhydrit des Hauptsalzlagers von Kleinlangheim etc., sowie auf die im Liegenden des Hauptanhydrits befindlichen Fältelungen von feinen Anhydrit-, Ton- und Sandbänderschichten in den fränkischen und schwäbischen Bohr- und Schichtprofilen hinzuweisen. Es sind das auch Ausebnungs-Erscheinungen mit meist liegenden, zapfigen Faltungen im Innern einer bankartigen Ablagerung, deren Unregelmäßigkeiten weder im Hangenden noch im Liegenden mehr zu erkennen sind. Man hat diese Dinge in der salinischen Formation als Folgen von Auslaugungen etc. angesehen; ich war aber schon alsbald zu der Überzeugung gelangt, daß es primäre Rutschungen vor Ablagerung des Hangenden sein müßten; ich glaubte, die Ursache sei in Verstärkung der Untergrundsneigung etc., also in tektonischen Ereignissen zu sehen. Es ist hierbei aber auch die andere Möglichkeit in Betracht zu ziehen und dabei zu bedenken, daß in jenen Schichten mit diesen Äußerungen sich die Zeit starken Lösungsrückgangs kundgibt mit Annagungen des Salzlagers durch eindringende süße Gewässer etc. In der darauffolgenden Periode zeigt sich erst wieder eine außerordentliche Salzausscheidung, deren Zunahme sich als Wasserabnahme bemerkbar machen muß. Vorher könnte sehr wohl das Gewicht stärkerer und plötzlicher Zunahme der Wassersäule sowohl jene Bewegung verursacht, als auch dabei den ungestörtesten Zusammenhalt der gebogenen Schichten verbürgt haben. Es mußten aber dann notwendig sehr starke Zerbröcklungen bei solcher Faltung eintreten, wenn z. B. das Salzbecken zum großen Teil ausgetrocknet gewesen wäre und man in Hinblick auf die S. 67 zitierten allgemeinen Anschauungen von REYER und FUCHS annehmen wollte, daß die Randteile nun nach dem Tiefenzentrum zu gerutscht seien. Es könnte wiederum etwas derartiges auch auf eine rasche und völlige Entsolung eines salinischen Beckens zurückgeführt werden, wie z. B. bei dem Eintritte der Oolithperiode zwischen Hauptanhydrit und Hauptsalz mit Zerbröckelungen (vgl. Geogn. Jahresh. 1901 Taf. I Fig. 1, S. 36, 95 und 121). — Dies sind also nicht Entstehungen, sondern Ausebnungen von Ungleichheiten des Bodens, welche besonders hinsichtlich der chemischen Entstehung der Schichtstoffe Folgen von Bewegungen am Grunde der Wasserbecken sein müssen.

8. Die typischste diskordante Lagerungsstruktur findet sich in den Myophorien-schichten, wenn auch nicht sehr reichlich. Eine Geschiebelage und eine starke Bodenausnagung ist auch als vereinzelt, aber doch stetige Erscheinung hier zu erwähnen. In den unteren Myophorienmergeln erscheinen die Myophorien, da sie mit den Schalenwölbungen häufigst nach unten gekehrt sind, als in ruhiger, vielleicht dickschlammiger Wasserbewegung niedergesunkene Schälchen. Doch sind die stärker kalkigen Bänkechen in den oberen Lagen der Myophorienschichten Anschwemmungen von größeren Mengen, wobei eine feine Detritusbildung auch den

Lösungsgehalt vermehrt.¹⁾ Wirkliche Fossilinseln nach Art der schmalen Laib- und Schlangensteine in Ausnagungsrinnsalen sind dabei nicht selten und beweisen in erhöhtem Maße den Verschwenmungsvorgang; es kommen übrigens solche Rinnsal-, Wellenfurchenausfüllungen ganz ohne Fossilien auch hier nicht selten vor.

9. Stark und reichlich wechselnd sind die Anzeichen meist feinerer diskordanter Lagerung in den oolithischen Schaumkalkschichten; Ooide und Schalen sind offenbar von verschiedenen Regionen her zusammengeschwemmt. An seltenen Stellen zeigt sich durch das Bestehen von stromatolithischen Bildungen im Schaumkalk auch eine autochthone oolithoide Ausscheidung. Schalen oder Schalenfragmente fand ich seltener oolithoid überkrustet, wie dies in den Oolithen des unteren Hauptmuschelkalks der Fall ist. Die Oberfläche der Schaumkalkbänke ist nicht selten mit dem Relief sehr breiter Wellenberge ausgestattet, was sicher nicht auf eine flache und schwache Strömung schließen läßt. Stärkerer Wellenschlag an Riff-artigen Ausnagungen des Untergrundes, dessen Wirkung durch die Stoßbewegung oft über faustgroßer, harter Kalkgeschiebe unterstützt ist, ist überall festzustellen. Die Entstehung dieser auf starke Zerstörung des Liegenden hinweisenden Geschiebe ist einerseits auf die reichliche Durchbohrung bei der der Schaumkalkanschwemmung voraufgehenden massenhaften Besiedelung des vorher sterilen Meeresgrunds mit bohrenden Organismen, andererseits auf die sich hier anschließenden weiteren Durchnagungen, Unterwaschungen und die Zertrümmerungen durch vielfach lokal hierauf erfolgende Bodenbewegungen (gesprengte Kalke, vgl. unten S. 149) zurückzuführen.

10. Im großen und ganzen gilt das für den Schaumkalk Gesagte auch für alle Fossilienbänke des tieferen Wellenkalks.

Fast überall haben wir als Vorboten der Faunen im unmittelbaren Liegenden der Fossilienbänke eine oft ausnehmend dichte Besiedelung mit bohrenden, sedentären, auf Zuschwemmung der Nahrung angewiesene Organismen, denen sich auch oft andere schwächere Anzeichen einer autochthonen Fauna zugesellen. Sodann beginnt die darüber liegende Bank mit häufigst sich beimengenden Kalkgeschieben, als Zerstörung des eben erst besiedelten Grundes, mit Anhäufungen von Crinoidenstielgliedern und Brachiopoden-Schalenfragmenten, die auf einen zerstörten und verschwemmten Crinoidenwald etc. hindeuten lassen; dann folgen Brachiopoden- und Bivalvenschalenreste mit geschlossenen beiden Klappen, die wohl keinen sehr weiten Weg auf dem Meeresgrunde gemacht haben, aber sicher alle mehr und weniger transportiert sind, deren Aufhäufungen durch Strömung und Wasserdruck zu bankartigen Anschwemmungsmassen ausgeglichen sind. Pflanzenbesiedelungen nicht zu tiefer Meeresgebiete, denen die sedentären tubikolen Anneliden zeitlich folgen, scheinen der Beginn der faunistischen Schichtepisoden gewesen zu sein: darauf folgten dann die übrigen Faunenbestände, von denen die Existenzmöglichkeit der einen die der anderen in gewissem Maße voraussetzen,²⁾ bzw. gleichzeitig die einer anderen ausschalten kann.

¹⁾ Der Myophorien-Stromatolith enthält nur Schalenfragmentchen, wenn er überhaupt Einschlüsse mit sich führt; die ganzen Schälchen in den Fossilinseln etc. erscheinen aber nicht überkrustet; der Stromatolith ist autochthon, die Schalen sind beigeschwemmt; es könnte aber die Ansicht vertreten werden, daß die Lösung ihren Kalkgehalt, der sich in dem „Sinter“ äußert, aus einer Auflösung von Schälchendetritus in großen Massen bezogen haben.

²⁾ An einzelnen Stellen habe ich wohl die Bohrröhrenchicht ohne die hangende Fossilien-schicht beobachtet; R. WAGNER beschreibt auch von der Oolithschicht β der Umgebung von Jena zwei Fazies, die eine „blaue“ mit Bohrröhren, die andere ist der eigentliche Fossilienkalk mit Oolithbeimengungen;

11. Die Terebratelbank des Wellenkalks in Franken ist wieder in anderer Hinsicht für die Fossilienbänke des Muschelkalks vorbildlich. Auch bei dem massenhaftesten Vorkommen von Terebrateln zeigt die Bank sehr starke Beteiligung von ebenso homogen zusammengehäuften und in Schmitzen eingelagerten Stielgliedern von Krinoiden, welche oft fast die ganze Mächtigkeit der Bank einnehmen, aber auch durch einen gleich mächtigen Schalenrümmerkalk ersetzt werden; hier zeigt sich wieder der Vorgang der Lösung, Ausstreuung und Mischung der Gliederchen, der Bildung von lagenartigen Einschaltungen, sogar von schlammigen Schmitzen und Detrituszügen unter starken, horizontal bewegenden Einflüssen. Sonach darf man sich die Bildung der Terebratelbänke nicht so vorstellen, als ob in einer gewissen, verhältnismäßig kürzeren Zeit ein Individuum auf den Schalen von abgestorbenen über der ungeheuren Fläche des Wellenkalkgebiets gelebt hätten; man muß vielmehr diese „gewisse“ Zeit sich sehr vervielfacht denken, um leicht einerseits die große Zahl der Individuen zu erhalten, die auf verhältnismäßig geringem, öfters wechselnden Flächenraum nur an vielen besonders günstigen Örtlichkeiten gelebt haben, um andererseits aber auch die Zeit einer langsamen und gleichmäßigen Ausstreuung des so entstehenden Schalenabfalls zu der bankartigen Schalenanhäufung für die Berechnung zu gewinnen. Es muß auch an reichlichen Platz für die den sedentären Krinoiden und Terebrateln zur Ernährung dienenden, tautochthonen und herangefluteten Organismen gedacht werden.

12. Es wird aber das auch hervorgehoben werden zu müssen, daß mit dem Faunenaufreten auch stärkere, mindestens anders geartete und gerichtete Wasserbewegungen mit Massenanschwemmungen bzw. -umlagerungen und mit Abtragungen des Untergrundes etc. eingetreten sein werden. Feinere Lagerungsdiskordanzen, wie sie der Schaumkalk häufig zeigt, fehlen zwar den übrigen Fossilbänken nicht ganz, sind aber doch seltener; dies mag aber auch darauf zurückzuführen sein, daß das feiner körnige Material und somit auch die Stoffscheidungsöglichkeit nach verschiedener Korngröße fehlte. Die Oberfläche der Ecki-Oolithbank zeigt indessen öfters wie die Schaumkalkbank ein breitzüiges Wellenrelief (vgl. Taf. VII Fig. 10).

13. Die Grundströmungen bzw. die Fließbewegungen des Wassers auf dem Meeresgrunde äußern sich nun auch in der Erweiterung bzw. der Ausfüllung der oft mit Fossilien gefüllten schmalen Rinnen der späteren Schlangensteine in offenbar vereinzelteren Wasserläufen von geringerer Stärke auch in den Schichten zwischen den Fossilienbänken, d. h. in den Wellenkalkschichten der gewöhnlichen Form, zu welchen wir jetzt übergehen.

14. Als Massenanschwemmungen von Ton- und Kalkschlamm in träger Strömung nicht zu tiefen, aber jedenfalls nicht zu seichten Gewässern erweisen sich nun die typischen Wellenkalkschichten. Es ist kein Zweifel, daß die Wellenskulptur der Schichtflächen, die bis zu einer außerordentlichen Feinheit der Wellenrillen, wie sie

sie kommen über und nebeneinander vor; das ist so zu verstehen, daß die Liegendschicht mit Wurmrohre auch ohne die Fossilienbank auftreten kann, daß andererseits durch die Bildung der Fossilien-schicht und ihre zum Teil stürmische Ablagerung auch die liegende Röhrenschiebt bei ihrer leichten Zerstörbarkeit völlig weggerafft sein kann. Im strengen Sinne sollte man dabei nicht von einer Fazies sprechen. — Es ist hervorzuheben, daß die Bohrröhren ihrer Füllung nach trotz ihrer Lage in der Liegendschicht integrierende Teile der Fossilien-schichten sind, wie sie auch z. B. in der Mitte und im Hangenden des Schaumkalks sich wiederholen können; so gehören auch die Rhizokorallen, identische Bildungen (vgl. unten), stets ihrer Substanz und ihrem Festigkeitszusammenhang nach der Hangendschicht an und können sich in einer schwachen einheitlichen Bank in mehreren Unterabsätzen wiederholen.

sonst nicht oft zu beobachten ist und so häufig in aufeinanderfolgenden Schichten gleiche Richtung, ja eine Allgemeinrichtung erkennen läßt, die gleiche Entstehung hat wie die bekannte der Rippelmarken.¹⁾ Der vorhandene Unterschied könnte vielleicht darauf zurückzuführen sein, daß es sich hier um einen Kalk-Tonschlamm handelt, der an und für sich außerordentlich wenig zur Bildung scharfkantiger Wellenkämme geeignet sein müsse, da seine Bewegung in Gewässern gewöhnlicher Beschaffenheit zur Erzeugung einer dicken muddeligen Trübe über dem Boden neigt, welche jeder scharfen Wiedergabe der Oszillationen der Bewegungen sowohl an und für sich widerstrebt, als auch endlich durch den Niederschlag der suspendierten Teile solche wieder verschlemt und verwaschen werden. Die Vorbedingung einer wohl ausgebildeten Wellenskulptur scheint mir eine gewisse Stoff-scheidung zwischen der bewegenden und bewegten Masse zu sein. Hiermit ist auch eine Vorbedingung gegeben, welche DE CANDOLLE für die Entstehung von Wellenfurchen für notwendig hält, nämlich die Möglichkeit einer Reibung der bewegenden Masse als solche an der bewegten als solche, wobei letztere die größere Kohäsion besitzen muß; DE CANDOLLE hat mit Wasser noch Wellenfurchen auf Teer hergestellt, was mir überhaupt für die Beurteilung der Wellenkalkrippeln von Wichtigkeit scheint. Das Vorhandensein einer starken Trübe über der sich bewegenden Bodenmasse scheint mir daher bei der Entstehung der Wellenkalkrippeln vollständig ausgeschlossen. Es mußte daher der Wellenkalkschlamm sich bewegt haben fast ohne Trübe; aber allzu zähflüssig darf er doch nicht angenommen werden wegen der zum Teil außerordentlichen Zartheit der Skulptur und weil die feinen Tonzwischenlagen doch auch für eine gewisse Suspension feinsten spezifisch wohl separierter Teilchen sprechen.

Wenn nun trotz obigem eine solche zwar etwas modifizierte, aber doch oft sehr feine Wellenskulptur im Wellenkalk auftritt, so halte ich das nun dadurch für verständlich, daß das Wasser des Wellenkalkmeeres ein spezifisch schweres, solenartiges war, welches die Trübungen niederfällt (vgl. auch hierzu Geogn. Jahresh. 1901, S. 112)²⁾ und zu Boden drückt. Ich halte dies dadurch noch für begründet, daß erstens in den eigentlichen Wellenkalkschichten, abgesehen von dem häufigeren Auftreten von Wurmsiedelungen, welche als rasch wieder unterbrochene Anfänge weiterer Besiedelungen anzusehen sind, sonst kein irgendwo bemerkenswertes organisches Leben nachzuweisen ist, daß zweitens die vielerwähnten „Pseudomorphosen“, seien sie nun nach (Gips), Zölestin oder Baryt, in ihrer großen Verbreitung eine ausgedehnte Mineralisierung des Wassers andeuten, welche notwendig dem Wasser eine beträchtliche Erhöhung des spezifischen Gewichtes zuerkennen lassen; drittens haben wir im Hangenden und Liegenden des Wellenkalks entschieden salinische Ausscheidungen, nach M. SCHMIDT sogar gelegentlich Steinsalzpseudomorphosen im untersten Wellenkalk (l. c. S. 9) wie im Röth; es wurde auch die Streichrichtung der Wellenrippen mit jenen im Buntsandstein annähernd gleichartig befunden.

Die gerundeten Wellenkämme der breiteren und auch der schmäleren, oft

¹⁾ In dem Geogn. Jahresh. 1901 S. 117 habe ich in einem Kapitel über die mögliche Bildungsart der Schichten der Anhydritgruppe, des Wellenkalks etc. bei Besprechung der Wellenkalkbildung zu sehr Nachdruck auf etwaige in der Vertiefung der wellig-netzförmigen Tonanschwemmung eintretenden Kalkausscheidungen (statt Kalkanschwemmungen) gelegt, welche beide zusammenwirkend angenommen werden müssen (vgl. oben S. 73).

²⁾ Es wurde oben S. 110 schon erwähnt, daß nach verschiedenen Forschungen im Meerwasser nicht so sehr ClNa und ClK als vielmehr MgCl₂ und MgSO₄ klärend auf die Trübe wirken.

nur 2 mm messenden Wellenrillen halte ich auch für Folgen des Druckes spezifisch schwerer Bodensele. Die erwähnten schmäleren Rillen könnten als eine Wirkung der zarteren Ausgleichs-Bodenströmungen bei nicht zu stark auflastendem Druck der Wassersäule in Kombination mit den physikalischen Eigenschaften des bewegten Materials betrachtet werden. Es ist nach BERTOLOLYS Zusammenfassungen die Entfernung der Rippelmarken auch abhängig von der Geschwindigkeit der sie erzeugenden Strömung und zwar direkt proportional dieser, sowie der Korngröße und dem spezifischen Gewicht der bewegten Masse; bei langsamer Strömung, geringer Korngröße und hohem spezifischen Gewicht der bewegenden Masse sind daher geringer entfernte und wenig hohe Rippelmarken zu erwarten. Andererseits werden diese um so geringer je größer die Wassertiefe ist. — Dies sind also Umstände, wie sie für den Wellenkalk gelten können, wie sie für ihn wahrscheinlich gemacht oder gefolgert werden können.

15. Hiermit scheint mir nun auch zugleich die im großen und ganzen auffällige Dünnschichtigkeit der Wellenkalkplatten bei verhältnismäßig so geringfügigen Toninterpositionen in mancher Hinsicht erklärlicher. Je weniger der Bodensatz aufgerüttelt wird, desto rascher wird eine gut abgegrenzte konkretionäre Erhärtung mit Einschluß mineralischer Lösungen in ihm sich abschließen. Ich erinnere hierbei an die von mir im Geogn. Jahresh. 1901 Taf. I Fig. 3 gegebene Abbildung einer Einlagerung von anhydritischem Ton, Anhydrit und Sand im Salz von Burgbernheim, wobei nicht nur die verschiedenen Gesteinsarten in feinsten Zwischenlagen abgesetzt sind, sondern auch die Sandschicht die allerfeinsten Diskordanzstreifen mit Tonzwischenschaltungen erkennen lassen; auch sonst sind nicht leicht die Anzeichen des Bänderungsabsatzes feinstreifiger wiederzusehen als in dem auch massigeren Absätzen von Anhydrit von Kleinlangheim z. B., in denen wie überall die feinsten tiefschwarzen Tonzwischenlagen besonders häufig und scharf begrenzt sind (l. c. Taf. V Fig. 6, Taf. II Fig. 1—4 lassen die Zartheit der Lagen kaum ahnen). Die Erscheinung zeigt sich auch in den Dolomiten dieser fränkischen Profile sehr schön; sie ist offenbar eine Wirkung der spezifisch schweren Lösungen, welche das Material zu feinen Blätterschichten transportieren bzw. am Boden während ihrer Fortbewegung ohne Aufwühlung des weichen Grundes niederdrücken.

16. Im Zusammenhang mit diesen Strömungsanzeichen ist nun die sogen. diskordante Parallelstruktur im Wellenkalk noch zu besprechen, d. h. die Äußerung einer sehr verschieden gerichteten Massen-Anschwemmung, wobei die Stirnränder ihrer Fortbewegung mit wechselnd steilen Böschungen abfallen. R. WAGNER gibt schon davon eine Abbildung aus dem Rosental bei Jena, HÄBERLE erwähnt sie aus dem Muschelkalk bei Heidelberg als häufiges Vorkommen; sie ist auch in Franken eine gar nicht ungewöhnliche Erscheinung, z. B. an jedem guten Aufschlusse in der Umgebung des Coen.-Ecki-Ooliths (im Liegenden ist sie besonders häufig, vgl. Taf. VII Fig. 9—10 und Taf. III Fig. 5). Auch im Liegenden der Schaumkalkbänke ist sie nicht selten (vgl. Taf. VIII Flg. 1 und Taf. VI Fig. 9). Sie unterscheidet sich im Maße der Böschungen und der Beziehung zu den Schichtdicken von dem bekannten Auftreten im Buntsandstein durchaus nicht.

Man muß sich nicht vorstellen, daß das häufige Auftreten der diskordanten Schichtung in den eigentlichen Wellenkalken gegenüber den Fossilienbänken ein Anzeichen für gerade hier sehr starke Strömungsantriebe bilde. Ich glaube, es liegt dies eher in Eigenheiten des angeschwemmten Materials; der Wellenkalkschlamm bildete an den Stellen, wo er zu steilen Böschungen Anlaß gab, schon

eine mehr zähflüssige Masse, die sehr langsam vorwärts rückte. Die steilen Teilböschungslagen wurden während des Vorrückens durch schiefen Ansatz hier endlich steif und blieben stehen; für ihre dann (wenigstens in den Hangend- und Liegendflächen) rasche Erhärtung bringen wir unten Beweise, ebenso wie für ihren langsamen Nachschub. Letzterer ist begründet durch die Zähigkeit der Masse, die geringe Strömungsgeschwindigkeit und die geringe Allgemeinböschung des in den Teilböschungen jeweils wieder ausgeglichenen Meeresgrundes.

Was das hydrostatische Verhalten zähflüssiger Massen betrifft, so sei auf den Versuch E. REYERS in seinen „Geologischen Prinzipienfragen“ S. 160 Fig. 234 über die „magmastatische Ruhe“ einer Schlammsäule hingewiesen. Darnach kann auch der Seitendruck einer schwachen Wassersäule eine in Böschungslage befindliche zähflüssige Schlammschicht halten (vgl. auch in dem nächsten Kapitel S. 118.¹)

17. In einer lockeren Schalenmasse mit geringer schlammiger Beimengung und notwendig sehr langsamer Bindung der Teile gibt es kein langes Bestehen von steileren Böschungen, wenn sie je sich einmal bei plötzlicheren Vorschüben gebildet haben sollten. Infolgedessen zeigt sich hier nicht die großzügige Diskordanz der Wellenkalkschichten im engeren Sinne; was hier vielmehr eintreten muß, das ist eine raschere Ausgleichung zu weit flächenhaft verbreiteter, nur lagerhafte Einschaltungen und Wechsel zeigender, möglichst einheitlicher Bankkörper.

18. In diesem Zusammenhang ist auch an die Taf. VIII Fig. 8 dargestellte breite Erosionsfurche im Liegenden der Ecki-Oolithe, welche zu einer riesigen Schlangenstein-artigen Ausfüllung Anlaß gibt, zu erinnern.

Zusammenfassung zu Kap. 10. Es wurden hier alle in den verschiedenen Horizonten beobachteten Erscheinungen zusammengestellt, welche auf Bewegungsvorgänge am Boden des Meeres hindeuten und dann auch mittelbar Aufklärung geben können über alles, was autochthon ist, sei es an Absätzen anorganischen oder organischen Ursprungs. Böschungsschichtung, Wellenrippen, Ebenflächigkeit von Schichtplatten und Schiefen, Bankbildungen aus Schalenanhäufungen werden in vorläufiger Weise hinsichtlich der Möglichkeit ihres Auftretens unter größerem oder geringerem Druck der überstehenden Wassersäule geprüft, wobei auch die größere oder geringere Zähigkeit des Anschwemmungsstoffes, soweit dies nach vorliegenden Versuchsergebnissen möglich ist, berücksichtigt wird. Es muß hervorgehoben werden, daß in diesen Ablagerungen sich ein außerordentlich großer Umfang des Flächentransports äußert, was für spätere Auffassungen wichtig ist. Auch werden die Wirkungen des Drucks spezifisch schwerer Lösungen in Betracht gezogen.

Kap. 11. Über ausgleichende Faltungsbewegungen zu regelmäßig begrenzten Wellenkalkschichten.

1. Der Verfasser hat bei der Bearbeitung verschiedener Bohrprofile durch den mittleren Muschelkalk bis zum Röt von Kleinlangheim und Bergheinfeld auf sehr merkwürdige liegende Fältelungen in dem durch Ton und Sand gebänderten Anhydrit oder in den Anhydriteinschaltungen im Ton aufmerksam gemacht; er hat sie (vgl. l. c. 1901 S. 115) als Rutschungserscheinungen infolge von bestehenden Ungleichheiten des Untergrunds oder infolge von Verstärkungen der Untergrundsneigungen etc. behandelt. Der oben herangezogene Vergleich bezüglich gewisser

morphologischer Ähnlichkeiten zwischen Schichten der Anhydritgruppe und des Wellenkalks veranlaßt diese Erinnerung hier voranzuschicken.

2. Jene in der Anhydritgruppe beobachteten Erscheinungen zeigen sich auch im Wellenkalk Frankens in durchaus nicht seltenem Auftreten, aber in meist sehr verstärkten Dimensionen. Davon geben Taf. VII Fig. 2—3, Taf. VIII Fig. 1 aus dem Liegenden der oberen Schaumkalkbank und Taf. III Fig. 5 und Taf. VII Fig. 4, 5 und 9 aus dem Liegenden und Hangenden der Terebr.-Ecki-Schicht eine Anschauung. Ich erwähne hier, daß mir solche „Wicklungen“ und zapfenartigen Überfaltungen aus dem oberen Buntsandstein Frankens und der Pfalz,¹⁾ sowie aus den Cuseler Schichten der Rheinpfalz bekannt sind, weiter, daß ich die sogen. krumme Lage in den Solnhofer Plattenkalken (vgl. JOH. WALTHER, Haeckelfestschrift) in die Reihe der gleichen Erscheinungen rechne, ebenso einzelne der Gekrösekalke, welche E. KOKEN aus dem oberen Muschelkalk am unteren Neckar (Zentralbl. f. Min. etc. 1902 Nr. 3) beschreibt (vgl. S. 67); auf R. WAGNERS Beobachtungen komme ich unten zurück.

Diese meist liegenden Fältchen oder Faltenzapfen, die sehr häufig als nach drei Seiten ausgebreitete, überschiebend gelagerte Schichtplattenpakete auftreten, werden bzw. ihre Unebenheiten in den meisten Fällen nach oben zu ausgeglichen, nicht nur, daß die Vertiefungen durch fortschreitende Sedimentation und Rutschungsnachschübe während der Faltungsbewegung nach oben zu ausgefüllt erscheinen, man hat vielmehr auch das Bild, daß je eine Zapfenüberschiebung neben und über einer etwas älteren oder fortgeschritteneren nach jener Seite hin erfolgt, auf welcher die andere einen Platz, eine Vertiefung läßt; die liegenden Falten gleichen also selbst aus.

Es scheint, daß hie und da schon die Ungleichheit des Sedimentierungsniveaus hierfür in erster Linie maßgebend war; so zeigt sich in Fig. 10 Taf. III eine Rutschungsfaltenaufbiegung am Vorderrand der Anschwemmung über einer schief abradierten Unterlage und diese Falte erscheint als Ursache einer stark diskordanten Schichtung, welche sich konkordant an die Außenfläche der Auffaltung anlegt.²⁾ Fig. 8 bietet ein vergleichbares Bild, soweit die spätere Abtragung es nicht gestört hat. Taf. III Fig. 5 zeigt Diskordanzen, Falten und Abtragungen in mehrfachem Wechsel bei verschiedenem Durchschnitt der Faltungsform. Taf. VIII Fig. 14b zeigt die Fältelungen an der Böschung einer stark diskordanten Aufschüttung, welche nach vorne und oben wieder angenagt ist und einer völlig ausgeebneten Lagerung im Hangenden Platz macht. Taf. VII Fig. 3 zeigt auch den Zusammenhang der liegenden Falten (mit eingeschalteten auskeilenden, nachträglich etwas gestörten, harten Bänkechen) und die damit vereinten und zum Teil davon abhängenden Diskordanzen in der Lagerung der einzelnen Schichtpakete.

3. Diese eigentümlichen Schichtfältelungen finde ich von R. WAGNER aus dem Rosental bei Jena, l. c. S. 31, gelegentlich der dortigen Konglomeratbildungen kurz erwähnt. Mit den Ursachen der Konglomerate bespricht er das Auftreten von Fragmenten großer fossilienführender Schichtplatten, welche in schiefer Lage gegen die Horizontale diskordant eingeschaltet sind, in deren Umgebung sich auch „Kräuselungen“ der Wellenkalkschichten bemerkbar machen. Da die Schichtplatten mit den Fossilien nichts von der Kräuselung erkennen lassen, so denkt WAGNER nicht an tektonische Ursachen, vielmehr an Bewegungen des Meeres, welche durch

¹⁾ Erläuterungen zu Blatt Zweibrücken 1903, S. 146—148.

²⁾ In einem anderen Schichtquerschnitt im Wellenkalk der Rhön beobachtete ich ein solches Bild, das zu beiden Seiten einer Auffaltung völlig symmetrisch war; die sich seitlich schief anlagernden Schichtchen stießen alle an der hangenden horizontalen Schichtfuge scharf ab.

Aufarbeitung und Zerstückelung die Verlagerung der schon gefesteten Platten verursachten; in ihrer Umgebung zeigt sich nach WAGNER die „intensive Bewegung des Meeres eben in der Kräuselstruktur der jene Platten umhüllenden gleichzeitig und nachträglich gebildeten Wellenkalke“.

Diese Beschreibung WAGNERS erinnert mich eindringlich an das Taf. VII Fig. 3 gegebene, für die Auffassung der Entstehung günstigere Bild, wo die ungefügigeren dicken Platten, ebenso zum Teil Fossilien führend, weniger gebogen, als steif gebrochen sind, aber hier von dem Faltungsvorgang doch mit betroffen wurden. Das gilt vielleicht auch für jene rasch erhärteten Fossilienbänke noch mehr. So halte ich die unregelmäßig diskordante Einschaltung solcher Bankplatten für Folgen der Böschungsfaltung, welche sich in den Wellenkalkschichten kundgibt, glaube aber auch, daß eine „Diskordanz“ schon vorher in gewisser Masse bestanden habe.

4. Es scheint mir nach allem zweifellos, daß diese Falten Folgen von Böschungsbewegungen sind, sowohl im Sinne der eingangs angeführten Worte, als auch in dem Sinne, daß die Böschungen der diskordanten Lagerung selbst an den Faltenschüben und umgekehrt diese wieder an starken Diskordanzen mit schuld sein können.

Indes glaube ich nicht, daß diese Bewegungen so ganz von selbst eintraten, dazu sind im allgemeinen die Böschungen nicht so stark und sie bilden sich schon unter dem Bestreben, eine Gleichgewichtslage zu erlangen, wenn letztere auch in der Schwebe ist. Ich glaube daher, daß neue Bedingungen hinzutreten müssen, welche entweder wie „Verstärkungen der Untergrundsneigungen“ eine tektonische Ursache haben oder auch vielleicht in während der Sedimentation eintretenden einseitigen Druckveränderungen der Ablagerungen begründet sein können. E. KOKEN erwähnt (Zentralbl. f. Min. etc. 1902 Nr. 3 S. 76) z. B. am Kurischen Haff Aufquetschungen von Teilen des noch weichen tonigen Haffmergels und Vermischungen mit sandigen Sedimenten durch den natürlicherweise einseitigen Druck von Dünen.

Zu weitverbreiteten Störungen etwaigen labilen Gleichgewichts an Böschungen submariner Massenanschwellungen inmitten des Wellenkalk-Ablagerungsgebiets können aber weniger so ausnahmsweise wirkende Ursachen, wie tektonische Bewegungen oder Uferbelastungen, herbeigezogen werden; so möchte ich hier zuvörderst auf die schon oben S. 67 angeführte, von TH. FUCHS geäußerte und von anderen Forschern bestätigte Ansicht zurückgreifen, welche betont, daß nicht allein durch die Wirkung der Ebbe und Flut eine „Unterströmung“ mit starkem Materialtransport in ansehnliche Tiefe hinab entstehe, sondern auch, daß nicht ausgeschlossen erscheine, daß bei den mit ihnen stattfindenden Störungen des hydrostatischen Gleichgewichts „unter dem gewiß mitunter immensen einseitigen Druck der angehäuften Wassermassen auch ganze Schichtensysteme in Bewegung gesetzt werden und eine entweder gleitende oder fließende Bewegung annehmen können“ (l. c. 1895).¹⁾

Solche Wirkungen dürften sich sehr weit in Meerestiefen hinaus erstrecken, wenn, wie z. B. die neueren Nachrichten über schwedische Feststellungen besagen, auch die tieferen, spezifisch schweren, an Salzgehalt reicheren Wasserschichten, welche

¹⁾ Auch das entgegengesetzte Phänomen ist hier hervorzuheben, daß nach REYER und TH. FUCHS bei tiefer Ebbe die an den flachen Uferböschungen abgelagerten Schlammassen „gewissermaßen ihres Widerlagers beraubt“ eine fließende Bewegung nach der Tiefe zu annehmen können. Dies gilt auch für rasche Beckenentleerungen (REYER, Theor. Geologie 1888 S. 484), zum mindesten bei nicht ganz flachen Uferböschungen. Hier seien auch die von K. ENDRISS (Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1889 Bd. 41 S. 101—102) beobachteten und zutreffend gedeuteten Erscheinungen erwähnt.

besonders in weiten untermeerischen Beckenmulden (den abflußlosen Becken der Kontinente vergleichbar) stationär sein können, der Ebbe und Flut folgen und dadurch bedeutende Störungen des Gleichgewichts zwischen Wasserdruck und Böschungslage der tieferen Sedimente hervorrufen müssen (vgl. Kap. 29 S. 198).

Von hoher Wichtigkeit ist schließlich die Tatsache, daß ein Teil dieser sich faltenden Wellenkalk-Schichten schon eine gewisse Weichheit der Masse derart überschritten haben mußte, daß eine Verzerrung oder eine Verwischung der feinwelligen Oberflächenskulptur nicht mehr eintreten konnte. Ich habe aber auch Funde gemacht, wo besonders in den inneren Kernen der Falten die Lagerungsfugen bis auf geringe Spaltenreste verschwunden waren, die Masse also offenbar noch einheitlich zusammengeknetet werden konnte.

5. Weiter ist zu erwähnen, daß gerade in diesen Falten in einer großen Zahl jene mehrerwähnten Mineralausscheidungen in kleinen Kriställchen stattfanden, daß also hier der Faltungsdruck einerseits die Lösungen nach den Firstlinien der Falten hinpreßte, wodurch sie hier konzentriert wurden, andererseits wegen der Unmöglichkeit eines einfachen seitlichen Austritts und Lösungsaustauschs durch die unter Druck stehenden zäheren Hüllen auch konzentriert bleiben mußten. Daß diese Auskristallisationen aber hier an gewisser Stelle vorzugsweise in den feintonig-schieferigen Zwischenlagen auftreten, das könnte auf Ausquetschung der Lösungen aus den Kalkplatten hinweisen, die vielleicht da erfolgen mußte, wo (vgl. Taf. III Fig. 7) eine Verdickung der Schenkel nach dem äußeren Scheitelpunkte zu beobachten ist.

An anderen Stellen ist diese Verdickung nicht erfolgt, was auch wieder auf die Überschreitung eines gewissen Grades der Beweglichkeit der Teilchen innerhalb der Schicht durch beginnende oder teilweise Erhärtung zurückschließen läßt. Eine gewisse Plastizität der Schichten ist überhaupt Voraussetzung der Entstehung solcher Falten, weswegen ich glaube, daß sie in Dolomiten nicht zu beobachten sein wird.¹⁾

Die in der Zwischenpause der Salzablagerung im Kleinlangheimer Profil beobachteten Überfaltungen könnten nach dieser unserer Ansicht auf die stark anwachsende und das untere Salzlager abschließende außerordentliche Süßwasser- vermehrung zurückgeführt werden, welche auf die (mit den inzwischen gehäuften diskordanten Sand- und Toneinschaltungen verbundenen) dünnen Anhydritschichten durch ihre Gewichtserhöhung so lange niederdrückend und seitlich ausquetschend einwirkte, bis eine Gleichgewichtslage in einer völliger ausgeebneten Oberfläche der Sedimente eintrat. Es ist anzunehmen, daß die gleiche Ursache, welche die Fältelung bewirkte, damit zugleich auch die rasch darüber erfolgende Horizontalität der Ablagerung erstrebte, daß hier in größerem Maßstabe nach der Sedimentierung das erfolgte, was in kleinerem Maßstabe während der Sedimentierung in einer noch nicht gebundenen Anschwemmung die Regel ist (vgl. S. 68).

6. Der vertikale Druck einer Wassersäule erzeugt bei in Böschungslage angeschwemmten Teilchen und lockeren Massen nur im Beckentiefsten eine wirkliche Horizontalität, d. h. er erzeugt so lange ein seitliches Ausweichen der Teilchen nach tieferer Lage bis ein solches nicht mehr möglich ist und hier Ruhelage eintreten

¹⁾ Von den in diesem Kapitel berichteten Erscheinungen ist mir Näheres von anderen Lokalitäten nicht bekannt geworden, wenn man nicht die von R. WAGNER l. c. S. 31 gegebene Beschreibung gewisser Lagerungserscheinungen zwischen d7 und d8 heranziehen will; ich werde hierbei an Taf. VIII Fig. 1 und Taf. VII Fig. 3 erinnert (vgl. oben S. 117).

muß. Eine „relative“ Ruhelage ohne vollständige Horizontalität kann dann eintreten, wenn der Druck der Wassersäule die Widerstände der Bewegung der Teilchen aneinander innerhalb einer mehr oder weniger lockeren Masse nicht überwindet. Die Teilchen bleiben in einer „vorläufigen“ Böschungslage (relativer Böschungswinkel), so lange der Druck der Wassersäule sich nicht vermehrt. Bei dann stärker anwachsendem Druck werden auch schon gebundene, aber noch plastische Lagen, die eine relative Ruhelage in der Böschung besessen haben, eine weitere Ruhelage einnehmen müssen, ohne ihren Zusammenhang aufzugeben oder eine Horizontalität zu erreichen. Es ist hierbei nicht aus dem Auge zu lassen, daß bei einmal gestörter labiler Gleichgewichtslage auch die in Bewegung kommende Sedimentmasse selbst und nicht mehr die Wassersäule allein die größten Wirkungen ausübt und so Zusammenbrüche von großem Umfang eintreten können.

Eine Beobachtung, die man in Städten im Winter machen kann, gehört in dieses Kapitel und sei wegen der möglichen Anwendung kurz skizziert; bei fallendem feinkörnigem Schnee kann je nach dem Abdachungswinkel eine wechselnd dicke Schneelage auf den Dächern in einer Gleichgewichtslage zur Ruhe kommen; beim Eintreten von schwachem, nicht andauerndem Schmelzen wird die Masse recht einheitlich gebunden, zugleich versetzt hiermit aber ein Teil des Tauwassers nach der tieferen Lage der Schneedecke; sie erzeugt hier 1. eine Rutschung mit Fältelungen der wie ein Tuch zusammenhängenden Schneedecke, welche 2. nur unter Abreibungen von einem höheren Teil der Decke stattfinden kann. Es ist nicht unmöglich, daß bei den im Wellenkalk zu beobachtenden Fältelungen auch manchmal der Druck der eingeschlossenen, nach unten wandernden spezifisch schweren Minerallösungen die Wirkungen der Wassersäule einleiten bzw. unterstützen (vgl. S. 132); auch möchte ich noch auf die hierbei stattfindenden Abreibungen in Vorbereitung für das folgende Kapitel (S. 126) aufmerksam machen.

7. Auf eine Beobachtung dieser Erscheinungen in einem anderen persönlichen Arbeitsgebiete werde ich an anderer Stelle zurückkommen; ich möchte hier nur noch auf die von JOHANNES WALTHER in „Fauna des Solnhofener Plattenkalks“ (Haeckel-Festschrift 1904 S. 149—150 und S. 213) abgebildete und behandelte „krumme Lage“ (vgl. die Abbildungen von C. W. v. GÜMBEL in „Fränkische Alb“ 1891 S. 265 bzw. S. 280 bis 281) kurz eingehen. Der Beschreibung nach liegt morphologisch und strukturell genau die gleiche Erscheinung vor, wie im Wellenkalk. Auch v. GÜMBEL und WALTHER haben den Eindruck, daß diese Bewegung durch Vorgänge während der Verfestigung des Gesteinsmaterials bedingt gewesen sei bzw. kurz nach Abschluß der Sedimentation eingesetzt habe. Wenn ein Hinweis J. WALTHERS auf gewisse Gipspseudomorphosen in gleichalterigen Mergeln bei Solmendingen die Vermutung eingeben konnte, daß nach Bildung der eigentlichen Plattenkalke der Boden vorübergehend mit Mutterlaugen erfüllt gewesen wäre, die bei späterer Wasseraufnahme und Fortführung auch mechanische Veränderungen des sie enthaltenden Gesteins veranlassen konnten, so ist für uns die Tatsache wichtig, daß die krumme Lage nach WALTHERS Worten „die Bildung der eigentlichen Plattenkalke abschloß und eine neue Phase der Gesteinsbildung und der Lebensverhältnisse einleitete“. Da nun nach JOH. WALTHER die ganze Fläche der Lagune der Plattenkalke zu Zeiten nahezu trocken lag und nur vorübergehend von einer schlammführenden Wasserschicht überschritten war, so müßte mit größerer Wahrscheinlichkeit die Änderung auf den Eintritt des Drucks einer stärkeren Wassermasse zurückzuführen sein, wie wir dies für die Faltungen im Wellenkalk annehmen.

v. GÜMBEL möchte die Entstehung auf die Pressung zurückführen, welche die Masse bei der kristallinen Ausscheidung der Kieselerde aus dem abgelagerten, schlammartigen Material erlitten hat. Weder diese noch eine verwandte Ursache kann für unsere Bildungen Geltung haben. — Es muß eine viel allgemeinere Ursache sein, welche diese Vorgänge hervorgerufen hat. Wenn nun v. GÜMBEL gerade in dem Profile von Mörsheim l. c. S. 280 darstellt, wie hier nach den Plattenkalken und ihrer höchst spezialisierten Fauna eine Tiefenwasserfauna mit Terebratelbänken, Krinoiden- und Kokkolithenlagen und mit reichen Ammonitenlagern auftritt, so kann hier nur an die Druckwirkung einer gewaltigen marinen Überflutung gedacht werden, welche erstens Plattenkalke in stärkerer Böschungsschichtung ablagerte und zweitens diese wechselndem Druck aussetzte. Solches ist in erster Linie in den Wasseranhäufungen selbst zu suchen, nicht etwa in Senkungen; die horizontale bzw. gesamt konkordante Lagerung über und unter den Stauchungsschichten, die rasche Ausgleichung zur Horizontale legt doch lediglich eine Episode der Sedimentation selbst ohne Änderungen in der Erd feste nahe. Die Wasseranschoppungen können dabei von der ozeanischen Seite oder von der kontinentalen in gleicher Weise abgeleitet werden, und es ist in jedem Falle zu entscheiden, welches der beiden Gebiete hiezu beiträgt; für unsere Fälle dürfte nur eine ozeanische in Betracht kommen.

8. Es wurde oben S. 118 Anm. darauf hingewiesen, daß auch ähnliche Bewegungserscheinungen bei Verminderungen des Druckes stattfinden können. Die Komponente des Seitendrucks der Wassersäule aber, welche berganwärts den Böschungen entgegenwirkt und zu ihrem Gleichgewicht mithilft, besitzt jedenfalls geringere Kraft als die, welche im Sinne der Böschungslage drückt; es kann der Abzug der ersteren nicht solche starken Faltungsfolgen haben; eine Verringerung der Wassersäule wäre in unserem Gebiete wohl nur denkbar als Folge einer außerordentlichen Verdunstung, welche aber in jeder Tiefenregion eine starke Anreicherung schwerer Sole verursachen müßte, welche wieder den Schiebungen nach unten sich entgegenstellen würde.

9. In erster Zusammenfassung ist also zu bemerken: Die ausgleichende Faltungsbewegung oder die Böschungsfaltungen finden innerhalb eines später normal, im Hangenden und Liegenden horizontal begrenzten Schichtpaketes mit diagonal geordneter, schiefer Anwachsschichtung der dünnplattigen Wellenkalklagen statt, d. h. jene Bewegungen führen die einzelnen zu einer Bank vereinigten, einem Schichtwachstum angehörigen Teillagen aus; sie bewegten sich nach bestehenden Vertiefungen und die über ihnen entstehenden Unebenheiten wurden alsbald wieder ausgefüllt. Wenn man sagt „alsbald“, so darf man hiermit nicht die Zeitbegriffe starker fluviatiler Strömungen verbinden: 1. konnten die in schiefer Böschungslage befindlichen Teilschichten für sich schon, wenigstens in der hangenden und liegenden Grenzfläche, einen nicht unbeträchtlichen Grad der Festigung erreichen; 2. sind die Bewegungen mit Erhaltung des Zusammenhangs offenbar sehr langsame gewesen; 3. blieben die Böschungen auch lange für sich bestehen bzw. war der Böschungszuwachs ebenso ein sehr langsamer. Immerhin ist festzuhalten, daß man es mit einem Vorgang innerhalb der Entstehung eines Schichtkörpers zu tun hat, welche dem Vorgang einer Schichtanschwemmung mit steter Ausgleichung des lockeren, weniger leicht sich bindenden, lückigen Materials, z. B. von Schalen, mit zahlreichen nach allen Seiten hin stattfindenden Verrutschungen und öfters erneuten Auseinanderstreuungen der Bestandteile als völlig gleichwertig erachtet werden muß.

Was speziell die Wellenkalkschichten betrifft, so können in Schichtlagen so feinen Schlammes die beobachteten recht steilen Böschungen nur dann so häufig bestehen bleiben, wie es der Fall ist, 1. bei großer Ruhe des gesamten Ablagerungsbereiches, was wohl auch auf eine gewisse Tiefe des Ablagerungsbodens schließen läßt; 2. bei raschem Beginn von mindestens einer Krustenerhärtung in den einzelnen Teillagen, welche sogar schon verhinderte, daß die nachfolgende in gleicher Böschungslage aufgesetzte Teillage auf die vorhergehende verschiebend drückte; 3. mag hierzu noch treten, daß vor der Böschung, also von der tieferen Senke her die größere Masse auch spezifisch schwererer Flüssigkeit stauend wirkte. — Trotz dieser Momente konnte die labile Gleichgewichtslage nur eine sehr empfindliche sein, so daß bei geringeren Änderungen nur einer dieser Umstände die Masse wieder zur Erreichung eines stabileren Zustandes in Bewegung geriet.

10. Es ist hierbei auch zu betonen, daß die eigenartigen Wellungen in den Kalkmergeln der Ostrakodenschichten, welche wir oben S. 66 besprochen haben, ganz gleichartige Erscheinungen sind; sie unterscheiden sich nur dadurch, daß sie in verhältnismäßig flach liegenden, wenigstens nicht diskordant struierten Schichten stattfanden. Da die Schichten hier schon fester waren, so muß die Druckwirkung recht groß gewesen sein; im Einklang hiermit sehen wir gleichzeitig mit den Ostrakodenschichten im Südbezirk¹⁾ den oberen Abschnitt der massigen Trigonoduskalke angeschwemmt. Wir sind berechtigt, beide Bewegungswirkungen auf eine und dieselbe Ursache zurückzuführen und fügen nur hinzu, daß das Auskeilen der Trigonodusschichten auf kurze Entfernung hin eine gewisse höhere Böschungstärke mit sich führen muß, welche die Faltungswirkungen auf die über dem Trigonoduskalk liegenden Ostrakodontone unterstützt.

11. Andererseits würde mit einer Abnahme der Komponente von innen und unten auch der Druck von oben sehr bedeutend abnehmen; es würden so gut erhaltene Faltenumbiegungen in den Plattenpaketen des Wellenkalks von so ungleicher Dicke zu den größten Seltenheiten gehören; Zerberstungen, Zerbröckelungen und Zerreißen müßten aber die Regel sein, welche allerdings auch unter Annahme stärkeren Druckes noch oft genug eintreten müssen (S. 163).

Zusammenfassung zu Kap. 11. Die ausgleichenden Faltungsbewegungen, welchen im Wellenkalk eine große Verbreitung zukommt, welche aber auch in anderen Formationen, im Oberen Jura und Röt Frankens, im Permokarbon der Pfalz nicht selten sind, treten offenbar hauptsächlich als seitlich gerichtete Rutschungen in noch plastischem Zustande der Platten an stärkeren Böschungen diagonaler Schichtung unter Hinzutreten von Wasserdruckvermehrungen auf, welche die labile Gleichgewichtslage dieser Ablagerungsart stört. Sie könnten mit den in den Ostrakodenschichten oben behandelten Faltungen zusammen besprochen werden, zeigen aber wichtige Einzelheiten. Die Bewegungen fanden auch hier in halbplastischem Zustande statt, wobei die äußere Schichtrinde offenbar schon in vielen Fällen eine gewisse Festigkeit erlangt hatte; vgl. auch die Zusammenstellung unter Kap. 27 S. 191.

Kap. 12. Über sogenannte Schlangensteine im Wellenkalk.

1. Unter diesem von den Steinbrucharbeitern gebrauchten Namen verstehe ich aufrecht stehende, mehrere Wellenkalkplatten quer durchsetzende, sehr langgestreckte

¹⁾ Vgl. Profil Rothenburg o. d. Tauber S. 18.

schmale, schlangenartig gewundene und meist mehr hohe als breite Gesteinskörper. Ein großer Teil der noch zu beschreibenden „Pseudomorphosen“ vorkommen sind an diese auffälligen, an den Wellenkalk geknüpften Gestaltungen gebunden.

Bruchstücke dieser Gebilde findet man in fast allen Wellenkalkaufschlüssen als solche länglicher Knollen von meist dreiseitigem Querschnitt mit einer regelmäßigeren, deutlicher hervortretenden, flachen oder etwas flach eingetieften Seite, welche sich oft als Schichtflächenteil mit feinen Wellenfurchen erweist; die gegenüberliegende Spitze ist meist etwas abgerundet. Jene obere Seite sieht man auch oft in Brüchen auf bloßgelegten Schichtflächen des häufigst zu Beschotterungskies benutzten, kleinbröckelig zerfallenden Wellenkalks; hierbei erkennt man, daß diese Fragmente langen, zwar nicht ganz gleichmäßig aber doch nicht sehr wechselnd breiten Zügen eines Kalkgebildes angehören, das in mehr oder weniger gewundenem Verlauf, scharf gegen die angrenzende Schichtfläche abgefugt, mit seiner Oberfläche dennoch diese Schichtfläche einhält und augenscheinlich der allerletzten, ein gemeinsames Wellenrelief der Schichtfläche erzeugenden Ausebnung angehört; es kommt nicht selten vor, daß das Ende dieser Gebilde sich auffällig einkrümmt, wobei es sich aber, an Höhe abnehmend, nach dem Niveau der hangenden Fläche emporhebt.

Von Interesse ist die Art, wie diese in der Vertikalen verstärkten, also meist ziemlich hohen Gebilde im Schichtenverband eingefügt sind; sie stehen darin senkrecht und stoßen, da die einzelnen plattigen Wellenkalklagen relativ dünner sind, je nach ihrer Höhe an drei oder auch, wie ich einmal zählte, an zehn solchen Lagen mit ihren beiden Seitenflächen ab; und zwar sind sie hier in ihrer ganzen Höhe so völlig von diesem Komplex und der Überschicht abgetrennt, daß sie als Fremdkörper wie hereingenagelt scheinen; man vergleiche hierzu die Abbildungen Taf. VIII Fig. 10—12, Fig. 1 und 1a und Taf. VII Fig. 1. Die seitlich anstoßenden Schichten sind meist nicht völlig glatt, sondern stehen ungleich gegen die Flanke des Schlangensteins vor; deswegen entspricht ihnen auf dessen Seitenflächen ein manchmal deutlich ausgeprägtes Horizontalrelief; selbst an isoliert gefundenen Teilen kann man leicht durch Anschliff nachweisen, daß dieses Horizontalrelief mit irgend einer Anordnung im Körperinnern nicht zusammenhängt, daher der Schluß gezogen werden darf, daß die austreichenden harten Schichtkörper in ihren Querschnitten die älteren, für die Form des Steins maßgebenden Flächen gewesen sein müssen. Die Schlangensteine lassen nun auch oft auf ihren Seiten kleine Rutschflächen mit vertikalen Streifen erkennen; so könnte man glauben, daß sie als härtere Körper in die noch weiche Unterlage nach der Art, wie man sich früher und sogar auch hie und da noch jetzt die Styolithen entstanden dachte, eingesunken wären, wozu man vielleicht auf S. 77—78 meiner Studie über Styolithen hinweisen könnte (Geogn. Jahresh. 1901).

Es müßte dann Doppeltes der Fall sein; der zapfenartige Körper müßte dann entweder einer oberen Schicht angehören, die noch im Zusammenhang mit ihr ist oder von der er nachträglich noch abgebrochen und durchgedrückt wäre; diese Forderung geht aus meinen Darstellungen hervor (z. B. l. c. 1902 S. 162), und ich lege Wert darauf, auf eine Stelle bei ZELGER 1867 aufmerksam zu machen, welche sagt, daß „das Vorkommen solcher Bildungen wie Styolithen offenbar in der Genesis der ganzen Bank seine Ursache haben muß, nicht aber durch einzelne zufällige Momente in derselben ihren Entstehungsgrund haben könne.“¹⁾ Dies würde für

¹⁾ Hiermit ist das Einsinken einzelner konkretionärer Erhärtungen mit und ohne Petrefakten-

die Schlangensteine in höchstem Maße gelten müssen, es fehlt aber der Nachweis jedes Zusammenhangs mit dem Hangenden,¹⁾ insbesondere mit einer flächenhaften Schicht; vielmehr ist offenbar das unmittelbar Hangende dieser Vertikaleinschaltung in den allermeisten Fällen in Anschwemmung mit regelmäßig wellenförmiger Bewegungsart erst gebildet, nachdem die merkwürdigen Schlangenzapfen schon fertig waren. Die neuen Schichten legen sich sogar bei benachbarten Vorkommen (wie Fig. 11 Taf. VIII zeigt) derart an, daß eine Schicht das Hangende für einen Zapfen bildet, aber verdünnt bis zum nächsten Zapfen reicht und an ihm abstößt, der wieder erst von der nächst höheren Schicht unmittelbar bedeckt wird; es ist das eine (allerdings flache) Ablagerungsdiskordanz innerhalb der Wellenschichten, die gerade in dem Steinbruch O von Marktheidenfeld (Taf. VII Fig. 10) in stärkerer Ausbildung ziemlich häufig ist, woher eben das in Taf. VIII Fig. 11 gegebene Bild stammt. — Es ist natürlich, daß sich solche vertikal eingeschalteten Zwischenkörper in Bezug auf die Zusammensetzungen und -drückungen in den Zeiten der Diagenese, der chemischen und dynamischen Metamorphose, welche die seitlichen Schichtpakete, Schiefertone und Kalke neben ihnen erleiden, recht verschieden von diesen verhalten müssen; sie werden in ihrer langen schmalen Oberseite wenig beeinflusst und bleiben verhältnismäßig in Ruhe, während sich die Nachbarregion an ihren steilen Seitenflächen bewegen mußte; daher kommt es, daß die seitliche Vertikalstreifung, die ebenso wie sie eine von der der Stylolithenzapfen total verschiedene Ursache hat, auch im Verhältnis zu der Höhe der Zapfen eine sehr geringe, mit der der Stylolithen nicht vergleichbare Stärke besitzt. Es ist natürlich auch weiterhin nicht ausgeschlossen, daß die in den Schichtfugen und den ihnen entsprechenden Zerspaltungsflächen so vielfach eintretenden „Entkalkungen“ noch mithelfen, hier Bewegungen zu erzeugen, welche sich an den vertikalen Zapfen stylolithenartig äußern müssen. In recht vielen Fällen fehlt aber bei den Schlangensteinen jede Vertikalstreifung, in vielen ergreift sie bloß eine Seite und von dieser nur gewisse Teile; auch fehlen alle übrigen Kennzeichen der Stylolithenbildung, insbesondere die höchst charakteristische, an keiner normalen Schichtfläche zu beobachtende spitz- oder stumpfwarzige und narbig in den Erdpech- oder Tonkappen einseitig eingedrückte Gesteinsoberfläche (vgl. hierüber das 39. Kapitel dieser Abhandlung).

2. Wir kommen nun zu den inneren Strukturen dieser Schlangensteine; es zeigt sich eine Ausscheidung von Kristallen in der axialen Mittelregion der verlängerten Gebilde (vgl. Taf. VIII Fig. 4—7); jene wurden oft in so starkem Maße angereichert, daß ihre zentrale Masse, wie meist ausgelaugt, eine Höhlung bildet oder nur in einem feinschwammigen und leicht zerstörbaren Zement eingebettet ist; oft bleibt nur ein schmales peripheres Band unten und seitlich von Kristallhöhlen völlig frei, als wäre es durch die Kristallisation dahin verdichtet; oft sind die Kristalle auch vereinzelt und dann größer ausgewachsen, oft sind sie als einzelne Doppelbündel von der im nächsten Kapitel beschriebenen Form eingeschlossen; nicht selten finden sie sich auch in der äußersten Hülle des Gebildes und zwar nur in dem eingengagelten Teil

kappe gemeint. Nach einer handschriftlichen Notiz ZELGERS denkt er an gasige Emanationen (vgl. hierzu N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. Bd. II 1908, S. 119 und S. 126).

¹⁾ Es ist höchst unwahrscheinlich, daß diese langen Körper als frei gebildete Konkretionen in das noch weiche Liegende stets nur so lange eingesunken wären, bis sie mit ihrer Oberfläche der Nachbarniveaufläche gleichlagen, oder daß sie, später eingesunken, keine Spur von ihrer früher höheren Lage in den Schichten oder von ihrer Bewegung zurückgelassen hätten.

und hauptsächlich an den Seitenflächen, aber nur sozusagen in die Oberfläche eingedrückt; es ist das also eine zweite und dritte Konzentrations- und Ausscheidungsfläche der die Kristalle nährenden Lösung.

Es gibt nun aber auch solche Schlangensteine, die in allem und jedem die gegebene Charakteristik besitzen, aber durchaus keine Kristalleinschlüsse zeigen, überhaupt nichts Strukturelles in ihrer dichten Mergelkalkmasse erkennen lassen, so daß es den Anschein gewinnt, als ob diese Lösungsausscheidung im Zentrum eines Gebildes, das wie eine mit dieser Ausscheidung zusammenhängende Konkretion gedeutet werden könnte, eine zwar häufige, aber doch nicht wesentliche Begleiterscheinung sei.

Dann gibt es aber auch — und das ist z. B. in der Schaumkalkregion nicht selten — Schlangensteine, welche voll Petrefakten sind, während es das Nebengestein nicht oder in ganz anderem Maße ist (Fig. 2 u. 3). Ein einziges Stück zeigt im Boden eine Lage mit ausgelagerten Schalenteilen, nach oben dichten Kalk mit zentraler Kristallanhäufung. Dabei ist die Beobachtung zu machen, daß nur selten im tieferen Inneren eine Art Lagerung erhalten ist, daß aber die Petrefaktenreste einerseits nach dem Rande zu kleiner ausgesucht scheinen, daß der ganze periphere Rand überhaupt durch ein dichtes Kalkband bezeichnet und ganz petrefaktenfrei ist; dieses randliche Kalkband nimmt zum Teil nach oben an Breite zu, so daß man auch hieraus den Eindruck einer Ausfüllungsmasse hat.¹⁾ Endlich hat man auch Stücke zu beobachten, bei denen der obere, aus feinerem Kalk bestehende Abschnitt eine der den Körper einfassenden Vertiefung sich anpassende Lagerung erkennen läßt, d. h. eine auch der hangenden Oberfläche des Gebildes etwas entsprechende zentral-axiale Längsmuldung und eine schwache seitliche Aufbiegung der Lagerungslamellen zeigt.

Man muß somit diese Schlangensteine für Ausfüllungen von wenigstens die letztgebildeten Schichten durchsetzenden, oberflächlich etwas weiteren, nach unten keilförmigen Längsrissen halten; für die ganze Hohlform und für alle Fälle gilt aber die Charakteristik eines Schichtenausschnitts oder -ausbruchs nicht; es liegt mir ein Stück vor, dessen peripheres Band oder Rinde nicht nur auf der Unterseite, sondern auch auf den Seitenflächen kontinuierlich bis fast zur Hälfte der Höhe des Steins den Abguß des Wellenreliefs, eine also seitlich zum Teil aufgebogene Schichtfläche trägt.²⁾

2. Dies leitet zur Erklärung dieser Gesteinsgestaltung über. An der Entstehung der langen spaltartigen Vertiefungen könnten sich in den ersten Stadien Fältelungsvorgänge mit Einmuldungen beteiligen. Wie man auf bloßgelegten Schichtflächen lange, verhältnismäßig schmale handbreite Wellenfurchen überkreuzende, niedrigere Emporwölbungen lang rückenartig verlaufend beobachtet, so müssen auch solche Einfaltungen entstehen können; hierbei ist die Möglichkeit, daß eine etwas tiefere, schon ganz gehärtete Schicht sich biegt, die höheren aber in unregelmäßiger Biegung eingezwängt zerbröckeln und daß ihre Zertrümmerungsmaterialien fortgeführt werden. Es würden solche Emporfaltungen und Verrutschungen an vielen Stellen sogar in sehr starkem Maße beobachtet und oben be-

¹⁾ Eine ursprüngliche dichte und feinkörnige, randlich vielleicht schon etwas fester gewordene Kalkausfüllung mußte durch die Fossilienanschwemmung (vgl. Taf. VIII Fig. 2—3) bis auf die randlichen Reste wieder ausgenagt worden sein; da diese Reste seitlich und oben liegen, so ist offenbar die Vertikaleinnagung stärker gewesen, als die Verbreiterungswirkung.

²⁾ Im etwas flacher sich emporhebenden Ausgehenden dieser Hohlformen habe ich öfters die feineren Wellenstreifen des oberen Teiles der Schichtfläche kontinuierlich hinabziehen sehen.

sprochen; sie können nicht nur an der Stelle der Aufbiegung selbst sich in Zerreißen äußern, sondern auch in der Region, von welcher diese Bewegungen herkommen. Es würde hierdurch auch erklärlich, daß da, wo die Bildungen gehäuft auftreten, ein gewisser Parallelismus in ihrem Verlauf nicht zu verkennen ist. — Es wäre aber auch eine weitere Erklärung möglich, die nun folgt.

Man beobachtet seitliche, an Böschungen vordringende Faltenbildungen (in halbweichem, plastischem Zustande der Schichten) des Wellenkalks sehr häufig; es ist klar, daß dabei nach hinten zu Abreibungen (vgl. S. 120) auftreten müssen, wie auch, daß die komplizierte Struktur der Falten nicht so bald zur Ruhe kommt. Wir können auch folgern, wie vielfach hiermit auftretende Lagerungsdiskordanzen (vgl. z. B. Taf. VIII Fig. 1 und 1a im Liegenden des die Schlangensteine zeigenden Wellenkalkkomplexes) zweifellos nicht unmittelbar nach der Ablagerung ihre definitive Lage und Stabilität erhalten haben, sondern noch kleine Gleit- und Ausweichebewegungen machen, die sich auch, je nach der Gesamtneigung, nach außen und nach oben summieren können; so könnten in den Oberschichten sehr leicht gleichlaufende Zerreißen neu entstehen, die sich einerseits fortschreitend erweitern können, andererseits sich aber auch bei der ebenso sehr verschiedenen Einfallrichtung der Diskordanzböschungen etc. wieder schließen können, je nach den ja nicht ganz regelmäßig und gleichförmig folgend anzunehmenden Bewegungen. So mag z. B. das entstehen, was ich oben S. 88 Quetschkluft genannt habe, wobei die Ränder einer zuerst entstandenen Zerreißenkluft nachträglich wieder aufeinandergepreßt wurden. Andererseits erscheinen auch die Hohlformen der Schlangensteine häufig in höchst merkwürdiger Weise eng und hoch (vgl. Fig. 4 Taf. VIII), dann aber auch wieder in der Mitte oder auch erst oben eingeeengt (vgl. Fig. 7 und Fig. 12), so daß man den Eindruck einer nachträglichen seitlichen Zusammenschiebung erhält. Hierdurch würde sich einerseits auch erklären, daß die basale Lage in seltenen Fällen etwas eingemuldet ist (vgl. oben), andererseits würde aber auch eine höchst auffällige Tatsache verständlicher werden, für welche in Taf. XI Fig. 5 ein Bild gegeben ist; es ist dies das Seitenende jenes Stückes, dessen drei Querschnitte in halber Größe in Taf. VIII Fig. 4 gegeben sind. Das Stück mißt 1 m in der Länge; seine höchste Höhe ist 12 cm; nach dem Vorderende hebt sich auf eine Strecke von 60 cm die Unterseite um 6 cm empor; das eigentümlich gestaltete Vorderende selbst ist 10 cm lang, hebt sich also außerordentlich rasch zu dem hier in der ganzen Länge des Stückes gleichbleibenden Niveau der einheitlich horizontalen Hangendfläche des Steins. Während aber der Stein selbst auch bei seiner höchsten Höhe nur den Breitenwechsel von 2,5—3,5 cm hat, mißt das kurze, für sich ebenso an Breite gleichbleibende, breit löffelartige Vorderende 6—7 cm. Während weiters der eine Randkontur und die eine Seite im Verlauf und in der Höhenlage kontinuierlich von dem Stabteil in den Löffelteil übergeht, ist an der entgegengesetzten Übergangsstelle ein scharfer Einschnitt nach innen und unten, hier ist das ganze Gebilde nach dieser Seite eingedreht und eingeknickt.

Ich halte diese Anzeichen für beweisend, daß die Hohlform des ganzen Gebildes ursprünglich die Breite des Löffel-artigen Endes hatte, daß aber an der Seite, auf der die Einknickung und Eindrehung liegt, die die Hohlform begrenzenden Schichten jene durch eine weitere, aber einseitige Bewegung verschmälert haben, daß diese Verschmälerung aber da ihr Ende erreichte, wo die Rinne sich rasch aus dem Liegenden zum Hangenden emporgehoben hat, daß also der Hauptschub im Verein mit

den tieferen Schichtenanschnitten in der Rinne stattfand, daß diese Bewegung in der Nähe jener Stelle der Schichten ihr Ende hatte, wo vorher auch die Zerreißung aufhörte; dies ließe ebensowohl auf eine gewisse Gleichheit der Bewegungsursache schließen, als darauf, daß der Widerstand, welcher das Seitenende der Zerreißung bei der ersten Bewegung bestimmte, nun um so mehr die nachträgliche Bewegung begrenzen mußte; letzteres halte ich für wahrscheinlicher.

Es wurde hierauf Wert gelegt, weil diese Endeskrümmung und Verbreiterung durchaus keine vereinzelte Erscheinung ist. Das Stück in Taf. XI Fig. 5 ist bei Würzburg in der Region der Schaumkalkbänke gesammelt; etwas Ähnliches sah ich aber auch im tieferen Niveau der Ecki-Oolithe in einem Steinbruch bei Marktheidenfeld, wo das Endstück leider bei der Präparation zertrümmert wurde. Die Arbeiter reden von einem Schlangenkopf.

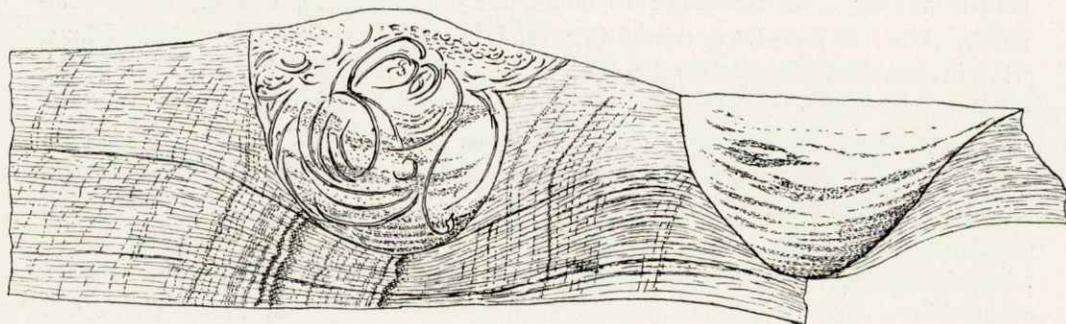


Fig. 8.

Querschnitt durch eine gewellte schieferige Mergelschicht aus den Myophorienmergeln SO von Kissingen mit den Querschnitten durch zwei Schlangensteine; der Mergel ist von Durchsinterungstreifen durchsetzt.
 $\frac{3}{5}$ natürl. Größe.

4. Ein weiteres Fundstück ist in mehrfacher Hinsicht von Wichtigkeit: es ist eine ca. 7 qdm messende Platte aus den Myophorienschichten SO. von Kissingen, welche in ca. 7 cm mittlerer Entfernung zwei annähernd parallele Schlangensteine von 35 cm Länge und 5 bzw. 6 cm Breite enthält, welche beide aber nur als Bruchstücke eines viel längeren Verlaufes gelten müssen; Textfigur 8 gibt ein Bild des Querschnitts durch die Platte. Man erkennt insbesondere an der einen Seite, daß die Vertiefungen für die „Steine“ geschaffen sind durch Ein- und Aufbiegungen der Mergellagerung, welcher aber, da die einzelnen Schichtlagen auch auf den Seitenflächen der Rinnen bzw. der Steine auslaufen, jedenfalls noch ausreichende Vertiefung durch Ausnagung zur Seite getreten ist. Ich möchte diese Rinnenanlagen für eine Folge von Wellenbewegung, für wellenrippenartige Bildungen halten.¹⁾ Hiefür spricht auch folgende Tatsache: der eine der beiden Schlangensteine enthält zahlreiche Myophorienschalen, welche fast alle so liegen, daß ihre Schalenhöhlen nach innen, ihre Buckeln und Wölbungen nach außen und unten gerichtet sind. Sie sind also in zu ihrer Größe verhältnismäßig langsamem Fortschreiten verfrachtet und haben die Lage, in welcher nach TH. FUCHS

¹⁾ Diese Wellenrippen würden in jene Kategorie ziemlich gleichseitiger Rippeln gehören, wobei die Strömung derart beschaffen ist, daß die schwereren Teilchen von Wellenkamm zu Wellenkamm geschafft werden und in der dazwischen liegenden Vertiefung leichtere Massenteilchen oder geringere Mengen von ihnen zur Ablagerung gelangen, wie man das auch in flachen Sand führenden Bächen beobachten kann (vgl. DECANDOLLES Wahrnehmungen [BERTOLLY, Rippelmarken S. 47], die jedenfalls bei einer gewissen Strömungsstärke gelten).

die Schalen untersinken, d. h. in der Lage der leichtesten Widerstandsüberwindung, in der möglichsten Gleichgewichtslage.

Der zweite Schlangenstein, der an einer Stelle bis auf 3 cm dem ersten nahe-rückt und etwas tiefer in die Schichten eingesenkt ist, hat gar keine Schalenfüllung im ganzen Körper bis auf einige ganz vereinzelt Schälchen in der obersten Schicht, deren Größe auf jene in dem erwähnten Nachbarstein zu beziehen ist, der sich in der obersten Region auf der nächstliegenden Seite etwas herüber verbreitert, also zuletzt einiges zu dem zweiten Stein beigesteuert zu haben scheint. Dies Verhalten gilt für die ganze Länge, von 35 cm, soweit sie eingesammelt werden konnte.

Wenn die Anschwemmung dieser Schalen in der Längsrichtung der Rinnen angenommen würde — deren Anlage nach obigem doch offenbar gleichzeitig genannt werden muß — so wäre der Unterschied zwischen beiden Füllungen nicht oder sehr schwer zu verstehen; es bleibt nur die Annahme, daß die Anschwemmung quer zu der Längsrichtung erfolgte und daß die ersterwähnte Rinne, wie ein Laubfang die Blätter im Walde, alle Schalen gleich im Anfang der Erfüllung aufgefangen und nur das feinkörnige Material, das auch wieder unregelmäßig schichtweise abgesetzt ist, hat weitergehen lassen! — Wenn dies zugleich ein Beweis dafür ist, wie ganz flache Bewegungsantriebe man hierbei auf den Meeresgrund anzunehmen hat, so würde die Bewegungsrichtung auch damit stimmen, daß die Anlage eine den Wellenrippen ähnliche ist. Die Entstehung der Rinnen als „Aufreißungen“, wie wir sie im eigentlichen Wellenkalk annehmen müssen, ist hier ausgeschlossen. Diesbezüglich braucht man nicht eigens darauf hinzuweisen, daß wir in der Art der Ausfüllung dieser Rinnen ein völliges Analogon mit den Laibsteinen aus dem oberen Muschelkalk haben; wir können an mehreren Exemplaren der Schlangensteine auch die „Schüssel“, die „Fossilfüllung“ und die „Deckelschicht“ unterscheiden und ähnliche Beziehungen zwischen diesen Schichten wie dort erkennen. Die morphologisch nicht unbedeutlichen Unterschiede liegen lediglich in der Art der ersten Entstehung und der weiteren Ausgestaltung der Rinnen; im Wellenkalk sind es schmale Risse in einem festen Kalk, im Hauptmuschelkalk breitere und kürzere Rinnsale in weichen Schiefertönen. Während die Laib- und Linsensteine im Verlaufe ihrer Bildung sich in ihren Hohlformen verlängern und erweitern können (vgl. S. 70), scheint dies für die Hohlformen der Schlangensteine nicht der Fall zu sein; die Reste einer ersten feinkörnigen Füllung (Schüssel) an den oberen Teilen der Seitenwände beweisen eher, daß eine Einnagung in die Tiefe stattfindet, wenn überhaupt eine solche in den Kalkrissen einzutreten vermochte. — Es sei dahin gestellt, ob nicht auch für die Entstehung der Hohlräume mancher Laib- und Linsensteine ähnliche Ursachen angenommen werden müssen, wie für die mancher Schlangensteine (Fig. 8), daß also nur die Art der Ausgestaltung der Rinnen mit der Verschiedenheit des Materials die Unterschiede verursacht.

Es gibt indessen auch grobklotzige Laibsteine im Wellenkalk; M. SCHMIDT erwähnt solche darauf zu beziehenden Gebilde aus der unteren Hälfte des mittleren Wellengebirges des württembergischen Schwarzwaldes, l. c. S. 95; in Franken lassen sie sich an verschiedenen Stellen sammeln.

In Taf. VIII Fig. 8 sieht man die ausgenagten Seitenränder und die Abtragungsrerikte an der Basis der Hohlform eines solchen Laibsteins, der, 2 m lang, mit einer Seitenfläche aus einer Steinbruch-Felswand sich herausbiegt; er stellt im Querbruch eine völlig dichte Masse ohne Lagerungsanzeichen dar, dessen schichtartige Oberfläche von zwei dicken Kalkplatten gleichmäßig überdeckt ist; Fig. 9 stellt den

Seitenrand der Hohlform des gleichen an einer dritten Stelle $\frac{1}{2}$ m weiter wieder aus der Felswand hervorbrechenden, lang geschlängelten Laibsteins dar. Hier zeigt sich in großem Maßstab das Verhalten des Liegenden, der Seitenwände und des Hangenden solcher Gebilde; leider konnte hier die quere Breite nicht festgestellt werden. Es ist wohl kein Zweifel, daß solche Vertiefungen zum Teil durch Ausnagung noch eine starke Erweiterung der ursprünglichen Anlage erhalten haben.

5. Es sei noch bemerkt, daß ich derartige Gebilde und typische Schlangensteine seinerzeit auch in dem oberen Wellenkalk der Rheinpfalz gesammelt habe. Aus dem thüringischen Unteren Wellenkalk bildet BORNEMANN längliche Fossilinsengestaltungen im Jahrb. d. Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt 1885 S. 403 ab; er vermutet, daß diese Hohlformen der Fossilienansammlungen ähnliche Entstehung hätten, wie die von gewissen Fischen ausgewählten und bewohnten Höhlen im Bodenschlamm und daß die Mollusken sich in diesen Vertiefungen angesiedelt und dort gelebt hätten; ich kann mich mit keiner dieser Deutungen einverstanden finden.

Zusammenfassung zu Kap. 12. Unter der Bezeichnung Schlangensteine werden für den Wellenkalk charakteristische Einschlüsse besprochen, welche Ausfüllungen von Rinnen sind, in denen zum Teil Fossilien, zum Teil auch Kalkschlamm, zumeist mit jetzt ausgelaugten Kristalleinschlüssen, zur Ablagerung kamen. Die Rinnen sind offenbar meist Zerreißungserscheinungen, welche sich an die ausgleichenden Faltenbewegungen als Folge anschließen; nachträgliche in gleichem Richtungsinne stattfindende Bewegungen der Lagenscholle, von welcher zuerst die Abreißung stattfand, verengern dann die Rinnen oft außerordentlich und geben ihren Ausfüllungen ein höchst charakteristisches Gepräge. Es gibt auch Rinnen, welche entstanden wie Täler der Rippelmarken; die Ausfüllungen dieser leiten zu den Laibsteinen im Oberen Muschelkalk Kap. 3 über.

Kap. 13. Kristalllöcher (bzw. Pseudomorphosen von Kalzit) nach Zölestin oder Baryt.

1. SANDBERGER erwähnt in der Würzburger naturw. Zeitschr. Bd. II 1867 S. 138 und in Verhandl. d. Phys. Med. Ges. z. Würzburg N. F. XXVI S. 187 (3) nur in dem Profil Ravensberg,¹⁾ neben der Straße Veitshöchheim—Thüngersheim in drei Schichten ca. 17 m unter der Terebratelbank in einem Komplex von ca. 7 m in großknolligem und in dichtem Kalk Gipspseudomorphosen oder Gipskristalle und Abdrücke derselben bis 0,009 m Länge („Kombination von Säule, klinodiagonal. Flächenp. und Basis, wie porphyrisch eingesprengt“); er warnt dabei vor Verwechslungen mit Baktryllien. ZELGER 1867 scheinen diese Einschlüsse ganz entgangen zu sein.

Gerade an der Fundstelle nach SANDBERGER fand ich Kristalle, welche weder Gips, noch Pseudomorphosen von Kalkspat nach Gips sind, da sie auch der Auflösung von HCl widerstehen; es sind verlängerte wasserklare Kriställchen zum Teil im Kalk, zum Teil oder hauptsächlich in feinsandigem Ton der Ausfüllung von Rhizokoralliumröhren (vgl. unten) in dichten Massen, an einzelnen Exemplaren fast ohne Zwischensubstanz auskristallisiert; dem Kristallhabitus nach könnten sie Baryt oder Zölestin sein.

¹⁾ Vgl. auch Geogn. Jahresh. 1891 S. 25 und die Ausführungen von H. FISCHER in Geogn. Jahresh. 1908 XXI. Jahrg. S. 13, wonach die Einschlüsse Zölestin sind.

Die Kristalllöcher haben aber nicht nur eine weite horizontale, sondern auch vertikale Verbreitung im Wellenkalk; ich habe sie, ausgenommen im Wellendolomit, in allen Horizonten wieder getroffen. Es sind fast stets nur Abdrücke von stengeligen Kristallen, die an einzelnen Stellen eine Länge von 2—3 cm und eine Dicke von 5—6 mm haben (vgl. Taf. XI Fig. 7); nicht selten finden sich aber Bündel mit einer mittleren, zweiseitig komprimierten Einschnürung, also eine Art Doppelbündel, wie sie Taf. XI Fig. 8 darstellt; es scheint, daß letztere Art des Vorkommens möglichst allseitigen Wachstums in schwebender Lagerung auf dicke knollige Schichten beschränkt ist, während die vielen vereinzelt entwickelten, kreuz und quer liegenden in mehr plattigen Teilen der Schichtausbildung auftreten. Ihrer Lage nach halten sich diese Kristallvorkommen im großen und ganzen an die Mittelregion einer solchen Platte; man könnte daraus Folgerungen ziehen über einen etwa konkretionären Konzentrationsvorgang; gewisse bei der Besprechung der Ockerkalklagen (vgl. S. 175) gewonnene Ergebnisse lassen es aber wahrscheinlich erscheinen, daß auch Änderungen im Verlaufe dieser Schichthärtung und zwar in der Fläche des Auftretens jener Kristalle eine ebenso wichtige Rolle dabei gespielt haben.

2. Diese Kristallvorkommen haben in ganz Unterfranken eine große Verbreitung; v. AMMON erwähnt in dem Profil der Tiefbohrung von Mellrichstadt, Geogn. Jahresh. 1900 S. 153, bei 58 m Teufe (32 m über der unteren Grenze) „hellgraue Kalksteine mit kleinzellig durchsetzten Partien“. Die Zellen sind hier von sehr kleinen ausgelaugten Kriställchen dieser Art gebildet. Im Wellenkalk der Rhön habe ich sie an vielen Stellen beobachtet.

3. Bei der Umschau nach ähnlichen Bildungen anderwärts fällt besonders das neben den bekannten Vorkommen im thüringischen Wellenkalk (nach R. WAGNER und LIEBETRAU) von EBERHARD FRAAS¹⁾ und M. SCHMIDT im württembergischen Muschelkalk erwähnte Vorkommen von Pseudomorphosen nach Zölestin oder Baryt auf. Schon die Ähnlichkeit der vorhandenen Kristalllöcher mit rhombischen Kristallen ließ mich an der Deutung SANDBERGERS zweifeln; Herr Dr. PFAFF suchte, so gut es ging, die Kristallwinkel zu messen und meinte danach, Gips sei ausgeschlossen; es könnte aber Zölestin oder Baryt am ehesten in Betracht gezogen werden. Da nun Zölestin an mehreren Stellen als spätere Ausscheidung in Drusen und Schalenhöhlungen auch in Franken häufiger nachgewiesen ist (S. 50), so ist die Wahrscheinlichkeit größer, daß es sich in der Hauptsache um Zölestin handelt. Ich spreche im folgenden von den „Pseudomorphosen“ kurzweg.

Das Vorkommen dieser Kristallausscheidungen hat eine besondere Eigenheit. In erster Linie ist es fast nur auf die fossilfreien Kalke und Mergel beschränkt; außer einem anderen, unten besprochenen Fall zeigt sie primär ein seltenes Vorkommen inmitten der Terebratelbank und zwar in einer faustgroßen eingeschalteten, wieder für sich fossilfreien Masse. Zwei Vorkommen in den Wurmböhrlöchern im Liegenden der Schaumkalkbank zeigen hier auch keine oder sehr wenige eingeschwemmte Fossilfragmente, dagegen sogar eine Ausfüllung dieser Röhren, welche sich von dem Gesteinshabitus des darüberliegenden Schaumkalks ausnahmsweise unterscheidet und jenem nähert, in dem hier und da auch die Kristalle inmitten von fossilfreien Kalkmergeln vorkommen (vgl. S. 172), was mir von Bedeutung scheint.

4. In sehr auffälliger Weise ist aber das häufige Vorkommen dieser Kristalle im Innern fossilfreier Schlangensteine zu verzeichnen (vgl. Taf. VIII Fig. 4—7),

¹⁾ Herrn Prof. E. FRAAS verdanke ich freundliche Auskunft über die von ihm untersuchten Vorkommen.

wo sie oft derart gehäuft waren, daß das sehr spärliche Bindemittel nach Auflösung der Kristalle zerbröckelnd zusammenfiel und solche Löcher erzeugte. Sodann beobachtet man die Kristalle, die Höhlen oder ihre Kalzitpseudomorphosen in den sogen. Stengelverzweigungen, in Rhizokorallien gewisser Fundorte und in den *Spongiomorpha*-artigen Körpern der gleichen Fundorte (vgl. Kap. 37).

Alle letztgenannten Gebilde sind nach meiner Ansicht Ausfüllungen von Höhlungen und Röhren in den Bodenabsätzen, welche daher schon einen gewissen Vorsprung in der diagenetischen Erhärtung hatten; diese Räume wurden nun von einem Schlamm erfüllt, dessen enthaltene, spezifisch schwerere Lösungen sich nicht mehr verteilen konnten und deren beginnende Ausfällungen noch weitere Mengen der Lösung aus dem zuerst noch weichen Schlamm, und, durch die Ausmündung der Röhren nach oben, von da in ihn herein nach sich zogen. Die Erhärtung dieser Schlammfüllungen fand jedenfalls von außen nach innen zu statt, was schließlich auch in der unteren Mitte der Gebilde die Konzentration vermehrte, so daß die Kristalle in diesem zum Teil noch weichen Mittelteil auswuchsen. Auch bei diesem Erhärtungsvorgang, der septarienartig zu nennen wäre (vgl. S. 60—63, 191), mußte im Innern ein Schwund entstehen,¹⁾ der wieder neuen Schlamm und besonders vielleicht weiteren Lösungsnachschub nach sich ziehen konnte; somit würde die sich ausscheidende Substanz in hervorragender Weise örtlich angereichert werden können. Es läßt sich auch hierdurch, beiläufig gesagt, noch wahrscheinlich machen, daß die genannten Bildungen alle Ausfüllungen von Höhlungen sind, welche mit einer Öffnung nach der fortlaufenden Sedimentation versehen sein mußten.

5. An der Straße von der Station Erlabrunn nach Veitshöchheim sind die Röhren der Rhizokorallien der Ecki-Oolithregion mit einem ganzen Filz massenhafter und dichtgesetzter, durchschnittlich 4 mm langer und 0,75 mm breiter Kriställchen erfüllt; sie sind völlig wasserklar und in einer feinsandig-tonigen Bindemasse auskristallisiert; hiedurch sind sie jedenfalls auch ausnahmsweise der Auslaugung entgangen; außerdem haben die Kristalle hier den weichen Ton vollständig zur Seite gedrängt. Dagegen zeigt sich an anderen Fundorten, wo die Kristalle ausgelaugt sind, daß in der axialen Region der Kristalle selbst reichliche, als Skelett bestehende Einschlüsse von Kalk und tonigen Teilchen stattgefunden haben.

6. Ein auffälliges, hier zu besprechendes Vorkommen ist aus der *Myophoria orbicularis*-Schicht zu erwähnen; die Kriställchen sind hier nämlich im Innern der Steinkerne von Myophorienschichten nach den Buckeln zu konzentriert. Wie nun in Taf. II Fig. 6 und Taf. VIII Fig. 3 dargestellt ist, werden die in starker Flut angeschwemmten Schälchen, die mit der Höhlung nach unten liegen, von unten her allmählich mehr und mehr mit feinem Schlamm ausgefüllt, petrifizierten so oft allerdings auch mit einer unausgefüllten Resthöhlung, die erst später mit Kalzit zuwuchs; dies scheint auch hier zu gelten und Vorbedingungen zu bilden. In einer feinen, auch wohl langsam erhärtenden und gegen Lösungsverteilung nach oben und nach den Seiten geschützten Masse kristallisiert die Lösung aus; durch jenen Schirm nach oben scheint aber auch wieder die Konzentration²⁾ möglich zu sein.

¹⁾ Auch ein Schwund in der Peripherie läßt Schlamm in die Seitenfugen nachrücken und auch hier bei Schlangensteinen öfters noch Auskristallisationen eintreten (S. 124).

²⁾ Man muß sich den Kurs von Lösungen im Schlamm als ein Auf- und Niedergehen vorstellen, je nach den wechselnden Konzentrationen; endlich werden aber die im Schlamm vorhan-

7. Schwerer ist die Anreicherung in der Mitte der plattigen Lagen zu verstehen; in sehr vielen Fällen handelt es sich scheinbar um eine Vertiefungsausfüllung, die aber nicht so steilwandig und eng begrenzt wäre, wie z. B. bei den Schlangensteinen etc. Da aber hierbei auch öfters jene Ockerkalkanhäufungen, die Kristalle umschließend, auftreten, welche sonst in stärkeren Vertiefungen angesammelt sind und eigenartige chemische Vorgänge an den Stellen ihrer Bildung bekunden, da wir weiterhin diese Kristalle auch gerade in den sonst mit Ockerkalk gefüllten Bohrröhren in der Liegendschicht von Fossilkalken vereinzelt beobachten konnten und an diesen Stellen ja die Ockerkalke ihre gewöhnliche Stelle haben, so könnte es sich in der Mitte von Wellenkalkplatten auch um gelegentliche Verschwemmung oder Ausbreitung von Lösung in höherer Konzentration handeln. Es ist zu betonen, daß in solchen flachen Lagen die Kristalle, mit und ohne Ockerkalkumschließung, im allgemeinen vereinzelter, allerdings auch größer ausgebildet sind. Dies deutete auf ein langsames Wachstum bei langsamem Lösungsnachschub, dessen Verteilung und Zerstreuung besonders nach oben dadurch verhindert wurde, daß die Bedeckung der die Lösung führenden und haltenden Lage von Ockerkalk, nämlich der oben darauffolgende Mergelkalk sehr rasch von außen nach innen erhärtete, wie wir dies aus vielen anderen Anzeichen entnehmen müssen; dies besonders, wenn sich in dieser Decke Tubikolen (vgl. S. 47, 16) ansiedelten. Wir kommen unten (S. 171—176) bei der Besprechung des Ockerkalkes auf diese selteneren Fälle zurück.

Es ist dabei aber auch die Möglichkeit zu betrachten, daß diese „schweren“ Minerallösungen bei schwacher „Böschungslage“ der gesamten Schichten in der medial eingeschlossenen, vielleicht durchdringlicheren Ockerkalklage allmählich nach tieferen Lagen der Schichtausbreitung wanderten, sich dabei sehr konzentrierten und zur Ausscheidung gelangten.

Hierbei ist auch darauf zu verweisen, daß die Ausfällungen gar nicht selten in den Duplikaturen der Fältelungen und Wickelungen auftreten; wir haben oben auf eine Erscheinung aufmerksam gemacht, welche als Leitbeispiel für das Wandern von Lösungen nach tieferer Lage einer in Neigung abgesetzten Schicht gelten kann, wobei auch Fältelungen in den tiefer liegenden Schichtausbreitungen beobachtet werden können. Es wurde schon kurz darauf hingewiesen, daß entweder die Duplikatur mit ihrer Stauung an der Konzentration schuld sei, oder daß die lokale Konzentration einer wandernden Lösung nach bestimmten tieferen Stellen einer geneigten Schicht die Faltung wenn nicht verursachen, so doch früh einleiten konnte. Letzteres könnte wohl eine erste schwache Anlage einer solchen Faltenbildung verursachen, kann aber bei verhältnismäßig geringfügiger Masse der Ausscheidung unmöglich ganze Schichtpakete zu dieser Faltung veranlassen,¹⁾ die, wie oben ausgeführt, nicht mehr weichflüssig gewesen sein können, sondern bei aller Plastizität schon eine nicht unbeträchtliche Gebundenheit und einen Zusammenhalt, zum mindesten in der äußeren Hülle (vgl. S. 119) besessen haben. Hier müssen entschieden stärkere Kräfte gewirkt haben; so glaube ich doch, daß es sich bei dem Vorkommen der erwähnten Kristallausscheidungen in sämtlichen Duplika-

denen Lösungen durch den Druck der sedimentären Auflastung nach oben gepreßt werden; hierbei werden sie aber von den Schalenschirmen aufgehalten; jede beginnende Ausscheidung zieht aber auch wieder weiteren Lösungsnachschub, soweit solcher möglich ist, nach sich.

¹⁾ Dies müßte auch seine volle Geltung behalten, wenn man die zweifellos vorhandenen, jetzt nicht mehr nachweisbaren Lösungsgenossen, wie CaSO_4 , NaCl u. dergl. noch mit in Berechnung ziehen wollte.

turen ganzer Schichtpakete um eine Konzentration der in den beiden Schenkeln der Duplikatur nach deren tiefer abhängendem Scheitel versinkenden und wandernden Lösung handeln muß.

8. Aus allem Angeführten geht hervor, daß der Beginn der Konzentration der Lösung, wahrscheinlich auch der der Auskristallisation schon unmittelbar nach der Ablagerung anzusetzen ist, die Auskristallisation aber auch in die Zeit der Diagenese hineinreichte. Nun sind aber in der größten Zahl der Fälle in den dichten fossilfreien Kalken und Mergelkalken die Kristalle ausgelaugt; so kann die Wanderung und Wiederausscheidung der Substanz auch in eine noch jüngere Zeit, die der Metamorphose sich fortgesetzt haben, immer nach Zeitpunkten erneut einsetzen, wo eine zölestinhaltige Schicht von neuem der Durchfeuchtung ausgesetzt wurde.

Daß in einer Anzahl von Fällen die Kristalle in einer axialen Längsregion ein reichliches und zusammenhängendes Ton- bzw. Karbonat-Skelett nach der Auflösung zurückgelassen haben, das beweist, daß die Auskristallisationen auch noch zu einer Zeit stattfanden, wo die Muttersubstanz nicht mehr leicht verdrängbar war; ich möchte hier auf die in Kap. 32 beschriebenen Quarzkristallisationen in den Oolithen des Hauptmuschelkalks hinweisen.

9. LIEBETRAU hat in seinen Beiträgen zur Kenntnis des Unteren Muschelkalks bei Jena auch die Zölestinvorkommen dieser Gegend einer Untersuchung unterzogen. Wenn wir nach obigem mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, daß unsere Kristalllöcher und Kalzitpseudomorphosen auf Zölestin hinweisen, so ist den Resultaten von LIEBETRAU auch Aufmerksamkeit zuzuwenden, daß sich das Vorkommen von Zölestin vorwiegend und unmittelbar an Schichten knüpfte, welche fossilführend seien.

Nun ist es ja wohl für Franken bekannt (Geogn. Jahresh. 1891 S. 23), daß Zölestin in den Fossilkalken des Muschelkalks häufig vorkommt, auch habe ich selbst ein weiteres Vorkommen aus den tiefsten Enkriniten-Geschiebekalken unter der *Beneckeia*-Bank angeführt. Dabei ist erstens zu bedenken, daß in diesen Bänken am meisten gesammelt wird, daß aber auch in diesen, ursprünglich ziemlich locker gefügten, meist durch Diagenese und Metamorphose sehr betroffenen Bänken die Ursachen zu lokalen Konzentrationen und besonders großen, makroskopischen Auskristallisationen in höchstem Maße vorliegen. Alle bekannt gewordenen Funde von Zölestin in den Fossilbänken sind aber keine so ursprünglichen Einschlüsse; diese Fossilbänke sind dagegen die geeignetsten Speicher für die Absätze aus den das Gebirge in späterer Zeit durchsetzenden Lösungen. — Man muß so fragen: „Wo ist der Zölestin hingekommen, der in den dünnplattigen Schichten zwischen den Fossilbänken aus den fossilfreien Kalken und Kalkmergeln in großem Umfange ausgelaugt wurde?“ — Man wird ihn in den Fossilbänken an zweiter Stelle auskristallisiert annehmen dürfen; aus der fossilfreien Schicht ist er verschwunden, in den Fossilbänken ist er wieder ausgeschieden.

In dieser Hinsicht ist darauf aufmerksam zu machen, daß diese Konzentrationen bzw. örtlichen Ausscheidungen in den Schaleninnenraum-Füllungen, den Füllungen größerer Schalenhöhlungen und Bohrhöhlen bis zu Riesensteinfüllungen großer Rinnen und großer Stauffalten, alle in den Schichten zerstreuten Gelegenheiten sich aufgesucht haben,¹⁾ wobei sie überall zugleich das dichte feinkörnige Steingefüge

¹⁾ Die Erzausscheidungen zeigen ähnliche Konzentrationen und lokale Ansiedelungen in präexistierenden Höhlechen, Röhren (vgl. S. 80—82, 54 und S. 24) oder in deren feinkörnigen oder lückigen Ausfüllungen; es sind das „Stauräume“.

vorzogen. Gerade jene kleinen Gelegenheiten der Konzentration in feinkörnigen Lagen sind nur ein Beweis der Ausscheidung aus primär fein und weithin verteilter Lösung im Vorgang der diagenetischen Erhärtung der Schichten, während die größeren Ausscheidungen der Metamorphose stets in luckigen Schichten, und hier die bestehenden Höhlungen ausfüllend, zu beobachten sind. Nun ist ja wohl kein Zweifel, daß z. B. in der Übergangsperiode, welche von fossilereen Wellenkalken zu dem Schaumkalk führt, noch die Lösung zur Ausscheidung der Zölestinkristalle stellenweise stark angereichert war und in die Bohrwürmerhöhlen wie in Kristallisationsäcke geriet; doch ist auch gewiß, daß dieser „Übergang“ oft seinen eigenen Abschluß gegen den eigentlichen Körper der Fossilbänke hat. Andererseits zeigen z. B. die Bohrwürmer-Rhizokorallenbänke am Ravensberg (S. 47) sehr reichliche Zölestinfüllung ohne alle hangenden Fossilkalke (vgl. S. 112 Fußnote). Die Ecki-Oolithbank hat aber an diesem Fundort, sowie auch sonst in den Bohrröhren keinen Zölestin und nur von oben in den Körper eindringenden Schwefelkies auf ungefähr 5—10 cm Breite; entfernt von dieser Oberfläche unterhalb der Schwefelkieszone findet sich aber eine breite Zone massenhafter, ausgelaugter Zölestinkristall-Einschlüsse, welche an dem ganzen Aufschluß keine Beziehung zu dem ohnehin sehr schwachen und nur sporadisch vorhandenen Fossilkalk zeigen; dies gilt ja für die recht zahlreichen Vorkommen der diese Negative zeigenden Bänke.

Ob bei der Auflösung der Kristalle die Zersetzung des Schwefelkieses, welche, wie wir unten sehen werden, schon in sehr früher Zeit der Diagenese begann, beteiligt ist, oder der Kurs anderer fein verteilter Lösungseinschlüsse, welche vielleicht auch schon die Konzentration und die Ausscheidung des Zölestins begleiteten, dafür fehlen bis jetzt alle Anhaltspunkte.

10. Unter Betonung des Umstandes also, daß Zölestin in den Kalkmergelbänken Frankens eine zweifellos primäre Stelle gehabt hat und aus einer während der Sedimentation eingeschlossener Lösung auskristallisierte, ist darauf hinzuweisen, daß ihn nicht nur LIEBETRAU in einer Anzahl von Fällen auch „reichlich“ im fossilereen Wellenkalk fand, sondern auch E. FRAAS (Blatt Alpirsbach) in einer harten dolomitischen Kalkbank unter der Orbicularisschicht, ebenso wie ihn M. SCHMIDT aus ähnlich gelegener, sehr fossilarmer Schichtenregion in der Umgebung von Freudenstadt (Mitt. d. geol. Abt. d. Kgl. Württ. Stat. L. A. 1907 S. 57) angibt; die vom letzteren Autor (l. c. S. 42) angeführte, von den Pseudomorphosen völlig durchwachsene und gespickte Bank scheint auch unseren fränkischen Vorkommen sehr ähnlich. Auch WAGNER (l. c. S. 25) gibt Zölestin in einer fossilereen Bank unter der Beneckeiabank an. Hierbei sei auch an die unten Kap. 32 genau beschriebenen Einzelheiten des in dem Oolith des Hauptmuschelkalks nachgewiesenen Quarzvorkommens primärer Ausscheidung wegen Durchwachsungsmöglichkeit verwiesen.

Zusammenfassung zu Kap. 13. In den dichten versteinungsarmen Platten des Wellenkalks finden sich außerordentlich häufig die Spuren ausgelaugter länglicher Kristalle, meist in einer mittleren Region, hier auch mit einer Gesteinsverschiedenheit, welche sekundärer Entstehung zu sein scheint, verbunden (vgl. Kap. 21). Es sind dies offenbar Negative von Zölestinvorkommen, die auch aus anderen Verbreitungsgebieten des Wellenkalks bekannt sind. Es wird das verschiedenartige Vorkommen in Faltenfirsten, in Schlangensteinen und anderen örtlichen Konzentrationsmöglichkeiten besprochen. Auch wird dargelegt, daß der Einschluß der Sulfatlösung jedenfalls mit der Schichtentstehung syngenetisch ist.

Kap. 14. Herkunft und Bedeutung von Zölestin und Baryt im Muschelkalk.

1. Es ist bekannt, daß beide Substanzen im Meerwasser in sehr geringen Mengen ständige Begleiter der übrigen Salze sind; in deutlicherer Weise treten sie aber nur bei zufälligen natürlichen oder künstlichen Konzentrationen auf; so (vgl. KRÜMMEL Ozeanographie 1907 S. 267) ist Strontium neben den Mutterlaugen der Seesalinen und in den Kesselsteinen der Seedampfer, auch in der Asche von *Fucus vesiculosus* nachgewiesen. Baryum wurde in verhältnismäßig großen Mengen in Seepflanzen, in kleineren bei Seetieren nachgewiesen. Nun ist Strontium bzw. Zölestin und Strontianit aus nicht wenigen marinen Formationen bekannt; starke Anhäufungen aber sind sekundäre Konzentrationen in Gängen und Hohlräumen, welche ja auch sehr gering verteilte Einsprengungen summieren können. Ich erinnere hier nur an das Vorkommen von Flußspat in dem Gangsystem zwischen den beiden Schaumkalkbänken von Bergrheinfeld, welche Gangsysteme auf solche horizontal weit ausgebreiteten Zersprengungen, auf „Niveausertrümmerungen“ und ihre stratisch bleibenden Auslaugungswirkungen hinweisen (vgl. S. 43 und S. 34—35). Die wichtigsten Vorkommen von Baryt sind nun im allgemeinen sonst entweder magmatischen oder nachweislich juvenilen Ursprungs, auch da wo Baryt in Formationen als Schichtbegleitmineral auftritt; für manche der Zölestinvorkommen gilt dies wohl auch. Im Muschelkalk müssen diese Mineralien wohl auch außergewöhnlichen Ursprung haben; Zölestin tritt besonders gehäuft an gewissen Örtlichkeiten mit der unteren Wellenkalkgrenze auf, er hat wieder eine bezeichnende Anhäufung im Schaumkalk nach den Myophorienschichten zu;¹⁾ Baryt ist in bemerkbarem Auftreten wieder auf die Obergrenze des Hauptmuschelkalks angewiesen.

Die Mineralisierung konnte nun in solchem Maßstabe kaum ohne die Begleitung anderer Lösungsgenossen vor sich gehen, deren Ausschluß wieder die Ausfällung der erwähnten Mineralien verursachen mochte; man wird nicht fehl gehen, auch andere der in den Meeren der Gegenwart mit Strontium und Bariumsalze vorkommenden, leichter löslichen Salze als Lösungsgenossen in stärkerer Konzentration anzunehmen.

2. Trotzdem ist die frühe Anhäufung und syngenetische Beimengung in die wachsende Schicht höchst auffällig, man könnte versucht sein nach weiteren Beihilfen der Ansammlungen zu suchen. — Hier müßte vielleicht darauf hingewiesen werden, daß Strontium besonders in Fucoidenaschen nachgewiesen ist. Man dürfte dabei sich erinnern, daß an einzelnen Stellen in den Bohrröhren der Schaumkalkbänke Zölestin massenhaft vorkomme, daß einzelne Vorkommen von *Rhizocorallium* ebenso ganz mit Zölestin ausgefüllt seien. Da diese Röhren und Steingebilde von Tubikolen herkommen und diese Würmer vorwiegend pflanzenfressend sind, so könnte eine Zölestinanreicherung auf die Exkremente der Tubikolen zurückgeführt werden, deren Gehalt sich allerdings wieder sekundär in den tiefen Ockerkalken bzw. in den mit Ockerkalk erfüllten Wurmhöhlen abgesetzt hätte. Bedenkt man aber dagegen, daß die weit überwiegende Mehrzahl solcher Röhrenfüllungen und Versteinerungen schon im Schaumkalk keinen Zölestin zeigen (ganz abgesehen von den vielen übrigen, an Fossilkalk geknüpften Tubikolenhorizonten), daß andererseits viele andere als Tubikolenbauten zu deutenden Gebilde (vgl. Kap. 36) Zölestin ebensowenig erkennen lassen, daß die meisten der in den blauen Kalken und Mergelkalken

¹⁾ Nach H. FISCHER ist Zölestin auf den Wellenkalk, Baryt auf den Oberen Muschelkalk beschränkt.

vorkommenden Auftreten von Zölestin aber ohne irgend eine Beziehung zu Tubikolenhorizonten sind, daß einzelne sogar (vgl. S. 172) Bohrfüllungen zeigen, welche in einem vorhergehenden Zölestinhorizont gebohrt aus dem hangenden dichten Kalk bestehen, wobei diese Zölestinbänke ganz die Eigenheiten anderer Tubikolenröhren-freier Zölestinschichten aufweisen, — also eine hohe Selbständigkeit des Mineralauftretens verraten —, so wird man die Ansicht vertreten dürfen, daß die Zölestinvorkommen nicht unmittelbar und überwiegend auf eine „Darmkonzentration“ zurückleiten, sondern daß sie vielmehr als ziemlich verbreitete und starke Lösung in die blauen Kalke während deren Entstehung eingeschlossen waren.

Man wird freilich einer solchen vermittelnden Pflanzen- und „Darmkonzentration“ bei ähnlichen Mineralanreicherungen (und in sogen. Fukoidenschichten?) nicht ganz entraten können; immerhin würde auch eine solche auf einen ungewöhnlichen allgemeinen Mineralgehalt des Meers hindeuten, welchem manche aufspeichernde Pflanzen und die in ihrer Ernährung auf sie angewiesenen Tiergruppen gewachsen sein können, die wir aber wohl im allgemeinen gerade nicht als eine Faunenentfaltung im Großen fördernd ohne weiteres betrachten dürfen.

Zusammenfassung zu Kap. 14. Es wird darzulegen gesucht, daß die Vorkommen von Zölestin im Wellenkalk (und von Baryt im Hauptmuschelkalk), wenn auch nicht der Erhöhung einer allgemeinen Salinität, so doch einer speziellen, ersichtlich mit dem Formationswechsel hervorgerufenen Mineralisierung zuzuschreiben sein wird. Als weitere Beihilfe zu lokalen Ansammlungen mag durch Vermittlung der Pflanzenaufnahme die Darmkonzentration durch pflanzenfressende tubikole Würmer betrachtet werden, wie man etwas Ähnliches auch für den phosphorsauren Kalk kennt.

Kap. 15. **Über Bohrgänge und sich daranschließende Gesteinsveränderungen im Liegenden der Fossilbänke des Wellenkalks.**

1. Es wurde vom Verfasser bei der Besprechung des Profils Bergheinfeld aus der Reihe der Profile der Steinsalzbohrungen im Muschelkalk Fränkens im Geogn. Jahresh. 1901 auf eine eigentümliche Erscheinung an der Basis der unteren Schaumkalkbank eingehender aufmerksam gemacht (l. c. S. 54 und Taf. I Fig. 2). Es hatte sich dort ergeben, daß der Untergrund der Schaumkalkbank, ohne daß irgendwie starke Verlagerungsanzeichen an dem allerdings relativ kleinen Bruchstück der liegenden Schicht zu beobachten sind, stark durch eine Art von Brandungszerstörung angenagt ist, daß Abbruchstücke der Liegendschicht sogar eine Geschiebeablagerung von teils recht geringer Kantenabrollung unmittelbar darüber bildeten. Nicht nur die als kleine Riffe aufragenden Reste der Liegendschicht, die in situ erhalten auf ihrer Unterseite kleinriefige, aber typische Wellenrippchen zeigt, sondern auch die Fragmente erweisen sich von Bohrgängen durchsetzt, sowohl von ganz kleinen, selten 0,5 mm starken, als hauptsächlich von größeren, ziemlich gleichmäßig 2—2,5 mm weiten; es ist kein Zweifel, daß die Bohrhöhlen im allgemeinen etwas älter sind, als die Zertrümmerung, welche durch Bröckchen mit ihren wenigstens zum Teil noch erhaltenen ziemlich scharfeckigen Bruchkanten auf einen schon weiter vorgeschrittenen Grad der Erhärtung hinweist.

Die in ihren Innenwänden scharfen, durch andere Wirkung als die der Bohrung nicht mehr alterierten Bohrgänge sind zum Teil mit dem Detritus des Hangenden,

also mit Schaumkalkmasse¹⁾ erfüllt, zum Teil aber auch, soweit ihr Eingang verstopft war und das übrige von der Masseneinschwemmung unausgefüllt geblieben ist, mit Kalzit, Zölestin und eingesprengtem Schwefelkies später durchsetzt worden. Es zeigt aber der stehengebliebene Rest der Liegendschicht noch eine interessante Tatsache; er ist nämlich von der Oberfläche her, von welcher aus die Bohrgänge fast senkrecht ins Innere dringen, gleichmäßig, der Form der Oberfläche entsprechend zonar von außen nach innen entfärbt. Diese Entfärbung hält sich aber besonders an die Umgebung der Bohrgänge selbst und bildet dort einen Hof von 3—4 mm Breite, selbst da, wo diese Röhren tief in den Raum der Schicht eindringen, woselbst die ursprüngliche Kernfärbung erhalten geblieben ist; da wo sich die Bohrgänge der Kernzone nähern, da erzeugen sie eine tiefe zungenartige Einbiegung der Entfärbungszone. Interessant ist eine Stelle der Unterseite, wo das U-förmige, schlingenartig umgebogene Ende eines solchen Gangs die Liegendfläche der Schicht erreicht; gegen dieses Ende verliert sich der „Hof“, während er an anderer Stelle der Liegendfläche vorhanden ist; es muß das daher kommen, daß dieses Ende erst frisch erbohrt wurde, daß die Einwirkung, die von der Röhre erfolgt, daher noch nicht, oder wegen schon zu großer Härte hier nicht mehr auftreten konnte.

In der äußeren entfärbten Zone sind nur einige Reste eines die innere helle Hülle der Bohrröhren umgebenden oder begrenzenden, schmalen, dunklen Ringstreifens erhalten; diese Streifen sehen aus wie Reste der alten Kernfärbung, welche durch die allgemeine, von außen nach innen dringende Entfärbung nicht betroffen wurden; an diesem Stück hat man den Eindruck, als ob die letztere und die von den Röhren ausgehende Umbildung einer und derselben Ursache zuzuschreiben wäre; wir werden unten sehen, daß dies insofern der Fall ist, als eine summarische Wirkung von sämtlichen Bohrröhren aus diese Umwandlung hervorbringen kann!²⁾

Noch ein weiteres ist zu bemerken: Die erwähnten Geschiebe selbst zeigen von dieser großzonaren Einwirkung nichts, obwohl sie selber die verschiedenen Verfärbungsstadien bis zur einfachen Kernfärbung, aber je in ihrer ganzen Körpermasse repräsentierend erhalten haben; sie sind also offenbar erst aus ihrem Zusammenhang abgebrochen und zerbröckelt, nachdem die Entfärbung an der sonst noch wesentlich unberührten Schicht schon eingetreten war. Die letzte Periode der Bodenzerstörung und die zugleich beginnende Umlagerung war von derartiger entfärbender Wirkung nicht begleitet; letztere schließt sich offenbar an eine Zwischenepisode erster Entfaltung organischen Lebens an, deren Spuren durch den stürmischeren Schlußakt der jetzt noch vorliegenden Ablagerung bis auf die Bohr-

¹⁾ Es sind hiermit nicht die von SANDBERGER bei Thüngersheim beobachteten „sackartigen Anhänge“ der Myphorienbank, die in den gelben Mergel über der oberen Schaumkalkbank eingreifen, zu verwechseln; das sind Auswaschungen, die mit der Anschwemmung von Muscheln verbunden sind (Schlangensteine z. B.). Doch gibt es auch Wurmböhreröhren in dieser Schichtenreihe (S. 40).

²⁾ Dem könnten die angeführten, wie Reste der Kernfärbung des Gesteins aussehenden Streifen widersprechen! Diese Färbung ist aber hier eine sekundäre, was sich schon aus dem Erzreichtum dieser Ringe schließen läßt; auch die im Schaumkalk liegenden, hellgrauen Geschiebe haben einen solchen dunklen Rand, der aber bei dünnen Splittern oft hell erscheint; es ist also auch hier eine optische Wirkung im Spiele, die z. B. auch verursacht, daß die hell auf dunklem Grunde erscheinenden Baukörperchen von *Rhizocorallium* unter dem Mikroskop als feinkörnigere Massen dunkler erscheinen als die grobkörnige, größere, kalzitisierte Schalenfragmente enthaltende, stärker umkristallisierte Grundmasse. Auf eine andere Ursache der dunklen Färbung der Gerölle in den Geschiebekalken kommen wir unten zurück (S. 154, 179 und S. 221).

gänge weggefegt wurden. Von dem Vorgang des Absatzes selbst und von dem Material der Hangendablagerung ging die Entfärbung nicht aus.

Ich habe diese Resultate an dem Bohrkern von Bergheinfeld hier revidiert und ergänzt wiedergegeben, weil sie eigentlich mustergültig für die weiteren im Felde gemachten Beobachtungen sind und sie in dieser Vollständigkeit noch nicht dargestellt werden konnten.

Diese Bohrgang-Unterlagen traf ich nämlich in Franken fast in jedem Aufschluß, sowohl in der unteren wie in der oberen Schaumkalkbank, bei Würzburg am Stein und am Leisten, in Thüngersheim, Zellingen-Retzbach, Karlstadt, Urspringen, Neubrunn, Kissingen und Münnerstadt.

2. Im Schaumkalk von Würzburg und Umgebung sind die Bohrgänge zum größten Teil in einem ebenflächigen dichten Kalk mit nur schwachen Ausnagungen, ohne Anzeichen einer etwa tektonischen Zerbröckelung desselben, eingetieft; es sind meist größere, hier und da am Grunde kolbig erweiterte, zum großen Teil mit Krinoidenstielbruchstücken (weniger mit größeren unzertrümmerten Krinoidenstielgliedern) erfüllte Gänge bis zu 5 mm Breite; seltener sind auch hier die Röhren von kleinem Kaliber. Die Bohrgangbegrenzungen sind überall sehr scharf; es beweist dies, bei dem Umstand einer gewiß nicht ganz bewegungslosen Erfüllung mit Detritus oder mit Wasser allein, daß die Ausfüllung der Bohrgänge nur in einer schon relativ gefesteten Masse stattfand. — Die Verfärbungserscheinungen haben in einem Vorkommen an der Veitshöchheimerstraße eine bemerkenswerte Umänderung erfahren. Die liegende Bank ist in ihrem Körper hell, aber der mit dem Schaumkalk innigst verwachsene, wenigstens in engstem Kontakt befindliche obere Rand ist dunkler, ebenso wie der Rand vieler nicht tiefgehender Bohrgänge; wo aber die 4,5 mm breiten Bohrgänge tiefer gehen, stellt sich vereinzelt ein fast weißlichgrauer Hof von 1,5 cm Breite ein. Dieser ist auf der Außenseite abgegrenzt durch einen ganz dunkelgrauen, wenig breiten, nach innen scharfen, nach außen verlaufenden, unregelmäßigen Ring mit scheinbarer Kernfärbung, in der sich aber reichlich Schwefelkies ausgeschieden hat. Es hat also hier eine zweite, nachträgliche Verfärbung der Bank von der anderen Seite, dem Liegenden her, stattgefunden, und zwar, wie sich nach der zonaren Steigerung erkennen läßt, von einem horizontalen Stylolithensprung aus, wobei die chemischen Wirkungen auf das feste Gestein sich weit nach oben und unten ausgedehnt haben; an einer Stelle hat ein Stylolith ein Bohrgangende schief und scharf abgeschnitten; er hat es durch die seine Bildung begleitende Auflösungsstätigkeit von unten her zum Verschwinden gebracht. Es zeigt sich, daß in späterer Zeit der Gesteinsgeschichte die Durchdringung durch umwandelnde Lösungen viel stärker sein konnte, als die im Anfang von der Bohrröhre selbst ausgehende, wo die mit Schwefelkies angereicherten Streifen mit scheinbarer Kernfärbung (vgl. S. 137¹) die Grenze der Umwandlungen erkennen lassen; es kommt hierbei freilich auch auf die Stärke der Lösungen selbst sowie auch auf den Druck, unter dem sie wirkten, an.

Auffällig sind auch Stellen des unteren Bohrgangendes, woselbst ein von oben her erkennbarer Hof aufhört und ein zweiter mit größerem Krümmungsradius völlig getrennt von diesem einsetzt und zugleich stärker mit Schwefelkies durchsetzt ist. Es scheint so, daß die Wirkung, welche zu der Hofringbildung führt, in dieser tieferen Partie der Bank viel weiter vordringen konnte, was besonders wichtig ist, weil hier der letztgebildete Teil der Höhle liegt; es wiederholt sich diese Eigenheit mehrmals und zugleich läßt sich erkennen, daß hier ein schwacher,

gerade noch erkennbarer lagenartiger Unterschied im Gesteinskörper vorliegt, welcher sich durch andere Farbe und etwas stärkere Kiesimprägation kennzeichnen läßt. Die tiefere Lage der Bank war also für die Einflüsse von der Bohrhöhle aus etwas leichter durchdringlich; es war aber eine Grenzzone da, wo jene sich gar nicht äußern konnten, also schon zu große Härte eingetreten war. Dies spricht dafür, daß diese von Höhlungen durchsetzte Bodenschicht schon mindestens in der Erhärtung begriffen waren, daß von diesem einen Röhrenbau verschiedene Härtezustände, Stadien der „Halbhärte“ angetroffen wurden.

Diese Art der Hofbildung entspricht ganz jener, welche wir aus dem Schaumkalk in den Bohrprofilen von Bergrheinfeld dargestellt haben, und sie gehört in jene Gruppe, welche ich auch von *Cylindrites*-artigen Röhrenfüllungen aus dem Flysch kenne und im Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt Bd. LIX 1909 Taf. XVII Fig. 10 (S. 618 und S. 631) abbildete.

3. Gewisse Fundstücke von Karlstadt (Schaumkalk) zeigen eine oft außerordentliche netzartige Durchdringung der Liegendbank des ebenfalls über deren Hangendgrenze als ein Krinoidenfragmentkalk entwickelten Schaumkalks. Obwohl die unteren Enden dieser mit Substanzen vom Hangenden her erfüllten Räume gerundet sind und im Vertikalschnitt wie Röhren aussehen, sind sie es nicht, sondern sie sind eigentlich mehr wandartige, septale Bildungen, deren Verzweigungen an einzelnen Stellen fast rechteckig sind; über ihre Zuordnung zu den Hervorbringungen einer Bohrtätigkeit kann indessen (vgl. unten S. 147, 15) kein Zweifel walten.

Was die Füllung dieser bei Karlstadt gefundenen Höhlungen betrifft, so finden sich in ihnen nicht nur wirkliche Geschiebe aus dem Kalk der zersprengten Bank selbst, sondern auch vereinzelte intakte Krinoidenstielglieder, wie sie auch im Hangenden vorkommen; die eigentliche Hauptmasse der Füllung ist aber ein heller Kalk von ganz anderer Beschaffenheit als der dunkle oolithische Detrituskalk des Hangenden, der sich nur wenig von oben her in die Röhren hereinsenkt; doch ist die Anlagerung zweifellos so, daß die erste Füllung schon dagewesen sein mußte, ehe die jetzt vorliegende Art des hangenden Kalks definitiv abgelagert wurde; es wäre also auch hier an der Grenze eine gewisse Zwischenbildung vor der jetzigen Folge vom Hangenden zum Liegenden zu folgern (vgl. S. 140 und Kap. 19). Die mikroskopische Untersuchung zeigt in einer Zwischenmasse, welche feine Tonpartikelchen und Quarz enthält, dichtgedrängte, große, fast regelmäßig auskristallisierte Rhomboeder von hellem Kalzit, der Eisen isomorph enthält; es sind da offenbar Nachwuchsvorgänge noch in Rechnung zu ziehen, welche sich an ursprünglich beigemengte Kalzitkörnchen anschließen und durch nachträglich eindringende, auch eisenkarbonathaltige Lösungen verursacht sind; ganz Ähnliches zeigen vergleichbare Röhrenfüllungen aus dem Oberen Muschelkalk des Sommershausener Grabens (vgl. S. 25).

Von Wichtigkeit ist auch hier, daß in dieser Füllmasse sich sehr reichlich jene vielerwähnten „Pseudomorphosen“ ausgeschieden haben, wohl zu einer Zeit, wo diese Röhrenfüllung noch nicht ganz erhärtet war; die Kristalle sind wie stets ausgelagert. Bei Zellingen (Bahnhof) fand ich hier regellos dichtgedrängte Ausscheidungen dieser Kristalle, bei Karlstadt in hantelförmigen gestreckten Doppelrosetten, offenbar mit eingeschlossener Grundmasse kristallisiert. Bei Zellingen ist besonders in den tieferen Partien des Zements der wandartigen Zwischenmasse reichlich Eisenpat vertreten. Bei Würzburg findet sich in den Röhrenfüllungen mehr Zölestin als Bindemittel.

An vorletzter Lokalität zeigen sich auch zahlreiche fast ganz senkrecht von der Oberfläche eingedrungene Bohrgänge von kleinerem Kaliber (1 mm diam).

An den übrigen erwähnten Fundorten sind im Liegenden der Schaumkalkbank die Verhältnisse sehr ähnlich; bei Leinach fand ich wohl Bildungen der gleichen Kategorie wie bei Würzburg, aber mit etwas anderer, spezifischer Ausgestaltung (vgl. Fig. 6 und 7 Taf. VII) wie sie von einem tieferen Horizont unten S. 141, 7 mit größerer Häufigkeit und Deutlichkeit in Einzelheiten näher besprochen werden.

4. Ein wichtiges Beispiel von Bankdurchbohrung bester Erhaltung zeigt Taf. IX Fig. 1 von der hangenden Fläche aus gesehen (Münnerstadt); es ist das jene Art, welche wir im steil-schiefen Anschnitt von Zellingen und besonders von Karlstadt beschrieben haben; der dunkel getonte Teil des $2\frac{1}{2}$ mal verkleinerten Gesteinstückes entspricht dem eigentlichen Gesteinskörper; die im allgemeinen auch in der Figur helleren, bandartigen Verzweigungen gehören den in den Gesteinskörper vertikal eingesenkten, daselbst meist 6 mm breiten Röhren an, in den sie 3,5—4 cm tief, etwas über die Hälfte der Bankhöhe, eindringen. Die Verzweigungen sind in gewissem Maße regelmäßig zu nennen, als ob sie bestrebt wären, den Flächenraum, ohne sich zu nahe zu kommen, möglichst auszunutzen; eine mittlere Verzweigung auf der Oberfläche nimmt eine Breite von 10 cm und eine Länge von 10 cm ein und hat selbst eine Länge, mit allen Seitenverzweigungen gerechnet, von 50 cm, mit eigentümlichen eckigen und winkeligen Scheiteln und verhältnismäßig gestrecktem Verlauf der Stämme oder Zweige. Es zeigt sich in der Fläche ein gewisses Minimum der Zweigbreite da, wo die Abtragung des Gesteins nicht etwas tiefer gegangen ist; das sind ganz flachliegende Halbröhren zwischen 4 und 6 mm. Aber auch die breiten Stellen sind gelegentlich ganz flach, besitzen aber mehrere Gangabzweigungen in die Tiefe, welche sich eckig umbiegen oder auch eine Zweiggang-Verbindung nach oben haben. Es handelt sich hier vielleicht um assoziierte Baue verschiedener Individuen;¹⁾ die abgebildete Oberfläche ist die nur etwas angenagte Hangendfläche einer Bank, welche zweifellos vor Entstehung des Hangenden etwas angenagt war. Die Füllung ist oben ein dichter, feinsandiger, feinglimmeriger Kalk; nach unten wird sie undicht, drusig und ockerig gefärbt; der Rückstand enthält reichlich feinen Quarz und Glimmer. Es zeigt sich auch hier gegen den hangenden Schaumkalk eine ganz eigenartige Grenzschicht als Folge einer Zwischenepisode, wie wir dies von dem Karlstadter Vorkommen erwähnten.

5. Eine größere bei Kissingen aus dem Horizont der Spiriferinenbank gewonnene Platte (Beil. II zu S. 149, Fig. 1) hat eine ausgeebnete Oberfläche mit einer Anzahl verschieden gestalteter Röhrenquerschnitte, unter denen ein großer Teil kurz und doppeltkeulenförmig ist; mit diesen verbinden sich und aus ihnen heraus entwickeln sich, besonders bei dichter Zusammendrängung, deren längere, welche sich zum Teil verzweigen, zum größeren Teil sich aber eigenartig eckig umbiegen, wie eine Drei-Winkellinie, die sich dadurch nicht zu einem Dreieck schließt, daß die dritte Seite sich über die Fortsetzung des Anfangspunkts der ersten verlängert und dann erst parallel zu dieser einbiegt. Das ist eine andere Art der Raumausnutzung der „verlängerten“ Durchbohrungen, als die Verzweigung der Fig. 1 Taf. XI. Beide Arten Durchbohrungen haben die U-förmige Tiefenumbiegung. Bei letzterer Art treten nun

¹⁾ Vgl. etwa die Bautätigkeit der *Hermelliden* unserer heutigen Meere, welche zum Teil nur in gewisse Tiefe graben, aber über dem Boden einen aus schlammiger Masse und Sand geschaffenen Überbau errichten. Auch können die Baue oberflächliche Halbkanäle verbinden.

auch noch kammer- bis sackförmige Erweiterungen im Innern, sowie an der Oberfläche der Bank auf; beide Arten haben aber im Grunde genommen dieselbe Breite der Ganghöhlungen, so daß von unregelmäßigen erosiven Erweiterungen der Höhlungen zur Erklärung der Säcke und Weitungen nicht die Rede sein kann. Die Weitungen sind vielmehr spontane Anlagen. Die Höhlungen sind erfüllt von einer feinsandigen ockerigen Masse, in denen öfters zu mehreren zusammenhängende Pentakrinitenstielglieder und vereinzelt Geschiebe auftreten. Es zeigen sich hier an einzelnen Stellen schwach ausgebildete Ringhöfe.

Während die Vorkommen von Karlstadt, Zellingen, Kissingen und Münnernstadt ein reich verzweigtes Netz erkennen lassen, sind jene bei Würzburg etc. gesammelten, wie die von Bergrheinfeld beschriebenen, nicht oder wenig verzweigt; beide lassen aber einer U-förmigen Krümmung und Umbiegung nach oben erkennen, wenn man Gelegenheit hat, ihr inneres Ende zu betrachten. Das Vorkommen bei Bergrheinfeld zeigt auch öfters zwei Röhren nahe beieinander (vgl. l. c. 1901 Taf. I Fig. 2) oder ein doppelkeulenförmiges Zusammenfließen zweier benachbarter Röhrenquerschnitte; etwas Ähnliches gibt auch der Fund Taf. III Fig. 6; es ist die Ansicht auf den Querschnitt senkrecht in die Schicht hinuntersteigender, schmaler und gleichmäßig bleibender, mit Kalzit erfüllten Höhlungen, ebenfalls aus dem Liegenden der Schaumkalkbank von Leinach.

6. Wir haben hier also drei schärfstens ausgeprägte Typen von Bohrröhren im Liegenden der Schaumkalkbank: 1. seltene schmale und unverzweigte, knapp über 1 mm breite, 2. bis zu 5 mm breite, unverzweigte, U-förmig nach der Oberfläche zurückgekrümmte, 3. stark und mit einer gewissen Raumverteilung verzweigte, bis 6 mm breite Durchbohrungen, wie Ganglabyrinth aussehend, aber röhrig sich ein-senkend und beginnend, oft auch U-förmig zurückgebogen und häufig an Breite plötzlich stark anschwellend.

Auf je eine dieser drei Typen lassen sich auch die übrigen im Wellenkalk im Liegenden der Fossilienbänke auftretenden Durchbohrungen zurückführen, wobei aber noch auf besondere Eigenheiten der Bildung und Erhaltung Bedacht genommen werden muß.

7. Das beste Material hiefür fand ich im Liegenden des *Ecki-Ooliths*. Es sind das hauptsächlich stark vergrößerte Vorkommen des Typus 2 und ebenso etwas, wenn auch nicht so stark veränderte Vertreter vom Typus 1, die häufig nebeneinander, recht oft aber ganz getrennt voneinander auftreten.

Der Typus 1 ist der jener Bohrröhren, welchen auch R. WAGNER l. c. S. 38 berührt und zwar in der zweiten „Fazies“ der Oolithbank β als „1—2 mm im Durchmesser haltende, napfartige Eindrücke“, als Öffnungen von mit ockeriger Masse erfüllten Röhren, die etwa 5 cm tief in annähernd vertikaler Richtung das Gestein durchsetzen. Den Typus 2 möchte ich ebenso in WAGNERS Darstellung wiedererkennen und zwar in den runden oder auch verlängerten, bis mehrere Zentimeter im Durchmesser haltenden Vertiefungen mit steilen glatten Wänden, die ebenso in die Tiefe der Schicht gehen, wie erstere. Auch wo E. E. SCHMID, BORNEMANN und FRANTZEN bei der Behandlung norddeutschen Wellenkalks von den die vier verschiedenen Schaumkalk-, einschließlich Terebratelbänke, ausdauernd begleitenden „Löcherkalken“ sprechen, deren Löcher senkrecht von der Oberfläche ausgehen, nach FRANTZEN in verschiedenen Horizonten auch gleichbleibende Größenunterschiede zeigen, mit Ockermasse erfüllt sind und eine „zackige Verwachsung der Fossilschicht mit den dichten blauen Kalken im Liegenden“ erzeugen, überall sind damit unsere

Bohrhöhlen gemeint, die von FRANTZEN gelegentlich als „wunderlich aussehende“ Bildungen bezeichnet werden.

Eine große Eigentümlichkeit des zweiten Typus in den fränkischen Funden besteht darin, daß um die Höhlung (vgl. Taf. IX Fig. 2—4 u. Taf. VII Fig. 6) ein durchschnittlich ziemlich gleichmäßig breit bleibender Hofring des Gesteins bis zu 6 mm Breite eine besondere Farbe, eine der gewöhnlichen Kernfarbe der Gesteine nahestehende dunkelgraue Nuance, sich erhalten hat; der so gefärbte Hof ist zugleich mit einer hohen Dichte und Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung verbunden, da er sich in Farbe und Vorrangung von und über die übrige Verwitterungsoberfläche ab- bzw. erhebt. Die äußere Grenze des Hofes ist sehr scharf; wir sehen hier eine Verknüpfung mit den in erster Linie erwähnten Vorkommen von Bergheinfeld und Würzburg. Die übrige Fläche des Gesteins, zugleich Grenzfläche gegen das Hangende, ist gegenüber dem Hofring bräunlich und braunrötlich gefärbt, welche Färbung sich gegen den Hofring zu steigert (vgl. hierzu Taf. IX Fig. 2—4 und Taf. VII Fig. 6). Hier findet eine höchste Konzentration der Färbung, d. i. der Eisenerzausscheidung statt, das Gestein wird hier intensiv braunrot und gibt mit den grellockerigen Füllungen und den hellgraublauen Hofringen selbst lebhaft kontraste. Eine Erzkonzentration (Kupferkies, Schwefelkies) wurde schon oben in der hier dunklen Randzone der Ringe von den Exemplaren bei Würzburg erwähnt; ebenso die scharfe Abgrenzung nach innen und das Verlaufen der Färbung nach außen. Der blaugraue Hofring ist hart, dicht und glatt, die braunrote Zwischenzone (mit Hämatitfärbung) ist mürber, feinlöcherig und rauh. Der Hofring zeigt sich in allen Querschnitten als ein Zeichen einer kontinuierlichen Gesteinswandung der Höhlen (vgl. hierzu Ergänzendes auf S. 158, 3).

Die Füllung der Röhrenhöhlen geschieht durch sedimentären Detritus vom Hangenden her, worüber unten Näheres berichtet wird. Die Innenfläche der Höhlungen ist meist glatt, jedoch fand ich zwei Stücke mit einer nicht unscharfen Längsstreifung (Taf. IX Fig. 4), wie auch Dr. SCHUSTER ein solches aus der Umgegend von Helmstadt aufbrachte; diese Längsstreifung erinnert, wie die allgemeine Form, entschieden an jene von *Rhizocorallium*. Die Eingangsöffnung, soweit sie nicht vor Ablagerung des Hangenden schon etwas abgetragen wurde, ist meist länglich, mit einer mittleren Einschnürung, die oft stark ist; letztere zeigt sich auch an den Wänden der Röhre in schwacher Vertiefung der seitlichen Röhrenteile; häufig sind brillenförmige Einschnürungen, oft aber auch scheinbare Verschmelzungen nahe aneinander liegender Röhren, welche für sich bestehen. Im allgemeinen sind die Röhren nicht verzweigt; doch finden sich solche scheinbare Verzweigungen, so zeigen sich auch mehrere Ausgänge nach oben, so daß an eine Vereinigung von mehreren Bohrhöhlen gedacht werden kann. Die Höhlen sind auch in allen Querschnitten komprimiert; sie gehen auch vertikal, meist aber doch etwas schief in die Tiefe; nicht selten sind auch Umbiegungen nach der Seite, wobei die längere Achse des komprimierten Querschnitts horizontal liegt, doch habe ich auch Stücke mit vertikalem Stand der längeren Achse gesammelt. Charakteristisch ist im Grunde der Höhle die U-förmige Umbiegung, was auch diese Bildungen mit den zuerst besprochenen Röhren von Bergheinfeld verbindet; auch hier zeigt sich wie dort (S. 137) oft eine Verdünnung der Wand (d. i. des Hofrings) nach den tiefsten bzw. entferntesten Stellen des Röhrenlumens (wohl die Folge der jüngsten Ausbohrung eben vor der Erfüllung der Röhre mit Detritus bzw. vor der Unterbrechung der Besiedelung mit allen ihren Begleitvorgängen und Folgen).

8. Eine sehr interessante Bereicherung erhält nun das Bild der Oberfläche dieser Bänke, wenn nun zwischen den großen Röhren auch die kleineren Röhren vom Typus 1 auftreten. Sie haben völlig kreisrunde Öffnungen, stehen oft in Masse zusammen, hier und da vereinzelt; in ersterem Falle hat man öfters den Eindruck, als ob je zwei paarweise zusammengehörten, also eine Doppelöffnung einer einzigen Röhre seien; ich habe aber bis jetzt nie eine Verzweigung oder eine U-förmige Umbiegung nach der Hangendfläche gesehen. Die Längenerstreckung reicht bis 6 cm annähernd vertikal in das Gestein hinein (vgl. Taf. VII Fig. 9).

Die Höhlungen sind bis zum Grund mit feinem ockerigem Detritus erfüllt. Wo die Röhren einzeln auftreten, haben sie gleich den erstbeschriebenen großen Röhren einen kleinen, inselartig in der rötlichen Masse liegenden Hofring, der sich, als Wand meist die ganze Röhre begleitend, bis in die Tiefe fortsetzt. Wo sie in großer Zahl zusammenstehen, da haben die Röhren eine große gemeinsame Hofinsel, die auf einen Zusammenfluß der einzelnen Inselchen hindeutet. (Taf. IX Fig. 3). Die Hofringe bestehen auch hier aus einem dichten grauen, glatten Kalk; die zusammengeflossene Inselmasse ist ebenso ganz einheitlich, erfüllt aber viel größere Zwischenlücken zwischen den entfernter stehenden Röhren als eigentlich aus der Summierung einzelner Röhrenhüllen an und für sich zu schätzen wäre; in der Nähe des Außenrandes hält sich diese Summierung schärfer ein und es erscheinen kleine Restlücken mit braunroter Außensubstanz. Im Innern der Inseln hat also die Verdichtung einen viel größeren Flächenumfang angenommen: die Höhlenwandungen sind zu breiten, ununterbrochenen Massen verschmolzen.

Die Verdichtung, die nun diese kleinen Röhren umgibt, verrät indessen trotzdem einen etwas geringeren Grad der Gesteinseinwirkung als bei den großen Röhren, weil sie gegen die Außensubstanz nicht so scharf abgegrenzt sind und keine so starke randliche Erzkonzentration haben; dies erkennt man auch schön, wo Regionen kleiner Röhren gegen größere Ringhöfe anstoßen; es zeigt sich an der angewitterten Fläche ein schwacher, doch deutlicher Unterschied in der Färbung, in Höhe der Hervorragung und in der Glätte bzw. Dichtigkeit des Gesteins.

9. Wir besprechen nun in folgendem noch ein Vorkommen vom Ravensberg bei Veitshöchheim, das in vielen Einzelheiten uns unten noch von Wichtigkeit sein wird, nicht zum wenigsten deshalb, weil es im großen und ganzen vollkommen dem von R. WAGNER beschriebenen Löcherkalk der Oolithbank β entspricht, an dessen Eigenheiten E. PHILIPPI Folgerungen knüpft, die wir von anderen Gesichtspunkten aus nur bestätigen können.

Taf. VII Fig. 9 zeigt den Vertikalschnitt eines von solchen Röhren angebohrten, unregelmäßig eingenagten Ausschnittes des Meeresgrundes mit massenhaften Röhren vom kleineren Typus (S. 47); sie haben auf diesem eine ununterbrochene Färbungszone hellerer Färbung gegenüber der dunkleren Kernfärbung der Schicht erzeugt; diese Zone senkt sich bei einzelnen tiefergehenden Röhren korrespondierend tiefer hinab. Die Röhren suchen möglichst senkrechte¹⁾ Einstellung zur Schichtoberfläche, was besonders bei Umbiegungen der letzteren auffällig wird. Die Oberfläche der Schicht wurde nachträglich so dicht von einer kleinen *Placunopsis* besiedelt, daß hier ein scharfer Kampf um den Platz stattgefunden haben muß, in dem die älteren Ansiedler,

¹⁾ Selten sind Winkel zwischen 45° und 75° , den die meist geradegestreckten Röhren mit der ebenen Oberfläche der Bank bilden.

die Röhrenbewohner, den Kürzeren zogen. Von dieser Oberfläche (vgl. Beil. I zu S. 145 Fig. 1) fand noch eine weitere Einwirkung statt, welche eine tief dunkelbraungraue, feste Außenzone hervorrief, die ich auch anderorts in diesen Röhrenchichten beobachtete. Eine interessante Tatsache ist nämlich die, daß eine solche starke von oben her stattfindende Einwirkung die in der Konsistenz ihrer Hüllen nicht so wie die großen Röhren gefesteten und gesicherten kleinen Röhren ihres Rings wieder beraubt, ihn von oben her allmählich verlaufend zum Verschwinden bringt, so daß z. B. bei wagrechter Einbiegung der Röhren die unteren Halbhüllen nur noch stehen bleiben, wie ich dies ganz vereinzelt auch einmal bei dem großen Typus beobachtet habe.

Diese Erscheinungen beweisen die Richtigkeit der oben ausgesprochenen Ansicht, daß die äußere Entfärbungszone bei dem Bergrheinfelder Vorkommen nicht einfach von der freien Oberfläche stammen muß, sondern in erster Linie eine summarische Einwirkung durch die Besiedelung der Schicht ist; andererseits wird auch wieder dargelegt, daß eine solche Entfärbung bzw. Färbung von der freien Oberfläche her später in weniger tiefgreifendem Maße in der Außenzone der offenbar schon härteren Bodenschicht eintreten kann, wobei die durch die Besiedelung geschaffenen Unterschiede zum Teil oder ganz zum Verschwinden gebracht werden können, d. h. es kann auch eine Art von „Regeneration“ des alten Kalkbestandes bis auf geringe Reste des sekundären Verhaltens wieder eintreten.

10. Diese Folgerungen sind lithologisch von einiger Wichtigkeit. Es wurde oben schon betont, daß oft im Grunde der U-förmig gebogenen Röhre eine starke Verdünnung der Wandhofes eintrete, so daß sogar hie und da in einem an Größe und Weite nicht geringerem Abschnitt jene Einwirkungen, welche von innen her die Wandbildung beeinflussten, in raschem Übergang verlaufen und auch gar nicht mehr eintreten. Da nun, was das Verhältnis der Röhren zur vorhandenen oder nicht vorhandenen Sedimentfüllung betrifft, einerseits gleiche Einwirkungen von dieser her trotz stark entwickelter oder fehlender Hülle bestehen müssen, andererseits Art und Menge der Füllung der Röhren gar keine Beziehung zu der Hülle aufzustellen erlaubt (S. 153—154), so kann diese Einwirkung nur von dem Einwohner ausgegangen sein; sie kann durch Einpressung von Respirations- etc. Gasen und -Flüssigkeiten infolge der Bewegungen des Tiers¹⁾ in die umgebende noch verhältnismäßig zugängliche Masse dort die Feuchtigkeit zu stärkerer Kalkaufnahme und Konzentration veranlassen und endgültige Erhärtung verursachen; dies geht gewiß auf Kosten des übrigen Gesteinskörpers vor sich, der dadurch, je näher an den Konzentrationsrand, desto weniger dicht wird. — Nun sind aber fast alle diese Bankflächen mit einer marinen Faunenschicht bedeckt worden und unterlagen den Begleitwirkungen einer intensiven Änderung der Sedimentationsverhältnisse. Die Grenzlage bildet auch hier, wie oben für die Nodosenschichten etc. behandelt wurde, eine ockerfarbige, feinkörnige Masse, meist mit Crinoidengliedern (vgl. auch unten S. 159). Der Eisengehalt dieser konnte nun in die undichter gewordenen Teile der Liegendschicht eindringen,

¹⁾ Es können (vgl. unten S. 156) sehr wahrscheinlich nur solche Röhrenbewohner in Betracht, welche ihre Röhren fast nie freiwillig verlassen und sich in diesen Röhren durch Anpressung des nackten Hautmuskelschlauchs an die Wandungen hin und her bewegen, nämlich tubikole Anneliden; hierbei kann sogar an eine spontane Einpressung in die noch nicht ganz verdichtete Wand gedacht werden. Allzuweich darf die Bodenschicht nicht mehr angenommen werden, da sonst die großen Höhlungen keinen Bestand hätten. Bei weichem Zustande des Bodens konnten nur solche Tubikolen existieren, welche es verstanden, mit eigenen Bauten die Höhlung zu sichern und auf irgend eine Weise den Druckwirkungen zu begegnen (vgl. Kap. 34 Über Rhizokorallium).

Fig. 1.



Fig. 2.

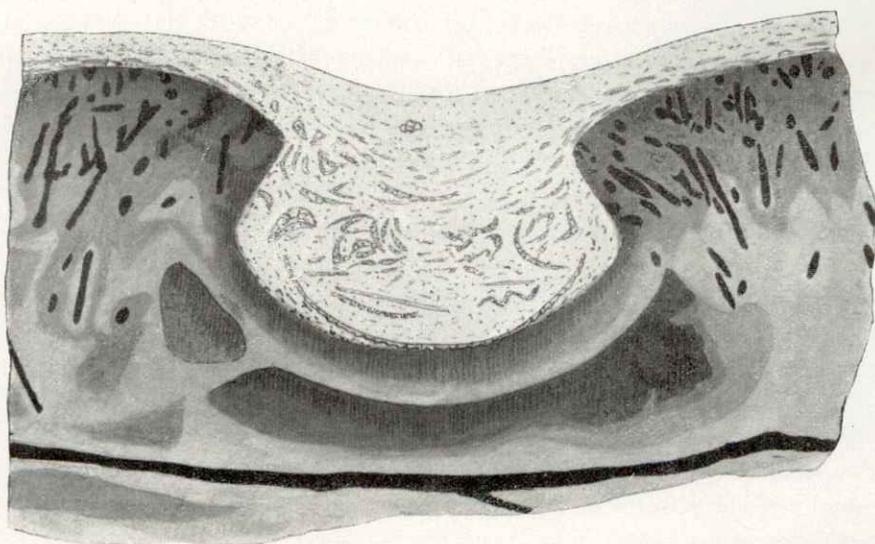


Fig. 3.



erlag hier, also in einer älteren Schicht von völlig verschiedener Entstehungsweise, ohne Petrefakten, jedoch mit Lösungseinschlüssen, welche zu eigenartigen Auskristallisationen Anlaß gaben, einer teilweisen Oxydation; diese erzeugte bei gleichmäßigem Gefüge der Oberfläche eine Kruste von 1—2 mm, durchsetzte aber auch Bänke bis in ca. 6 und 20 mm Tiefe mit feinverteiltem Braun- und Roteisenerocker, gleich dann auch von der Oberfläche her die etwas schwächeren Unterschiede zwischen dem Gesteinskörper und den Wandhüllen der kleinen Röhren aus und brachte diese so wieder zum Verschwinden.

Ein größeres Stück eines klein-riffartigen Abtragungsreliktes einer ca. 3 cm hohen Schicht aus der Spiriferinenbank bei Retzbach zeigt eine etwas über 1 cm starke Außenzone tief dunkelrotbrauner Färbung, welche auf den Seitenböschungen des Riffstückes horizontal ausstreicht und offenbar als Außenzone einer viel größeren, in ihrer Ausdehnung verringerten Schicht schon geschaffen war, ehe es in Riffform von Bohrwürmern (Typus 2) angebohrt wurde, da diese auch in die tiefere graue, noch 2 cm starke Liegendzone von den später abgebochten Seitenflächen aus eindringen, ohne aber hier Veränderungen hervorgebracht zu haben.

11. Daß die hämatitisch gefärbte Verockerung eine sehr frühe Erscheinung ist, das beweist der Umstand, daß zu den häufigsten und widerstandsfähigsten Gesteinen, welche als Geschiebe in den hangenden Schichten der Tubikolenbänke liegen, gerade diese mit der braunroten Färbung¹⁾ gehören. Daß jene Kalke aber vor Ablagerung des Hangenden in intensivster Weise abgetragen wurden, darüber besteht auch nicht der leiseste Zweifel; denn so wie die Hangendflächen der Bänke die Röhren häufig in den wechselndsten Stadien der Verringerung und Formbeschneidung zeigen, so können diese nicht primär gebildet worden sein, sondern können nur als Abtragungsrelikte größerer, vollständiger Röhrensysteme betrachtet werden.

12. Das S. 47 besprochene und in Beilage I Fig. 2 abgebildete Stück der in Taf. VII Fig. 9 skizzierten Fundstelle zeigt eine Ausnagungsvertiefung im Querschnitt wie eine ausgebauchte Schüssel; sie ist dadurch, daß auf dem einen oberen Seitenrand die Bohrröhren schief nach innen gerichtet sind, als älter wie diese erkennbar; diese Vertiefung ist erfüllt von hellerer, feine Sandkörnchen führender Dolomitmasse, welche in einer mittleren Lage ziemlich reichlich Schalenfragmente enthält; entsprechend der Innenfläche dieser Vertiefung besitzt ihr äußerer Rand eine breite, tief blutrote Färbung, welcher ein schwarzgrauer, dann gelber Farbstreifen folgt; dieser setzt in scharfer Grenzlinie gegen einen zweiten roten Streifen ab, der wieder die gleiche Färbungsfolge nach innen zu erkennen läßt. Dieser zweite innere Streifen geht seitlich so weit in die Höhe, als die untere Hälfte der Vertiefung jener scharf ausgeprägten Ausbauchung reicht, d. h. er hört da auf, wo sich deren obere Seite, die nach dem Innern der Vertiefung überhängend ist, dahin vorbeigt. Diese Stelle bezeichnet übrigens zugleich den Bereich der zu beiden Seiten der Vertiefung von oben herab dringenden Bohrröhren; es ist mir kein Zweifel, daß die beschriebenen Färbungserscheinungen durch die vorher im Anschluß an die Bohrröhren erfolgte summarische Erhärtung ihre seitliche Begrenzung erfahren haben.

¹⁾ Diese braunrot gefärbten Geschiebe finden sich ebenso in den auch Geschiebe führenden Liegendzonen so mancher Fossilbänke des Oberen Muschelkalks; zu den oben S. 79—82 erwähnten Vorkommen füge ich noch ein interessantes Fundstück aus den Oberen Nodosenschichten vom Kutschenreth bei Zelllingen a. M., in dessen Hangendzone die nach oben umgedrehten Anwachsflächen von Terquemien zu sehen sind, welche sich an solchen Geschiebeansammlungen befestigt hatten.

Es erweist sich also diese scheinbar vom Außenrand in farbigen Durchsetzungs- bzw. Durchsinterungsschalen nach innen vordringende Gesteinsumwandlung völlig und in charakteristischer Weise, von außen nach innen an Ausdehnung abnehmend, von der Gestaltung der äußeren Oberfläche abhängig; sie ist also auch danach tatsächlich als von außen nach innen vorgedrungen zu erachten.

Diese hämatitischen Streifen sind nun natürlich nicht primär, sondern erweisen sich schon bei der Prüfung mit der Lupe als eine Umwandlung von reichlich eingestreuten Eisenkieskörnchen, welche in Schichtbändern angereichert sind; der untere seitliche Umriß des tieferen Bandes ist aber auch noch von einer zweiten Oberfläche abhängig, nämlich von einer sehr naheliegenden Lage mit reichlichen flachliegenden Bohrröhren, wie sie in Beilage I Fig. 2 im Querschnitt mit ihren Hofringen getroffen sind. Wir haben also hier eine unmittelbare Beziehung zwischen der Anreicherung von Erz in der Umgebung der Bohrröhren und der äußeren Oberfläche des Gesteinskörpers, was auch durch ein weiteres Fundstück bestätigt wird.

Die hier ganz außerordentlich auffallende hämatitische Umsetzung steht auch ohne Zweifel mit den Eigenheiten der Hangendfläche der Vertiefung in Zusammenhang; sie verliert sich, an Breite abnehmend, nach dem Oberrand des „Schüssel“-querschnitts. Da in der Füllung der Vertiefung selbst keine Spur dieser Verockerung erkennbar ist, so muß sie entweder vor der Füllung oder aus der Füllung heraus während ihrer Entstehung oder Diagenese eingetreten sein. Hierüber noch näheres im folgenden Kapitel! — Es sei hier nur hinzugefügt, daß die Gesteinsspältchen, welche jüngerer Entstehung sind, eine solche Färbung nicht kennzeichnet, und hier nur eine einfache Verockerung eintritt, daß aber eine große unregelmäßige Höhlung, welche spaltähnlich quer durch die Bank hindurchgeht und mit ockeriger Masse erfüllt ist (wohl eine unregelmäßig erweiterte Bohrröhre des großen Typus), die blutrote Färbung zeigt. — Es liegt nahe, bei dieser hämatitischen Umwandlung an die Wirkung starker Salzlösung während der Eisenkieszersetzung zu denken. Auch dies darf im Sinne einer sehr baldigen Umsetzung der Erzbeimengungen während der Ablagerung des Hangenden ausgelegt werden (vgl. die mikroskopische Untersuchung).

13. Das in Beilage I Fig. 2 dargestellte Vorkommen zeigt auch noch die Tatsache, daß ein Teil der Bohrröhren die untersten Lagen des krustenartig aufgewachsenen Schalenriffes durchbricht und zwar in einer der Gesteinsdurchbohrung gleichen Beschaffenheit der Innenfläche der Röhrenchen. Ein anderer Röhrentypus mit einem wesentlich kleineren Durchmesser durchzieht gleichfalls die Schalenriffkruste, aber mehr in der Horizontalen, durchbohrt aber auch die Schälchen quer und dringt ebenfalls noch in die Gesteinsunterlagen. Die Schalenkruste war jedenfalls durch die deckende und überbrückende Überwachsung zu einer festen einheitlichen Masse verkittet. Die an einigen Stellen noch sie und die Schälchen selbst durchbohrenden Würmer waren also jedenfalls befähigt, harte Substanzen zu durchbohren; das unveränderte Hinübergehen der Röhren in den darunter liegenden Gesteinskörper läßt auch von diesem Standpunkt folgern, daß dieser ähnliche Härteverhältnisse schon erlangt hatte (vgl. hierzu auch Kap. 34 über Rhizokorallium).

Da die Würmer hier an dieser interessanten Stelle nicht während einer andauernden Sedimentation in dem Schlamm gewohnt haben, sondern zum Teil erst auf einer nicht unbeträchtlichen Ausnagungsfläche (vgl. auch Taf. VIII

Fig. 9 aus ungefähr gleichzeitigem Horizont), so ist es auch ohnedies naheliegend, daß ein großer Teil der von der Abtragung scheinbar unberührt gebliebenen Oberfläche diejenige einer der Erosion widerstehenden Kernmasse oder einer sehr rasch erhärteten Oberfläche der Grundschiebt gewesen ist. Das letztere ist jedenfalls auch der Fall gewesen, wo die Bohrröhren des Ecki-Ooliths an der flachen Obergrenze eines auf weite Strecken hin charakteristischen, wenig mächtigen Bankkomplexes auftreten (vgl. S. 47).

14. Die gegebenen Erklärungen setzen voraus, daß die Schichtmasse, in welche die Bohrröhren eingesenkt waren, noch nicht ganz erhärtet, sondern daß sie noch in verschiedenen Zuständen der währenden Erhärtung begriffen war, in welchen die Agentien, die von den Röhrenhöhlen ausgingen, noch in gewisser Stärke wirken, vielleicht den Vorgang der vollen Erhärtung beschleunigen konnten. Seinerzeit auf das Vorkommen von Berggrheinfeld angewiesen, glaubte ich, l. c. 1901, noch an eine Durchbohrung ganz harten Gesteins, schließe aber jetzt, daß auch dort in noch nicht ganz harter Masse gebohrt wurde und daß die in dieser Riffvorrangung gehäuften Bohrröhren gerade noch zur Widerstandsfähigkeit der Schichtstelle an sich beitragen, so daß sie der rings wirksamen Abtragung entging.¹⁾

Als ein wichtiges Kennzeichen, daß auch diese Schichtstelle schon als Riff bestanden und somit eine gewisse Widerstandsfähigkeit besessen hat, scheint mir darin zu liegen, daß die Bohrröhren auf der Seitenböschung der Vorrangung ziemlich senkrecht auf der Oberfläche angesetzt und radialstrahlig nach innen gerichtet sind. Diese Anordnung sieht man ebenfalls an der Aufbiegung der in Taf. VII Fig. 9 dargestellten Bodenunebenheit, wo sie auch im kleinen zu beobachten ist; verschiedene eingesammelte größere Fladen mit ähnlichen noch niedrigeren Seitenböschungen zeigen an diesen die strahlige Anordnung sehr deutlich. Die Ansatzstelle der Bohrung senkrecht zu gerundeten oder abschüssigen Teilen der Schichtoberfläche darf dann als zweckdienlichste Richtung gelten, wenn die Schicht schon etwas gehärtet war, weil dadurch ein Abgleiten der Bohrkralen vermieden wird; hierbei ist zu bedenken, daß bei einem wurmartigen Körper die Kräfte sich in seiner Längsachse summieren und die beste Wirkung erzielt wird, wenn diese Resultante auf der in Angriff genommenen Oberfläche ungefähr senkrecht steht; das setzt aber die Notwendigkeit der Konzentration der Kräfte voraus, d. h. die Überwindung eines schon beträchtlichen Widerstands, d. h. eine etwas vorgeschrittene Krustenerhärtung die angebohrten Gesteins. — Bei einem anderen hierher gehörigen Vorkommen sind die schmalen Bohrröhrechen auf der Unterseite der nicht sehr hohen Schicht in der Fläche umgebogen, ein Beweis, daß ein noch größerer Widerstand im Liegenden entgegengrat.

15. Für die Vorkommen aus dem Liegenden der Schaumkalkbank von Karlstadt, Zellingen, Oberzell muß aber die Durchbohrung eines schon ganz harten Gesteins angenommen werden (vgl. auch die aus den Nodosenschichten bei Rothenburg o. d. T. S. 27 erwähnten Röhren); hier ist gar keine Einwirkung in der Nachbarschaft der Röhren zu bemerken, das Gestein ist wohl schon zu fest gewesen; es sei denn, daß die physiologischen Eigenschaften des Einwohners keine Anlässe zu der Hofbildung boten. Hierbei ist die Möglichkeit auch in Erwägung zu ziehen, daß etwa

¹⁾ Daß die Liegendschicht mindestens in Kernen ungleichmäßig erhärtet war, habe ich schon 1901 angenommen. E. PHILIPPI (N. Jahrb. f. Min. Festband 1907 S. 438—439) zitiert ähnliche Tatsachen aus dem tieferen Wellenkalk nach R. WAGNER; ich stimme mit ihm gegenüber WAGNER darin überein, daß die Verfestigung unter dem Wasserspiegel stattfand.

die von dem Besiedler ausgehende Einwirkung noch nicht lange genug erfolgt wäre, wie an den tiefsten Endigungen sowohl der breiten als der schmalen Röhren gelegentlich zu beobachten ist, daß bis hierhin der Ringhof sich verschmälert oder überhaupt abbricht; da derartiges auch bei horizontal umgebogenen Röhren eintritt, wobei man voraussetzen darf, daß die Bohrung gleiche diagenetische Zustände antrifft, so scheint man berechtigt zu sein, lediglich eine noch fehlende Dauer der Einwirkung vom Besiedler aus für die obige Tatsache verantwortlich zu machen.

Zusammenfassung zu Kap. 15. Es sind im Liegenden der Fossilbänke des Wellenkalks oder ihrer Vertreter schon früher vielfach erwähnte, aber nicht weiter untersuchte Bohrröhren vorhanden, welche entweder U-förmig gebogen (unverzweigt und verzweigt) oder gestreckt und fast nicht verzweigt sind; beide kommen getrennt voneinander, aber auch miteinander vor und setzen gleiche Bohrtätigkeit voraus; erstere Röhren sind von stärkerem Durchmesser, letztere sind klein und sehr klein. Ihre Umgebung läßt erkennen, daß zum Teil ihre Anwesenheit mit einer Veränderung des die Röhren umgebenden Gesteins verbunden ist. Häufig zeigt sich hier eine einfache Verdichtung (Hofring) zu einem gleichmäßigen und grauen Kalk in einer gewissen Breite um die Höhle, der übrige Teil des Gesteinskörpers ist aber stark vererzt und zwar zunächst dem Hofring am stärksten durch Anreicherung von Schwefeleisen. Alle Arten dieser Röhren zeigen dies, am seltensten oder vielmehr nicht gewisse dicke, stark verzweigte. Es tritt aber auch gelegentlich eine Art Regeneration des ursprünglichen Verhaltens wieder ein, so daß auch der außer dem Hofring liegende Kalkkörper jenem des Hofrings selbst wieder ähnlich wird; es zeigt sich dann oft nur ein geringer Rest der Vererzung oder ein Entwicklungsrudiment dazu. Der Vererzungsbereich hat neben der nicht gerade häufigen Kalkregeneration auch eine viel regelmäßigere hämatitische und limonitische Verockerung erfahren, welche ebenfalls sehr rasch nach der ersten Anlage des Ganzen erfolgte.

Es läßt sich erkennen, daß die Anbohrung häufig an riffartigen Abtragungsresten, welche auch mit gleichzeitig durchbohrten Schälchen besetzt waren, erfolgte; die Organismen waren also befähigt, harten Untergrund zu durchbohren, was auch aus der Richtung der Bohrröhren radial zur Peripherie von gerundeten Riffkuppen hervorgeht. Hierüber wird noch näheres im Kap. 17 gebracht.

Unsere Auffassung ist die, daß diese Anbohrung aber nicht nur ganz harte Schichtteile betraf, sondern auch in der Erhärtung noch begriffene, woraus sich die verschiedenen Stadien der Umwandlung der Umgebung und des Schichtkörpers ebenso ergeben, wie die Möglichkeit einer sehr rasch nachfolgenden Regeneration¹⁾ und Verockerung des Ganzen. Dieses würde also noch zum Abschluß der diagenetischen Erhärtung der Liegendschichten gehören, welche hier an diesen Stellen der Schlammablagerungs-Unterbrechung noch unter dem Einfluß der biologischen Wechselercheinungen auf dieser nackten Schichtoberfläche stattfinden konnte (vgl. Kap. 16). Ja, noch mehr! Dieser Boden autochthonen Lebens war infolge der vielfachen chemischen und mechanischen Einwirkungen derart oft unzusammenhängend geworden, daß an vielen Stellen ein Zerfall eintrat und Bruchstücke der Schicht — meist Geschiebe der veränderten Oberflächenkruste — in die nachfolgende

¹⁾ Es muß freilich als fraglich dahingestellt bleiben, ob diese Regeneration eine völlige ist, wieweil auch ein äußerlicher Ausgleich stattfindet.

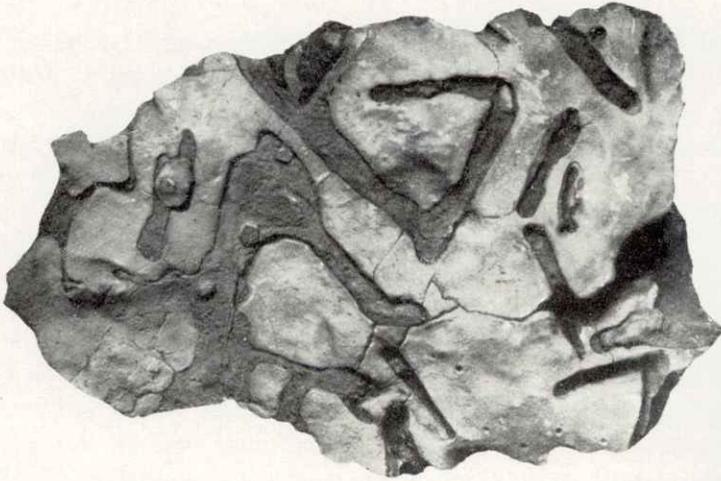


Fig. 1.

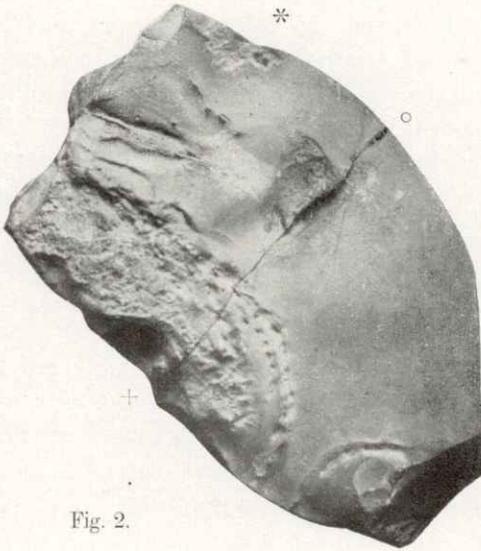


Fig. 2.

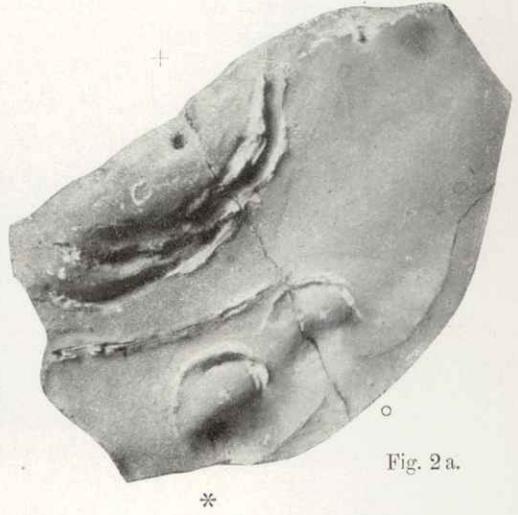


Fig. 2 a.



Fig. 3.



Fig. 4.

Ablagerung gelangten, welche einen so reichen Wechsel von Erscheinungen endgültig nach oben abschloß; das Vorstadium bilden die „gesprengten“ Kalke.

Kap. 16. Mikroskopische Kennzeichnung der Bohrröhren-Hülle und der Röhrenaufüllung.

Es ist nötig, die Einzelheiten der Hofringbildung, wie sie sich unter dem Mikroskop darstellen, besonders zu behandeln, wobei auch einige makroskopische Einzelheiten im Zusammenhang nachgeholt werden; hierzu dient Beilage II Fig. 3¹⁾.

1. Die Kalksubstanz des grauen Hofrings unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Kalk der anderen versteinierungsfreien Bänke nicht; er ist ein fast völlig einschlußfreier, sehr feinkörniger Kalk mit recht geringen tonigen Beimengungen und vereinzelt kleinsten Inseln etwas größerer Kristallmetamorphose, ein Kalk, wie er im Grunde genommen auch den übrigen Gesteinskörper bildet, wenn dieser auch etwas ungleichmäßiger ist und sich etwas schwerer aufhellt. Es ist kein Anzeichen dafür da, daß im Hofring eine mechanische Verdichtung oder sonst eine „gewollte“ Umarbeitung der Gesteinsmasse vor ihrer Erhärtung eingetreten sei (S. 158, 3). Das Verhalten bleibt so bis zum scharfen Rande des Hofes, wo plötzlich unmittelbar nicht nur eine sehr dicht eingestreute Masse von kleinen limonitischen Körnchen, Fetzen und Häutchen auftritt, sondern auch eine Häufung von größeren Butzen mit Schwefelkies; jedenfalls war Schwefelkies die Form, in welcher hier allgemein das Eisen zur Ausscheidung kam. Diese Beimengungen werden vom Hofring weg immer weniger und weniger, meist in einer deutlichen Gleichmäßigkeit der Abnahme an Größe und Zahl. — Öfter aber zeigen sich zunächst den Röhren auch Verschiedenheiten; so kommt es vor, daß eine etwas geringere Anreicherung in der Umgebung der Hülle — mit nur örtlicher Verstärkung in den Winkeln, mit denen zwei Ringe aneinanderstoßen — zu bemerken ist, daß aber eine zweite, größere Verstärkungszone konkordant mit den Umrißlinien der Röhrengруппierung in einer gleichbleibenden Entfernung von der Hofhülle auftritt, ganz in dem Habitus der Durchsinterungsstreifen. Die Identität mit den Durchsinterungsstreifen zeigt sich darin, daß der Streifen einen gegen die Hofhülle gewendeten Verdichtungsrand hat, der nach unseren früheren Ausführungen S. 85 auch die Richtung des Vordringens der Vererzung von außen gegen die Hofhülle zu folgern läßt. In einem andern Falle zeigt sich eine so starke Konzentration des Erzes unmittelbar am Rande der Hülle, daß auch in diese die Vererzung von außen eindrang und in einem nach innen rasch abnehmenden, sofort äußerst feinkörnigen Eindringen erfolgte. Die Vererzung fand also hier eine sehr dicht gefügte, viel weniger durchlässige Masse vor. Auch die von der Röhrenfüllung ausgehende Vererzung hat selten eine Einwirkung auf den Hofring; doch ist sie bei den kleineren Röhren wohl zu beobachten und erweist sich hier als Folge eines zwar der ersterwähnten Vererzung entgegengesetzt gerichteten, doch von „außen“ erfolgenden Vorgangs.

Aus dem mikroskopischen Befund läßt sich also schließen, daß es sich in der Trennung des Hofrings von dem übrigen Gestein nicht etwa um Differenzierung der ursprünglichen Gesteinszusammensetzung, um eine zweiseitig sich konzentrierende

¹⁾ Die Dunkelheit der Außenzone in Fig. 3 ist durch die braune Farbe in der Mikrophotographie stark gesteigert; immerhin zeigt sich die scharfe Trennung des hellen Hofrings gegen die infiltrierte Außenzone.

Scheidung der zuerst gemischten Vorbestandteile nach Kalk und Eisengehalt handelt, sondern in erster Linie um eine solche nach der Dichtigkeit und Gleichmäßigkeit des Kalkgehalts und Kalzitkorns, welche Scheidung erst in zweiter Linie zu jener der Zone mangelnder und konzentrierter Vererzung Anlaß gibt. Der mikroskopische Befund läßt also der obigen, aus anderen Tatsachen geschlossenen Folgerung nicht entgegentreten, nach welcher es sich im Bereich des Hofrings um einen Zuzug von Kalklösung aus der Bank handle, die hier eine zwar geringe, aber allgemeine Vergrößerung bzw. nur eine allgemeine Vermehrung des Zusammenschlusses des Kalzitkornes hervorrief; dieser entspricht andererseits ein etwas ungleichmäßigeres Korn und weniger dichtes Gefüge außerhalb der Hofringe. Die hierdurch geschaffenen Unterschiede sind nun selbst wieder Ursache eines Ansaugens des nur von der Oberfläche des Bodens her möglichen Raum- oder Lösungersatzes, welcher sofort als eine notwendige Folge des primären Vorganges eintreten muß, der nur in der Art der Erfüllung, nicht in dem Eintreten selbst gewissen Zufälligkeiten unterworfen ist.

Daß eine derartige Erzanreicherung wirklich mit einem Einzug von außen, mit einer Infiltration verbunden ist, das haben wir an dem einzigen Fundstück Beil. I S. 145 Fig. 2 gesehen; es ist das da deutlich, wo die stauende Röhre mit ihrem Verdichtungs-hof nahe unter der Oberfläche (hier eine eingetiefte Oberfläche) liegt; in allen anderen Fällen zieht die Menge verfügbarer Erzinfiltation bis zum tiefsten Punkt der Gesteinsundichtigkeit, welche oft fern von der Oberfläche ist. Darum glaube ich, liegt auch ein Zwang der Infiltration vor, eine Ansaugungswirkung, die so lange währt, bis die entstandenen Ungleichmäßigkeiten und Undichtigkeiten ausgeglichen sind.

Hierdurch, scheint mir, sind auch die eigentümlichen Züge von Schwefelkiesanreicherung in vielen dichten, fossilfreien Kalken zu verstehen (vgl. Kap. 23).

2. Was die Kalkkonzentration betrifft, welche sich in den Hofringen äußert, so ist eine ganz ähnliche Bildung in den gleichen dichten grauen Kalken da zu erkennen, wo eine vereinzelt Bivalvenschale eingeschlossen ist; eine solche vermag einen nicht breiten, aber deutlichen und gleichartigen Hofring um sich zu bilden; sie wirkt also auch um sich herum Lösungs-verdichtend und außerhalb des Hofes in gleicher Weise in erster Linie Lösungs-entziehend; sie tut es aber auch ungleich länger als der schalenlose, vorübergängige Besiedler der Röhre, der also auch mit gesteigerten Mitteln wirkt. Es ist hier nochmals zu betonen, daß die Hofringe bestehen, ob und wie die Röhren erfüllt sind oder ob sie hohl blieben, daß also von dem lebenden Besiedler aus die Einwirkung erfolgen mußte.

Der chemische Vorgang der „Vererzung“ wird der sein, daß von der Hangendfläche, der Fläche der Bildung des ockerkalkreichen und dolomitischen Absatzes, an Eisen reiche Karbonatlösung in den Gesteinskörper gesogen wurde, welche durch den Schwefelwasserstoff zu der sulfidischen Ausfällung gebracht wurde; es konnte auch je nach der Örtlichkeit und der Entwicklung der Fauna die Reihenfolge der Aufnahme die umgekehrte sein. Diese Auffassung ermöglicht auch, wenigstens zu einem gewissen Teil, die Regeneration des außerhalb der Hofringe befindlichen Kalkes zu verstehen, die dann stattfinden muß, wenn die sulfidische Umwandlung durch den auslassenden Nachschub von Schwefelwasserstoff¹⁾ auch ab-

¹⁾ Es braucht nicht hervorgehoben zu werden, daß der H₂S aus verwesenden Organismen stammen wird.

gebrochen ist. — Über die weiteren Prozesse müssen wir noch ein anderes Vorkommen in gewissen Einzelheiten besprechen.

3. Das in Beilage I Fig. 1 skizzierte Vorkommen zeigt in einem einheitlichen Kalkschichtkörper eine Zusammensetzung aus zwei durch eine Horizontallinie getrennten Kalkvarietäten, die sich einerseits darin äußert, daß die vertikal oder steil in die Oberschicht eindringenden Röhren in der unteren eine Neigung zeigen zu horizontaler Umbiegung, also in letzterer die bohrende Tätigkeit horizontal offenbar einen geringeren Widerstand erfuhr als vertikal, wobei die Röhren auch Flächenverzweigungen zeigen; andererseits wechselt die Farbe der sich an diese Röhren anschließenden Gesteinszersetzung plötzlich mit der besagten Grenze zu der unteren Zone aus einem Hellgrau in ein intensiveres Braun und dieses nach unten vordringende Braun zeigt an der äußersten Grenze des Vordringens streifig-bänderige Unterschiede. Das Mikroskop und schon die Lupe zeigt im Dünnschliff einen dem Vordringen entsprechenden äußersten Verdichtungsrand; die Färbung selbst besteht in sehr licht gesetzten limonitischen, fast mikroskopischen Pünktchen und Häutchen. Bemerkenswert ist, daß hier Schwefelkies, der in gewissen horizontalen Zügen des Gesteins diesseits und jenseits der unregelmäßigen Färbungsgrenze in gleicher, ziemlich reichlicher Menge vorkommt, nur innerhalb (oberhalb) der Farbengrenze, der Röhrenzone genähert, etwas zersetzt ist, also jedenfalls durch seine Zersetzung zu der limonitischen Färbung den Stoff geboten hat. Das Vordringen der Färbung ist das der Durchsinterungsschalen.

Wenn wir nun oben angaben, daß die Färbung sich hier im großen und ganzen an die Röhren anschließt, so ist doch ein Unterschied zu machen mit den eigentlichen Hofringen der großen Röhren, sowie mit den summarischen Hofringen der schmalen Röhren. Es ist nämlich vereinzelt zu erkennen, daß auch die kleinen Röhren schon in der mittleren Schichthälfte (z. B. Fig. 2) einen hellen Hof besitzen inmitten der tiefbraunen Gesamtfärbung. So erklärt sich die letztere als gleichwertig mit jener Erzkonzentration in den Zwischenräumen zwischen den Hofringen. Daraus folgert, daß das Vordringen dieser Umwandlungen sich doch an die nähere bis weitere Umgebung der Röhren anschließt, in diesen Regionen also der Gesteinskörper leichter durchdringlich geworden ist, als in den Hofringen selbst und ebenso auch wieder ganz entfernt von ihnen. Auch das spricht also für einen Kalkentzug, d. h. für den Entzug des Lösungsbestandes, der in den Höfen selbst den Zusammenschluß der Kalzitkörner dichter gemacht hat. In der unteren Schichthälfte, wo also die durchdringende Flüssigkeit auf reichliches Schwefeleisen traf, wurde die stärker färbende Masse lediglich der Zersetzung dieser primären Beimengungen entnommen und nicht von außen infiltriert.¹⁾ Der Raum unter der braunen Zone führt kein Schwefeleisen, dagegen wieder die äußerste Zone in dunkeln wolkenartigen Massen feinsten Verteilung, welche sich in einiger Entfernung um die Röhren gruppieren, von diesen selbst durch etwas unscharfe Hofbildungen getrennt sind. In der äußersten Zone sind diese Erzeinwanderungen limonitisch und hämatitisch zersetzt und umgewandelt.

4. Es ist nun noch etwas über die graue Kalkzone oberhalb der mehrfach erwähnten scharfen Färbungsgrenze (Beil. I Fig. 1) zu sagen. Die Röhren sind hier recht dicht gestellt und zeigen keinen eignen Hof; es könnte also hier eine sum-

¹⁾ Die Infiltration bringt hier offenbar nicht das Erz, sondern eine Lösungskomponente.

marische Hofbildung vorliegen nach dem S. 143 gegebenen Beispiel. Dies wird dadurch gestützt, daß da, wo die Röhren der oberen Schichthälfte gerade an der Färbungsgrenze in die untere eintreten, sie eine scheinbare Ausbiegung der oberen Schicht in die untere als Hofring begleitet, der ja ebenso auch im Innern der braunen Zone auftritt. Die graue Zone ist also auch hier eine Gesamtverdichtungszone, welche sowohl von oben sekundär angegriffen wurde, als auch von unten, woselbst ebenfalls ein Teil der Höfe in der gelbbraunen Umwandlung verschwinden. Es müßte aber dann diese letztere Zersetzung nicht von oben, sondern von der Seite her, nach Art der Durchsinterung vor sich gegangen sein, was ja nach Taf. VII Fig. 9 an dieser Stelle im allgemeinen sehr leicht eingetreten sein kann, wie noch im besonderen zu bemerken ist, daß diese Grenze von horizontalen Röhren sehr stark durchsetzt ist (Fig. 2 Beil. I).

5. Diese Prozesse können nun einen recht raschen Verlauf genommen haben, denn es wurde oben sehr wahrscheinlich gemacht, daß schon allein die Hofbildung im Anschluß an die organische Besiedlung die sofortige Infiltration oder Durchsetzung von oben und von der Seite her nach sich ziehen würde und daß dann auch die weiteren Umwandlungen sich rasch bei den reichlichen autochthonen Lebensprozessen, welche sich auf der Schichtoberfläche abspielen, vollenden können.

Hiefür von Bedeutung ist folgende Tatsache; die in Rede stehende Fundstelle zeigt auf verhältnismäßig weiten Strecken keine über ihr folgende starke Schicht mit Fossilien und anderen Einschlüssen, welche es wahrscheinlich machen könnte, daß von ihr aus im Laufe der „Metamorphose“ diese Umwandlungen geschehen wären. — Einen großen Teil der Bedeckung bildet ein auf weitere Flächen hin verbreitetes dichtes Pflaster mit breitflächig angewachsenen Placunopsiden-Schälchen oder von aufliegenden Limen in Aneinanderreihung einzelner Schalen. Zwischen diesen Schälchen, deren Aufwachsung im Querschliff unter dem Mikroskop zu beobachten ist, findet sich auf gewisse Strecken hin eine ganz dünne Ockerkruste mit einzelnen Kalzitkriställchen und kleinen mikroskopischen Glaukonitstückchen. — Ich habe den Eindruck, als ob an diesem Bestand nach Anwachsung der erwähnten Schälchen nicht viel mehr sich geändert habe.

An anderen Stellen ist die Bedeckung der Schicht freilich anders, ohne daß im Verhalten der Liegendschicht etwa eine Änderung eingetreten wäre. Hier ist nicht nur eine Lage von Placunopsiden aufgewachsen, sondern es zeigt sich die Bildung einer schwachen, bis 1 cm starken Schalenriffkruste durch Überwachsung der ersten Lage mit einer Anzahl Individuenschichten, die eine einheitlich feste Riffmasse gebildet haben müssen; es sind zwischen den Lücken der Schälchen flache Schmitzen von Schlamm, Sand, Glaukonit, Foraminiferen und kleinen Krinoidengliedern eingeschaltet. Hier zeigt sich, daß ein Teil der Bohrröhren noch durch die unterste Lage der Riffkruste hindurchgebohrt sind. Die höhere Lage der Riffkruste ist aber auch quer und flach mit noch viel schmälere Röhren durchsetzt, welche aber auch noch das Gestein erreichen. Tubikolen- und Bivalvenbesiedelung bestanden jedenfalls eine kurze Zeit an manchen Stellen noch nebeneinander, ehe letztere die Oberhand gewannen.

An diesen Stellen ist nun die Erzinfiltation besonders stark; wenn man bedenkt, daß sie aber sonst bei einer 30fachen Stärke der darüber liegenden Fossilenschicht viel schwächer ist, so fällt es schwer daran zu glauben, daß es die chemischen Einwirkungen der Gesteinsüberlagerung, etwa im Laufe der Diagenese oder Metamorphose wären, welche die Umwandlungsanstöße boten. — Ich schließe

daher auch hieraus, daß es die Umstände des autochthonen Lebens sind — und zwar die vor jeder bleibenden Überdeckung —, welche hier am ausgiebigsten wirkten. Auch in anderen Fällen erweist es sich klar, daß die Umwandlungen im Liegenden des Fossilkalkes in keinem Verhältnis stehen zu der Art und der Masse des hangenden Fossilkalkes selbst, ob dieser überhaupt vorhanden ist oder nicht.

6. Wir haben nun noch die Ausfüllung der Bohrröhren zu berücksichtigen.

Die Röhren sind meistens erfüllt mit unregelmäßigen Kalzitkristallen, welche bedeutend größer sind, wie der Kalzit des Gesteins, sich aber an Größe an die in den Röhren des Zinkblende führenden Gesteins vom Sommerhausener Graben (S. 24—25) oder aus dem Liegenden der Schaumkalkbank von Karlstadt (S. 139 u. 157) anschließen; es sind also jedenfalls zuerst regelmäßigeren Wachstumsvergrößerungen kleinerer eingeschwemmter Ockerkalkkörnchen, welche sehr rasch nach der Einfüllung stattfanden und in noch späterer Zeit unter stärkerer Verockerung sich auch unregelmäßiger vergrößerten. Die limonitische Zwischenmasse ist zu völligen Zwischenwänden erstarkt und zum Teil sind schließlich die Kristalle ausgelaugt. Daß man es hier mit einer Einschwemmung zu tun hat, das wird dadurch bewiesen, daß nicht nur Fragmente von Muschelschälchen und Fischschüppchen bis in die tiefsten Stellen der Röhren hinabgesunken sind, sondern auch Glaukonitkörnchen (vereinzelte mit der Lupe schon zu erkennen) und an einer Stelle ein Zirkonkorn, dessen genaue Diagnose mir Dr. SCHUSTER stellte.

Der obige Schluß über den Urzustand der Röhrenfüllung wird an anderen Präparaten desselben Fundorts bestätigt; hier ist die Füllung eine einfache hellgraue Masse von noch etwas feinerem Korn als das umgebende Gestein; keine Spur Erz, keine Spur Limonitierung zeigt sich. Diese Füllung ist gleichbedeutend mit jener einzelner kleinster Bohrröhren in der Schalenriffkruste. Da setzte nun die Umkristallisation ein und mit ihr auch gleich die Verockerung; kleine Kristallgruppen, welche Ockerhüllen haben, sind zuerst isoliert, vermehren sich und schließen sich zusammen, bis die ganze Röhrenfüllung dergestalt umgewandelt ist.

Beiderlei Röhren waren jedenfalls verschieden der Umwandlung zugänglich; es scheint, daß die festere, geschlossenere Überwachsung mit der *Placunopsis* die letzteren Röhren etwas weniger zugänglich gemacht hat; sicher waren die Röhren alle schon vor der Überwachsung bis zum Rande erfüllt und es findet sich stets zwischen der untersten oft auch einzigen Überwachsungslage schon eine ganz dünne mikroskopische Schicht von Kalzitkörnchen, Glaukonit und limonitischen Teilchen; die Füllung der Röhren zeigt gleiches mit Fragmenten der genannten Schalen; es war also die Schichtoberfläche bloßgelegt und den Einwirkungen des Meereswassers einige Zeit hindurch unmittelbar zugänglich.

7. Ein wichtiges Element in diesem Fossilkalk ist nun der Glaukonit; er kommt nicht nur in Körnchen von dichter einheitlicher Struktur vor, sondern auch als Färbemittel anderer, innerlich unganzer Körnchen, wie Kalzit; er durchdringt solche Bröckchen in ihren Spaltflächen und auch Gruppen kleinster Körnchen als ob er flüssig gewesen sei. Dies wird auch wohl anzunehmen sein; in den Nummulitenskeletten durchdringt er, wie bekannt, die feinsten Röhrensysteme und wird hierin nur von dem Limonit erreicht; es hat daher mehr als bloß den Anschein, als ob es sich bei dem rätselhaften Glaukonit um eine Adsorptionsverbindung colloidal gelöster Kieselsäure handelt, wie ja auch ähnlich die Limonitoolithe ein Kieselsäuregerüst haben. Die Ausfällung dieser Substanzen wäre aber eine definitive; es ist nicht bekannt, daß Glaukonit als solcher wieder gelöst und neu

abgesetzt werden könne; die glaukonitisierten Kalzitaggregate oder porösen Teilchen, welche wie Abbruchstückchen völlig isoliert inmitten anderer Massen in den Röhren stecken, oder die allmählich an Glaukonitgehalt zunehmenden Kalzitaggregate zwischen den Schälchen der Schalenriffkruste sind primäre Bestandteile der ursprünglichen Sedimentation. Da ist nun eine weitere Tatsache zu betonen, welche für die Altersbestimmung der Erzinfiltation und hämatitischen Färbung maßgebend sein dürfte. Nicht nur an der vereinzelt in Fig. 2 dargestellten Stelle, sondern auch an mehreren anderen Punkten jenes Aufschlusses zeigt sich in der äußersten Kruste, daß die hämatitische Färbung nicht nur von der Bankoberfläche, sondern auch von den kleinen Röhren nach innen vordringt und hier durch einen gelben Streifen von der dunklen an Schwefelkies reichen Hauptmasse der Vererzung getrennt ist; dabei zeigt sich nun, daß die abschließende Zone gegen die Röhrenhöhle oder gegen die äusere Schichtoberfläche hin einen ganz intensiven grünen, dem Gestein und nicht der Füllung oder der Überdeckung angehörigen Randstreifen besitzt, der gegen die Füllung selbst durch einen schwachen gelben Streifen sich abhebt; das Farbenspiel ist hier wirklich eigenartig.

Unter dem Mikroskop zeigt sich nun, daß der grüne Streifen aus eingestreuten Glaukonitflockchen bzw. -fläscherchen besteht, welche sich in den Undichtigkeiten der Gesteinswand hereingedrängt haben; später wurden sie selbst bei der Verockerung der Röhrenfüllung zum Teil wieder zersetzt.

Da nun dieser Glaukonitrand des Gesteinskörpers von außen her die hämatitisch gefärbte Zone dieses deckt und jedenfalls eine primäre, später von ihrem Platz nicht mehr verdrängte, höchstens etwas zersetzte Substanz ist, so schließe ich auch, daß die hämatitische Zone vor der Bedeckung mit dem Hangenden entstanden ist; es gehört auch chemisch und mineralogisch die Eisenoxydzone und die Zone des Eisenoxydsilikats (Glaukonits) unbedingt zusammen.

8. Die mikroskopische Untersuchung beweist also, daß von dem Besiedler der Röhren eine Einwirkung auf die Schichtmasse ausging, welche vielleicht durch Kohlensäure, kohlen-saures Ammonium und Ammoniak in einem gewissen Umfang durch Erhöhung der Konzentration und Ausfällung von Kalkkarbonat eine gleichmäßige Verdichtung des Kalzitkernes und außerhalb dieses Umfangs eine mit der Entfernung abnehmende Undichtigkeit des Gefüges erzeugte, deren Entstehung selbst eine unmittelbar durch Ansaugung erfolgende Erzimprägnation bewirkte. Dieser Vorgang mußte zur raschen endgültigen Erhärtung der Gesteinsmasse beigetragen haben; es mußte daher schon vorher die Schicht nicht mehr im Zustande ganz ursprünglicher Weichheit und schlammiger Beweglichkeit sich befunden haben. Die Diagenese war schon in gewissem Umfang eingeleitet. Eine mechanische Einwirkung der Besiedler auf eine weiche Masse hätte eine Zusammenpressung hervorgebracht, welche die beschriebene eigenartige Einwirkung eines den chemischen Kornzusammenschluß außerhalb des Hofrings hindernden Lösungszugs und die darauffolgende Erzinfiltation abgeschnitten hätte. Es war also die Masse schon nahezu erhärtet, was auch schon daraus hervorgeht, daß die Wurmansiedlung an den Oberflächenunebenheiten einer mehr als 35 cm tief ausgegagten Schichtmasse stattfand, welche schon vorher in über 0,6 m Mächtigkeit eine Bewegung in einer Flexur erlitten hat; bei dieser Bewegung waren gewisse Regionen wohl noch etwas weich, da einzelne Ablagerungsfugen verschwanden (S.119). Die starke Unregelmäßigkeit des Reliefs hätte aber in ganz weicher Masse nicht bestehen bleiben

können. Die Klippenform war auf die Richtung der Wurmröhren schon maßgebend und verhartete nach Untergang der Wurmkolonien, nach der Ausfüllung der Röhren und der erneuten Besiedlung mit seßhaften Bivalven. In diese Zeit, welche wechselnde Bedeckung und Abtragung mit kleinen Ansammlungen von Schälchen brachte, Sand und chemische Ausscheidungen zuführte und wegführte, fällt auch die Hämatitisierung und die seltene Glaukonitisierung der etwas älteren, der Wurmsiedelung angehörigen Vererzung; so kommt es, daß Geschiebe mit solcher Färbung in die hangenden Fossilbänke geraten können.

Wenn hier an einer Stelle viele Prozesse der Umwandlung schon vor der endgültigen Bedeckung gehäuft erscheinen, so ist zu bedenken, daß hier keine eigentliche Sedimentierung erfolgte, sondern eine längere Pause mit Besiedlung und Abtragung; so sind diese Vorgänge an dem kleinen Riff nicht zu auffallend, fehlen allerdings in ununterbrochenen Sedimentierungszeitläufen völlig.

Wir wiederholen also zum Schluß, daß 1. die rote Färbung außer in der Umgebung der Hofringe nur an der primären Oberfläche und im Innern der in ihrem Hofring nicht starken (S. 143) kleinen Röhren vorkommt, nie an Spalten etc.; 2. liegt die Färbung in gleicher Weise vor, ob nun die darüber liegende Lage Ockerkalk, Dolomit, Sand oder Schieferton ist; die Ursache der Färbung liegt also zeitlich vor dieser Überdeckung; 3. ist in den erwähnten Fällen die Zone der roten Färbung von außen her oft noch mit einer feinen Zone glaukonitischer Infiltration bedeckt, welche jedenfalls der roten Umwandlung gleich nachgefolgt ist; 4. können deswegen auch Geschiebe mit dieser roten Färbung, besonders Geschiebe mit kleinen Bohrröhren,¹⁾ in den Geschiebekalken der Fossilsschichten vorkommen.

Zusammenfassung zu Kap. 16. Die mikroskopische Untersuchung der Hofringe und des Zwischengesteins bestätigt den makroskopischen Eindruck der größeren Dichte des Hofringes selbst und die auf Grund einer nach dem Hofring zu sich steigernden Undichtigkeit erfolgte Vererzung. Diese durch Konzentration des Kalks nach dem Hofring zu entstehende Undichtigkeit hatte offenbar eine ansaugende Wirkung nach außen zu zur Folge, worin wieder eine Ursache der sofortigen Vererzung, Verockerung und der Regeneration liegt. An mehreren Erscheinungen wird die Herkunft des Vererzungs- und Umwandlungsvorgangs von außen geschildert, was besonders da auffällig ist, wo nur eine ganz geringe oder gar fehlende Schicht mit Fossilien als etwaige Vererzungs- etc. Quelle zu erkennen ist; es wird daher diese der vielfältigen biologischen Entfaltung während des Bloßliegens der Schicht, die einen Kampf zwischen Bohrwürmern und Placunopsis-siedelung darstellt, zugeschrieben. Eine der interessantesten Umwandlungserscheinungen, die sich hier bieten, ist die lokale Glaukonitbildung, welche nicht nur in Körnern in der Bohrröhrenfüllung und in dem bißchen Fossilkalk darüber auftritt, sondern die äußeren Grenzen der Bohrröhren, der Schichtoberfläche wohl im eignen statu nascendi infiltriert hat und zwar als letzte Erscheinung, welche auf die hämatitische und limonitische Verockerung der Vererzungszone folgt und sie von außen dicht zudeckt. — Es wird von hier aus nochmals die wichtige Folgerung bezüglich der Geschiebeentstehung bestätigt. — Es zeigt sich im ganzen ein seltenes

¹⁾ Schichtteile mit kleinen Bohrröhren kann man selbstverständlich unter den nicht großen Geschieben in größerer Zahl vertreten finden, als solche mit großen Röhren, welche indessen bei großen Brocken nicht fehlen.

und reiches Bild biologischer Einwirkung auf einer in ihrem Eigenwuchs gestörten und gehemmten Bodenschicht, weit entfernt von aller Deutung ihrer Einzelheiten als ein Ergebnis später Metamorphose.

Kap. 17. **Schlußfolgerung hinsichtlich des Bewohners der Bohrröhren.**

Es ist nötig, noch kurz eine Schlußfolgerung hinsichtlich des Erbauers und des Bewohners dieser Röhren auszusprechen. In Geogn. Jahresh. 1901 S. 46 habe ich „Bohrwürmer“, also tubikole Anneliden als Urheber der Röhrenbaue angenommen. Die Tatsache, daß in ihnen ein Schalenrest, der etwa auf Bohrmuscheln hinweisen würde, fehlt und die paarige Anordnung und tiefe Umbiegung der Röhre zu einem Ein- und Ausgang erinnerten an den bekannten *Chaetopterus*. Der kreisrunde Querschnitt der meisten oben besprochenen Funde, die Häufigkeit der U-förmigen Umbiegung der doppelten Öffnungen lassen die Beziehung zu *Chaetopterus* noch auffälliger werden, wie auch TH. FUCHS schon 1895 ähnliche Höhlungen geradezu mit diesem Tubikolen der Gegenwart in Beziehung setzte. FUCHS hat neuerdings in Mitt. der geol. Ges. Wien 1909 S. 343 und Verfasser im Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt 1909, 59. Bd., S. 626 über die Bohrgewohnheiten der röhrenbewohnenden Ringelwürmer referiert. Aus diesen Zusammenstellungen ist ersichtlich, daß es solche Anneliden gibt, welche auch in ganz hartes Gestein bohren und daß gerade diese es sind, welche ihre Höhlungen nicht mit verkitteten anorganischen Resten auskleiden, sondern einfach mit einer aus einem ausgeschiedenen organischen Schleim entstandenen und angeklebten pergamentartigen Hülle, welche gerade ausreicht, die Reibung an den harten Wänden zu verringern, da die Tiere sehr beweglich in diesen Röhren hausen. Es können also immerhin langsame Diffusionsvorgänge von Gasen und Flüssigkeit in die anorganischen Wände möglich sein; viel bedarf es ja nicht, um jenen Zuzug von Kalk zu erklären, der den Ringhof kennzeichnet. Oben erwähnte Zusammenstellungen zeigen aber auch, daß ein und dieselbe Tiergruppe gestreckte und U-förmig gebogene Röhren bilden kann; die unter 1 und 2 gekennzeichneten Röhren mit dieser Verschiedenheit verlangen also nicht die Annahme sehr verschiedener Besiedler, wie sie auch in gleicher Weise die Ringhöfe bilden; mit beiden sind die verzweigten Baue engstens verbunden.

Wir sind also berechtigt, alle die Typen von Bohrröhren der Tätigkeit von tubikolen Anneliden zuzuschreiben, verweisen aber zur Vervollständigung dieser Schlußfolgerungen noch auf das Kapitel über Rhizokorallium.

10 Auf sessile Tiere scheint auch die Gewohnheit hinzuweisen, sich an kleinen Vorragungen und Unebenheiten des Untergrundes massenhaft anzusiedeln und zum Teil hier mit sessilen Schaltieren in den Platzkampf einzutreten. — Hier sind die Möglichkeiten der Ernährung und Atmung in höherem Maße gegeben. An allen stärkeren Böschungen sind, wie unten näher begründet wird, jene Wasserbewegungen selbst in beträchtlicher Tiefe von größerer Wirksamkeit, welche lediglich die Folgen des wechselnden Drucks der darüber stehenden Wassersäule sind, wie dies allein durch einen hohen Wellengang erzeugt werden kann. Hierdurch können sessile Geschöpfe in erhöhtem Umfang ernährt und erhalten werden, wo sonst keine eigentliche Strömung von weither Nahrung bringt; dies gilt jedenfalls für viele in größeren Tiefen lebende Tubikolen. 11

Kap. 18. Über Bohrröhren aus dem Oberen Muschelkalk.

1. Röhrenartige Bildungen von genau der gleichen Art, wie die im vorigen Kapitel beschriebenen habe ich im Oberen Muschelkalk nicht so häufig beobachtet; sie wurden besonders im Profil von Rothenburg o. T. und von Sommerhausen erwähnt. Von Röhren der Art der kleineren Durchbohrungen fand ich in der Region der Semipartituskalke hie und da Schichtgesteine und Steinkerne von *Cer. semipartitus* durchsetzt. Die Bohrröhren in den tiefen Lagen des Profils bei Rothenburg unter der Cycloidesbank gehören dem größeren Typus an ohne Hüllenbildung; die Röhrenfüllung ist Ockerkalk. Die Röhren vom Sommerhauser Graben liegen in einem Fossilien führenden Kalk und sind wohl deswegen von unregelmäßiger Begrenzung; ihre Füllung ist auch Ockerkalk mit tonigen Beimengungen und Fischschuppen; die Eisen isomorph enthaltenden Kriställchen haben ihre regelmäßige und großkristalline Ausgestaltung jedenfalls noch durch eindringende Lösung nach der Röhrenerfüllung erhalten, eine Erscheinung, die z. B. auch für die etwas unregelmäßigen Karbonatkristalle der Röhrenfüllungen der Karlstadter Funde gilt.

2. Wenn diese Funde zumeist auf Bohrungen im festeren Gestein hinweisen, so scheint folgender Fund auf solche in noch weicher Masse zu deuten. Fig. 2 Beil. II stellt ein Fundstück aus den oberen Nodosenschichten vom Steinberg bei Würzburg dar, welches eigentümliche Erhöhungen und Eindrücke hat, als wären Krallen mit einseitigem Druck in eine noch weiche Masse eingedrückt und dahin beiseite geschoben; die Vertiefung ist also zuerst einseitig von einem dickeren wulstigen, halbmondförmigen Wall umgeben, den ein zweiter oder mehrere schmalere und niedrigere von außen begleiten.

Merkwürdig ist nun einerseits, daß einer solchen Vertiefung auf der Kehrseite nicht eine Erhöhung entspricht, sondern ebenfalls eine Vertiefung, bald seicht, bald weniger seicht, andererseits daß auch hier wieder die starken Wälle mit den Begleitrunzeln auftreten. Wie sind nun derartige Skulpturen auf beiden Schichtflächen in öfters recht entsprechender Weise entstanden?

Hier ist nun vor allem zu bemerken, daß der Tiefe des krallenförmigen Eindrucks in der Schicht eine röhrenartige Durchbrechung des ganzen Kalkkörpers der Schicht durch Ockerkalk entspricht, welche zum Teil auf der Gegenseite ausmündet, zum Teil aber auch nicht. Längs des Verlaufs dieser Röhrenfüllung hat also eine quere Kontraktion des Bankkörpers stattgefunden, welche, wie man annehmen könnte, einen noch weichen Teil der Nachbarschaft emporwölbte. Wenn nun aber doch eine Kontraktion hier stattfand, so ist es wahrscheinlich, daß sie da nicht auftrat, wo jetzt der Wulst ist, wo also vorher eine Erhärtung oder wenigstens der Beginn einer solchen schon vorhanden war; so würden sich auch besser die konzentrisch mit diesem Hauptwulst verlaufenden Nebenwülste erklären. Man darf also hier an eine „gewisse Hofbildung“ denken, wie sie auch inselförmig um die Bohrröhren auftreten oder auch an mehrere der Vererzungshöfe, wie sie S. 149 erwähnt wurden. Es wäre also hierin eine Form der Hofbildung zu sehen, wie sie in noch weichem aber nicht mehr zu weichem Zustande von der Bohrröhre aus vordringt. Die endgültige Erhärtung der Schicht würde dann eine Kontraktion quer zu der Schicht gebracht haben, welche sonst gleichmäßig ist, hier aber wegen der Hofwulsterhärtung Ungleichmäßigkeiten erzeugte, Verminderungen der durch jene Erhärtungen bezeichneten früheren Schichtdicke.

In den drei vorhandenen Wülsten ist ein größerer Wulst in summarischer Bildung, der mehreren Röhrendurchbrüchen entspricht; in allen drei Fällen liegt aber der Wulst nach innen; die Wülste sind einander zugekehrt, was für einen gleichen ursprünglichen Zustand in dieser Gesteinszone zwischen den Röhren spricht.

Es müßte nach dieser Auffassung die untere Schichtfläche sich in gewissen Teilen von ihrer Unterlage durch Kontraktion bei der Festigung abgehoben haben; für derartige Erscheinungen haben wir oben S. 77—78 eine vergleichbare Tatsache angeführt; ist es doch auch im allgemeinen wohl verständlich, daß, wenn Kontraktion eine Schichtlage quer zerreißen kann, ebenso auch eine Ablösung von schon vorhandenen benachbarten Strukturflächen eintreten kann. So konnte diese Erscheinung auch unter größeren flächenhaften Petrefakten, wenn sie Kalklösung aus dem erhärtenden Gestein an sich ziehen, eintreten; so hatte ich mir wenigstens Emporwölbungen unter Fischen gedeutet, wie sie A. ROTHPLETZ von Juraammoniten darstellte, bevor ich seine Auffassung kennen lernte.

Wir werden auf weitere Einzelheiten des in Fig. 2 und 2a abgebildeten Stückes unten noch näher eingehen.

Neben einem zweiten Stücke, welches neben der Röhre die beschriebene Aufwölbung zeigte, habe ich an anderen Fundorten gleicher Schichtlage noch Stücke gesammelt, wo die Umgebung der ockerig körnig erfüllten Röhre und besonders der Röhrenöffnung von einer flach trichterartigen, nach außen scharfkantig abgegrenzten Senke umgeben ist. Dies ist auch eine Art „Hofbildung“; nur ist hier der Gesteinskörper der Bank normaler erhärtet; der Hofring weniger fest und widerstandsfähig. — Dies würde vielleicht auch dafür sprechen, daß die Bankerhärtung gegenüber dem Hof der Röhre im Vorsprung war und so der geringe Lösungseinschluß im Bereich des Hofrings zu jener Kontraktion, Deckenverminderung des Bankkörpers Anlaß gab. Es sind hierüber die Einsammlungen noch zu vervollständigen, um Abschließendes bieten zu können.

3. Ein seltener, aber wichtiger neuerer Fund im Liegenden der Terebratellbänke N. von Elfershausen (Blatt Euerdorf 1:25000 Nr. 66) erlaubt auch noch, uns über den Ausschluß einer mechanischen Verdichtung des Hofrings zu äußern (S. 149). Wir betonten oben die außerordentliche Gleichmäßigkeit der Substanz des Hofrings; diese ist an obigem Fundort nicht zu beobachten; vielmehr zeigt sich hier der Hof aus einer geringen Anzahl konzentrischen, aber in sich ganz gleichmäßigen Ringzonen zusammengesetzt, die etwas verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung zeigen, so daß bei rundem Querschnitt der Röhre ganz regelmäßige, wie mit dem Zirkel vorgezeichnete Ringerhöhungen und Vertiefungen auftreten. Es ist das aber auch an diesem Fundort nur eine Ausnahme von vielen Fällen mit völliger Dichte.

Dies scheint mir darzutun, daß man es auch bei der Entstehung des Hofrings einerseits mit einem der Durchsinterung im wesentlichen ähnlichen, hier diagenetischen Vorgang zu tun hat, der andererseits auch wieder konkretionär genannt werden kann.

Zusammenfassung zu Kap. 18. Auch im Oberen Muschelkalk zeigt sich, wenn auch seltener, das Bild dieser Besiedelung durch Würmer im Liegenden von Fossilschichten. Ein morphologisch seltsamer Fund wird hier behandelt, der sich als eine Hofbildung um Bohrröhren in einer noch weichen Schicht deuten

läßt, jedenfalls auch Erhärtungskontraktionen zu erkennen gibt, wie solche früher (S. 78) behandelt wurden. Hierbei wird die Frage, ob der Hofring einer mechanischen Verdichtung entspreche, nach einem neueren Funde verneint.

Kap. 19. Über den liegenden Grenzockerkalk der Fossilienschichten und die Entstehung der verschiedenen Geschiebekalke und Geschiebewellenmergel.

1. Wir haben oben bei den verschiedensten Fossilienkalkbänken im Hauptmuschelkalk darauf aufmerksam gemacht, daß die Liegendgrenze gegen fossilfreie Kalkmergel durch eine nicht sehr dicke, aber doch auffällige ockerreiche Grenzlage gekennzeichnet ist, welche meist keine Bivalven, aber vorzugsweise Crinoidenstielglieder, Brachiopoden- und Fischreste zusammengemengt mehr oder weniger zahlreich enthält; zugleich ist mehrfach das Auftreten von Geschiebeeinschaltungen wie auch die Zertrümmerung eines vorher gehärteten Grundes wiederholt erwähnt worden. Dies gilt auch im großen und ganzen für die Fossilienbänke des Wellenkalks.

In auffälligster Weise zeigen dies schon die tiefen Encriniten-Geschiebebänke; meist ist die Oberfläche der Liegendschicht in intensivster Weise angenagt und wie mit nach oben breit klaffenden Rissen zersprengt; die Tiefen dieser breiten Klüfte und Taschen sind zuerst mit feinstem ockerigen Detritus ganz nach Art des weit verbreiteten, tiefsten Ockerkalks (Wellendolomit SANDBERGER'S) erfüllt, wobei sich oft erst allmählich nach oben zu kleine Geschiebe, Brachiopodenfragmente, Krinoidenglieder und auch Vertebratenrestchen in guter Erhaltung einstellen, die dann darüber eine dicke Krinoiden-Geschiebe-Ockerkalklage bilden, in welcher nun alles wahllos in größerer Masse als in der Grenzlage beisammen liegt. Hier zeigen sich auch an der Oberfläche der Liegendbank schon die kleinen Durchbohrungen mit Wurmröhren, welche Teile dann auch abgelöst in Massen als dunkelrote und graubraune Gerölle mit guter und charakteristischer Geschiebeformung durch Kantenabrolung in den Ockerkalk gelangten; an vielen Stellen bleiben diese härteren Teile, in Riesenfladen von der Abrasion verschont, als Schichtrelikte stehen oder sie sind kaum verlagert mit dem Hangenden vermengt. Die Mengung und die Lagerung der Teile ist aber derart, daß niemand an einem freien Schwemtransport im Wasser zweifeln kann. Höchst intensiv ist die Ockergrenzlage in dem Ecki-Oolith, wenn auch nicht durch Dicke ausgeprägt; hier werden sämtliche Wurmböhreröhren mit dieser ockerig gefärbten Masse erfüllt; daß sie sich nach oben häufig mit Krinoidenstielgliedern anreichert und oben eine schwache Decke über der Liegendschicht bildet, das wurde schon erwähnt. In der eigentlichen Fossilienbank spielt aber auch das Brauneisen sowohl im Bindemittel als in der Umkristallisation der Bivalvenschalen eine große Rolle.

2. In einem modifizierten Auftreten dieses Ooliths, wo man nicht mehr die Bohrröhrenschicht, sondern nur die Geschiebelage darüber hat, neben einem Bahneinschnitt zwischen Rottershausen und Münnersstadt, zeigen die flachen Geschiebe auf ihre Rundung angepaßte, festgewachsene kleine Austern, und das nicht nur an der oberen und unteren Seite, sondern auch bloß an der unteren Seite, woselbst ebenso die kleinen Bohrröhrchen ausmünden; die runden Geschiebe sind also oben und unten oder einseitig besiedelt und vor der endgültigen Lagerung gewälzt. Die Geschiebe stammen aus einer zerstörten Schicht, wie jene in Taf. VII Fig. 8 abgebildete.

3. Gleiches wie für den Ecki-Oolith und seine Liegendschicht gilt auch für die Terebratelbänke, besonders da, wo sich wie häufig eine massenhafte Beteiligung von kleinen Crinoidengliedern an der Bankbildung zeigt; diese nimmt oft die untere

Zone ein; hier finden sich auch oft die Geschiebe. Den obersten Abschluß der Bänke bildet häufigst, wie dies auch bei der Spiriferinenbank der Fall ist, die Bivalvenlage; auch die letztere Bank ist meist als Geschiebebank mit großen Geschieben von ähnlicher Charakteristik entwickelt. Für den Schaumkalk sind die Verhältnisse mehrfach berührt worden; eine starke Crinoidenglieder-Basallage ist auch hier häufig mit den Geschieben verbunden; es wird aber hier merkwürdigerweise die Brachiopodenbeteiligung, die sich im allgemeinen als Bindeglied zwischen der Bivalven- und Crinoidenfazies kundgibt, übersprungen. Die Geschiebe gehören der zerstörten Unterlage an, sind hier wie überall in den erwähnten Bänken wahre Erratica dichten Kalkes inmitten des heterogenen Detrituskalks und seiner feinoolithischen Grundmasse.

Die Ockerkalkentwicklung in den Bohrröhren unter der Schaumkalkbank ist häufig nicht sehr stark; es hat aber auch den Anschein, als ob die starke Anschwemmung des Schaumkalkstoffgruses an vielen Stellen die Ockerkalkbildung ebenso verschwemmt hat, wie diese sich an einzelnen Stellen als eine fremdartige Masse scharf gegen den Schaumkalk abhebt, der auch für sich weniger ockeriges Bindemittel hat und dessen ockerige Zersetzung dem Oolith zuzuschreiben ist. Das Fehlen der Brachiopoden scheint mir hier auch wohl nicht ohne Bedeutung zu sein. Es ist noch zu erwähnen, daß die Geschiebe hier, ähnlich wie die Unterlage, statt einer Entfärbung einen dunklen Rand nachträglicher mineralischer Umwandlung erhalten haben (vgl. oben S. 137 Anm. 2).

4. Alle diese Fälle der unteren Grenzockerlage sind ockerige Geschiebekalke über einer ge- oder zerstörten Bank. In Geogn. Jahreshfte 1901 habe ich diese Zerstörung bei der Schaumkalkbank für Folgen tektonischer Wirkungen angesehen; ich bin nicht mehr dieser Ansicht; hierüber folgt noch näheres.

Bei den biologischen Invasionen über Grundschichten der für sich biologisch fast sterilen Wellenkalkfazies scheinen die ersten Glieder der Fauna die einer beginnenden Inflation folgenden tubikolen Würmern zu sein, welche zum großen Teil auf Pflanzenleben angewiesen sind. Diese unterminieren den Boden in außerordentlichem Maße. Schon gleichzeitig und noch mehr nachträglich äußern sich die Folgen starker Strömungen, welche, den vorhergehenden, lediglich sedimentierenden, fossilarmen Anschwemmungen entgegengesetzt, mehr abtragen und unterwaschen, dabei auch ungleichmäßig anhäufen. Hierdurch schon würde der Untergrund bzw. die Bodenschicht mit ihrer unregelmäßigen Dicke unter ungleich starker Belastung zu Zerberstungen geneigt sein, welche Möglichkeit nun noch durch folgendes verstärkt wird. Die die biologische Invasion herbeiführende oder von Anfang an begleitende Strömungsänderung, welche auch, wie erwähnt, eine völlige Unterbrechung der bisherigen Ablagerungsart mit sich brachte, bringt auch jedenfalls andere Lösungsverhältnisse mit, welche durch die biologischen Umstände, das Überhandnehmen organischer Abfallstoffe und ihrer Lösungen, gesteigert werden.

Hierdurch wurde die durch Bohrwürmer unterminierte, durch Annagung auch von der Seite her zugänglicher gemachte äußere Bodenschicht noch in ungleichmäßiger Weise durchsetzt und chemisch angegriffen; als eine Folge dieser den Gesteinskörper durchfressenden Umwandlung sehe ich die Auflösung von Kalk aus den Kalkmergeln und die Bildung von Magnesia- und Eisenkarbonat-Kalkabsätzen an, welche zum Teil ockerig verwandelt und verschwemmt werden. Hierdurch wird auch zugleich die mechanische Zerstörbarkeit der Kalke und Mergel in hohem Grade

erhöht und es gehört keine allzustarke Strömungskatastrophe dazu, um die mehr und weniger ockerigen Geschiebekalke nun zu bilden.¹⁾

Wir sehen hier in der Tätigkeit der Tubikolen auf dem Meeresgrunde eine gewisse Parallele mit jener, welche DARWIN den Regenwürmern auf dem Lande zurechnet; wir glauben nicht fehlzugehen, wenn wir, besonders im Hinblick auf *Rhizocorallium* und die hierher zu rechnenden sogen. Fukoiden, auch den Tubikolen des Meeres eine große Rolle nicht nur in der biologischen Ökonomie, sondern auch in der Konstruktion und Destruktion weiter Gebiete des Meeresbodens zuerkennen.

Ob nun mehr oder weniger Ockerkalk in den Geschiebekalken auftritt, das könnte davon abhängen, ob die zerstörten Schichten mehr Mergel oder mehr Kalke sind. In ersteren, welche der Umwandlung leichter zugänglich sind, ist auch mehr Ton und feinsten Sand und häufig relativ mehr Eisenkarbonat. Nun findet sich zwar in dem Rückstande ockeriger Massen so häufig reichlich feinerer Quarzsand und feinerer Glimmer vor, welche sich aber auch, wie erwähnt (z. B. Liegendes der Schaumkalkbank) so beträchtlich anreichern können, daß man wiederum auf andere primäre Einführungen dieser Teilchen hingewiesen wird.

5. Hier anschließend möchte ich auf das reichliche Vorkommen von Glaukonit zwischen den Geschieben aufmerksam machen, das ich in der tieferen Crinoiden-Geschiebebank bei Retzstadt beobachtete, das R. WAGNER aber aus sehr ähnlichen Bänken über dem Ecki-Oolith mehrfach anführt (l. c. S. 40 und 42), wo ich ihn mikroskopisch und makroskopisch auffand (vgl. S. 47 und 153); SANDBERGER erwähnt Glaukonit als selten im Schaumkalk.²⁾

Dieses leitet uns nun zu einer weiteren Eigenschaft der ockerigen Grenzlage; die Region des tieferen Glaukonitvorkommens in dem Crinoidengeschiebekalk ist auch die der Beneckeiaschicht, welche zu einem Ockerkalk verwittert, in welchem nun der feine Quarzsand und Glimmer eine recht bedeutende Rolle spielen. Diese Bank ist völlig primär und Umwandlungen nicht einmal leicht zugänglich; sie zeigt aber das, was mehr oder weniger alle ockerigen Grenzlagen kennzeichnet. Wir haben oben sowohl bei der Betrachtung der faunistisch ähnlich charakterisierten Ockerkalklagen im Trigonoduskalk (S. 59) und in gewissen Schichten des oberen Muschelkalks (S. 82) auf die eigenartige primäre Beimengung gröberer Quarzsandbeteiligung aufmerksam gemacht. Es gilt diese Tatsache aber auch für viele Ockerkalklagen des Wellenkalks, wie ich mich in flüchtiger Feststellung und Betrachtung der Säurerückstände orientiert habe. Es ist nun gar kein Grund vorhanden, etwa die sandigen Beimengungen dieser Lager einschließlich der Beneckeiabank von einem anderen Standpunkt aus zu beurteilen, wie z. B. jene der ockerigen, primär verschiedenen Bänder im Trigonoduskalk. Für diesen konnten wir ausführlich darlegen, daß

¹⁾ Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. JOH. WALTHER finden sich in der Umgegend von Jena auch Geschiebe von Geschiebekalken in letzteren; dies beweist rasche lokale Erhärtungen, Umlagerungen und langandauernde Strömungswirkungen. Es erinnert mich dies an abgerollte Fragmente einer tieferen, liegenden Eisenoolithschicht, welche mit oolithischer Inkrustation wieder in einer jüngeren Oolithlage in den Kressenbergsschichten eingeschlossen vorkommen. Ähnliches ist mir aus Schichten des Mainzer Beckens bekannt.

²⁾ Von Interesse ist das neuerdings von M. SCHUSTER aufgefundene Vorkommen von reichlichem Glaukonit in den oolithischen Lagen der Trochitenregion des Hauptmuschelkalks auch einzelner Fundpunkte im Saaletal. Hierzu möchte ich auf das von O. RAAB (Jahrb. d. K. Pr. L.-A. 1904/07) betonte Glaukonitvorkommen in der gleichen Region bei Rüdersdorf hinweisen, auf FRANTZEN: Übers. d. geol. Verh. bei Meiningen, Berlin 1882 und R. WAGNER Abh. d. K. Pr. Geol. L.-A. 1897, S. 79.

sich, mit einer gewissen Annäherung an den südlich liegenden, vindelizischen Kontinent, die Sandbeimengungen vermehren und zu schwachen, dem Lettenkohlen-sandstein durchaus ähnlichen Bänken zusammenschließen, welche nun auch reichlicher Vertebratenreste und neben diesen reichlich Glaukonit führen. Solche Sandbeimengungen bzw. sandige Kalkbänken im Wellenkalk sind auch nicht anders zu beurteilen als jene in den Salzlagern des mittleren Muschelkalks (wobei allerdings der Glaukonit fehlt, vielmehr einfache Eisenoxydfärbung, wenn auch nicht stark auftritt (vgl. Geognostische Jahreshefte 1901, S. 38, 53, 59, 100—101, 105—108, 116 oben).

Wir können hierbei an die Nordküste des vindelizischen Kontinents (S. 22) denken, wie dies l. c. 1901, z. B. S. 116 von mir schon getan wurde; wir sehen aber auch in jenen leichtlöslichen bzw. auf Lösungsänderungen leichter reagierenden Ablagerungen des mittleren Muschelkalks, daß mit diesem Eindringen von Sand auch Lösungsveränderungen verbunden waren, welche im allgemeinen als Versüßungen zu charakterisieren sind. Ich denke mir hierbei, daß in dem vindelizischen Kontinent, der wahrscheinlich keine große Höhe über dem Meere erreichte, aber unter dem Einflusse eines heißen und trockenen Klimas stand, nunmehr die im Innern in dem Litoralgebiete aufgehäuften Sanddünen nach klimatischen Änderungen unter starken Regengüssen ins Meer verschwemmt wurden, daß die in der Küstennähe rasch anschwellenden Gewässer mit starkem vertikalem Druck in das Meer eindrangen und die spezifisch schwereren Wasser auf dessen Grunde verdrängten und emporhoben (S. 111 u. 202), was natürlich nicht ohne Strudelungen und Aufwirbelungen abging; so konnten verhältnismäßig rasch auf dem Meeresgrunde allgemeine und starke Lösungsänderungen vor sich gehen, welche auch chemisch auf diesen einzuwirken begannen, was wohl sonst seltener vorkommt. Gerade in der Veränderung des Gehaltes des Meereswassers liegt die Möglichkeit seines chemischen Einflusses auf die vorher abgelagerten, vielleicht schon etwas gefesteten Schichten.

Hierdurch scheinen mir die allgemeinen Vorbedingungen und Begleiterscheinungen der Entstehung der wirklichen Konglomerate im Muschelkalk, insbesondere auch im Wellenkalk genügend charakterisiert: Geschiebebildung, teilweise Verockerung des Eisenkarbonatgehaltes der neuen Ockerkalklage, diese selbst, dann die Sandbeimengung sind ebenso primär der Schichtbildung d. h. der Stoffmengung des Schichtkörpers angehörig, wie der nicht allzu seltene Glaukonitgehalt.

6. Es ist dagegen zu sprechen, daß vielleicht die Entstehung des Ockerkalks an der Zerstörung der Tubikolenkolonien schuld seien, entweder mittelbar oder unmittelbar vielleicht durch Zerstörung des Pflanzenlebens etc.; das ist nicht der Fall, denn das *Rhizocorallium* des Hauptmuschelkalks baut, wie wir unten sehen werden, seine Wände häufigst eben mit jenem Ockerkalkmaterial auf. Was diese Geschöpfe aber nicht vertragen können, das ist neben Süßwasser die stark aufhäufende, lockere Anschwemmung von Schalenteilchen. Die Vermengung des Ockerkalks mit Crinoidenfragmenten etc. beweist ganz zweifellos Bewegungsvorgänge; in den seltensten Fällen haben wir Gelegenheit die authigenen Zerstörungswirkungen mit verhältnismäßig geringster Verschwemmung zu beobachten; aber wir sehen ihn mit den Geschieben rascher verstrudelt und jedenfalls in großem Maßstabe durch die darüber folgende Schalenanschwemmung (vgl. z. B. auch die Ausnagungswirkung in den Fossilinsen und Schlangensteinen (Taf. II u. Taf. VIII) verringert und in das Bindemittel der Bank zerstreut, so daß er sich nur in den Vertiefungen primär erhalten hat. Die Tubikolenansiedelung ist natürlich authigen oder autochthon, die Ockerkalk- und Geschiebe-

ansammlung ist in viel geringerem, die Schalenanhäufung in geringstem Maße authigen und in höchstem Maße allothigen (vgl. S. 109, 112, 205—206 und Kap. 38).

Es sei zum Schlusse noch gestattet, besonders hervorzuheben, daß es sich bei diesen Konglomeraten auch nicht um Pseudokonglomerate handeln kann z. B. nach Art jener scheinbar primären lagerhaften Einschaltungen in den Styolithenschichten, welche ich in Geogn. Jahreshfte 1901 Taf. III Fig. 1 und 2 S. 62—67 ausführlicher besprochen habe. Noch weniger dürften solche konglomeratartigen Entstehungen in Betracht gezogen werden, wie ich sie aus den Bildungen des Barytgangs vom Königsberg in der Rheinpfalz eingehend studiert habe,¹⁾ deren Homologien ich in den im Andesit aufsetzenden reichen Erzgängen von Bor in Serbien wiederzuerkennen Gelegenheit hatte, Bildungen, die also keine vereinzelt sind.

Wir sehen also in den Geschiebekalken des Wellenkalks keine Transgressionskonglomerate im eigentlichen Sinne, obwohl sie so gedeutet werden könnten, da sie eine biologische Invasion marinen Charakters begleiten. Ihre Deutung wird aber für manche sogen. Transgressionskonglomerate klärend und berichtigend sein können; hiefür sind die Ockergrenzlagen wichtig.

7. Über Geschiebewellenmergel aus umgelagertem Wellenkalk.

Wenn sich nun in den im vorigen beschriebenen Geschiebekalken eine Bildung kennzeichnet, welche nur unter Beteiligung starker chemischer und biologischer Einwirkungen entstehen und erhärten, so gibt es noch eine weitere, welche dieser Beihilfen entbehrt, jene eigentümlichen Bildungen, welche „Pseudokonglomerate“ oder „konglomeratischer Wellenkalk“ genannt werden, welche ich als Geschiebewellenmergel²⁾ aus umgelagertem Wellenkalk bezeichne und betrachte. Es ist ein wirr gelagerter schieferig-bröckeliger Kalkmergel; die dunkelgrauen Brocken sind unregelmäßig eckigknotig mit geringer, aber immerhin deutlicher Kantenabwaschung; sie liegen oft weit auseinander, stehen häufig auf der hohen Kante oder sind schief aufgerichtet; das Bindemittel ist ein meist feinblättriger, jedenfalls viel kalkärmerer hellgrauer Mergel; die eigentliche dünnplattige Wellenkalklagerung fehlt hier durchaus; es handelt sich meist um massige, klotzige Schichten mit gering stratifizierter Aufschüttung bzw. ohne Unterabteilungen durch regelmäßig verlaufende Horizontalfugen.

Ihre Entstehung dürfte eine Episode im Verlauf der versteinerungsfreien Wellenkalkbildung sein; sie wird etwa in folgender Weise zu deuten sein. Wir erwähnten in den eigentlichen Wellenkalkschichten mehrfach eine mit starker Lagerungsdiskordanz häufigst eng verbundene Fältelung in oft flach überschobenen Falten, deren Entstehung etc. auf einen gewissen, die Konsistenz verbürgenden Erhärungsgrad trotz bestehender hoher Plastizität hinweise. Nun ist es klar, daß solche oft ungläublichen Wicklungen nicht nur an ihrer Stirnfläche etc. zu Zerbröckelungen Anlaß geben mußten, sondern daß auch alle diagenetischen Bewegungen, soweit

¹⁾ Vgl. Geogn. Jahreshfte 1904.

²⁾ Ich möchte bemerken, daß ich hierunter auch jene „Lagen mit isolierten linsenartigen Kalkknollen“ verstehe, welche ich aus dem Wellenkalk-Bohrprofil von Bergrheinfeld, Geognostische Jahreshfte 1901 S. 46 und 47 und S. 117 erwähnte und als „tonige, ungeschichtete Lagen mit Kalkknollen und Knoten wie Geschiebe“ begriffen habe, auf welche ich auch S. 117 Anm. eine Diagnose ZIMMERMANN'S über gewisse konglomeratisch aussehende Schichten im Gebiete des Blattes Plauen bezog. Ich halte diese Kalkknollen nicht mehr für primäre linsenartige Bildungen, sondern für wirkliche Umlagerungen, welche Überzeugung man allerdings an dem Handstück des der Diagnose zu Grunde liegenden Bohrkernes nicht gewinnen konnte.

sie solche Faltungszonen durchkreuzen, auf diese zerrüttend einwirkten, daß diese daher da, wo sie nicht von allen Seiten zusammengehalten wurden, also an der noch freien Oberfläche der weiteren Zerstörung sehr leicht anheimfallen mußten. Daß diese Zerstörungsprodukte nicht an Ort und Stelle sich wieder anhäufen, daß ferner über solchen Faltenregionen scheinbar völlig konkordantes, unzerbröckeltes Fortschreiten der dichten Wellenkalkbildung stattfindet, ist weiter nicht auffällig.

Auch kann die Ursache, welche an bestehenden steilen Böschungen zu jenen wohl erhaltenen Falten Anlaß gab, bei noch etwas vorgeschrittener Erhärtung von dünnplattig ungleichmäßig gebundenen Wellenkalken auch unmittelbar zu Faltenbildungen, bzw. Böschungsbewegungen mit begleitender Zerbröckelung den Anstoß geben.

Aus solchen Vorgängen erkläre ich mir die Entstehung dieser fossilleren Geschiebewellenmergel, deren mehr klein-katastrophale Ursachen auch das Verständnis bietet zu ihren schlecht geschichteten, unregelmäßig gelagerten, massigen Bankanhäufungen.

Die Entstehung dieser höchst charakteristischen, durchaus nicht seltenen „Geschiebewellenmergel“ dürfte nur nach der vorher schon bis zu einem gewissen Grade gediehenen Erhärtung von Wellenkalkschichten in engerem Sinne möglich gewesen sein.

Zusammenfassung zu Kap. 19. Wie an der Liegendgrenze der Fossilkalke des Oberen Muschelkalks so gibt es an gleichen Stellen im Wellenkalk eine Ockerkalkgrenzlage, welche meist Krinoidenstielglieder enthält und in hervorragendem Maße auch geschiebeführend ist; diese Geschiebe — sehr häufig rotbraune und graue Geschiebe einer Unterlage mit und ohne Wurmdurchbohrungen — treten auch noch in dem höheren Fossilkalk auf, wenn er nicht sehr mächtig ist. Zu der gegebenen Charakteristik dieser Geschiebekalke tritt im Wellenkalk noch das nicht seltene Glaukonitvorkommen hinzu. Die Geschiebekalke werden als eine Folge der durch die Wurmbesiedelung unmittelbar und mittelbar geschaffenen Destruktion der Bodenschicht angesehen; die entstehenden Konglomerate sind der faunistischen Transgression über vorher fast oder ganz azoische Gebiete zu verdanken.

Hierfür ist folgende allgemeine Regel aufzustellen: Wo Geschiebekalke oder auch nur vereinzelte Geschiebe in Ockerkalken auftreten, da lassen sich entweder am örtlichen Liegenden oder an nicht zu weit entfernten Fundorten dieses auch Bohrröhren nachweisen.

Die hauptsächlichsten Vorkommen sind: 1. Grenzregion zwischen Ostrakoden- und Semipartitusschichten, 2. in der mittleren Region über der Cycloidesschicht, 3. in dem oberen Spiriferinenhorizont, 4. in den Myophorienschichten und in den Schaumkalkbänken, 5. in der unteren Spiriferinenbank, 6. in den Vulgarisbänken, 7. im Eckoolith, 8. in den Krinoidengeschiebebänken. Zugleich gilt hiermit: Die bei den meisten Schichtwechselln andauernde Annagung der Liegendschicht bringt nur „Geschiebe“, wenn die Liegendschicht schon eine gewisse Härte in ihrem äußeren Teil erreichte; die solche Schichten durchsetzenden Bohrröhren haben ganz bestimmten Typus, der sich mehr in kurzgezogenen und flachverzweigten Formen auf die äußere Kruste beschränkt; diese wird durchlöchert und durchsiebt, es entstehen Unterwaschungen, Auswaschungen und Zerberstungen („gesprengte Kalke“) und endlich Geschiebebrocken. Während in solchen Schichten die Tätigkeit der Tubikolen durchaus zerstörend wirkt, trägt sie in weichen Schichten, wo sich längere Röhrenbildungen oft in größere Tiefe senken und Bauhüllen geschaffen werden, eher

zur Konsolidierung des Bankkörpers bei; etwaige Abtragungsprodukte sind von schlammiger Art und bilden keine eigentlichen Geschiebekalke.

Von diesen unter Mithilfe chemischer Einwirkungen auf den sich härtenden Meeresboden entstandenen Geschiebekalken werden jene unterschieden und als „Geschiebewellenmergel“ bezeichnet, welche durch mechanische Zerstörung, durch Zusammenbruch der in labiler Böschungslage befindlichen, besonders in Ausgleichungsfalten abgelagerten Wellenkalkschichten gewöhnlicher Art entstanden sind. Vielleicht sind sie steter Begleiter beginnender Ansgleichungsfältelung in etwas schon zerstreut kernig gehärteten Wellenkalken.

Kap. 20. Einzelheiten über den Zersetzungsvorgang in den Liegendsschichten der Geschiebekalke und der Fossilbänke.

Es wurde oben (S. 62) kurz dargestellt, daß die Entstehung der ockerigen Grenzlagen auf eine chemische Destruktion der liegenden Kalke der Fossilbänke zurückgeführt werden könne; es könne nach Zügen größerer und geringerer Dichte in diesen Liegendsschichten an ein Eindringen von kalkumwandelnden Lösungen¹⁾ gedacht werden, welche in der Gesteinsstruktur verteilte tonige Rückstände und Ausscheidungen von weniger leicht löslichen Karbonaten (Eisenkarbonat etc.) hervorbringen, welche Umwandlungsprodukte dann der mechanischen Loslösung aus dem Gesteinskörper weniger Widerstand entgegensetzen und so verschwemmt würden.

1. Taf. I Fig. 5 gibt ein Bild (ungef. $\frac{1}{2}$ natürlicher Größe) einer solchen Grenzlage mit konglomeratartiger Ausbildung im Hangenden von zwei übereinanderliegenden Schichten des tiefsten Wellenkalks. Die äußere Schichtoberfläche ist scharf begrenzt bei der unteren der beiden Schichten; der Kalkkörper selbst ist hier zunächst dicht und dunkelschwarzgrau; bei der oberen sind nur jene Teile bis zur alten Schichtoberfläche erhalten, woselbst die kleinen Bohrröhrchen vorhanden sind; hier gilt auch dasselbe bezüglich der scharfen Grenze, sowie der Dichte und Farbe des Kalkes; dies setzt sich übrigens auch noch seitlich in die vertikal erstreckten Vertiefungen hinab fort, welche noch ein recht unregelmäßiges Aufragen kleiner Pfeilerchen und seitlich eckiger Verengungen erkennen lassen; nach unten zu wird aber in diesen „Säcken oder Taschen“ die Grenze gegen die (in der Zeichnung auch hell gehaltene) ockerige Kalkmasse allmählich unscharf, was besonders auf der Unterseite der oberen Schicht fast in ganzer Länge der Fall ist. Ähnliches zeigt sich auch in der unteren Schicht, in der die Einsenkungen von oben und die Lücken in dem Schichtkörper geringer ausgedehnt sind, in der auch die untere Grenze viel weniger verwischt ist. Es sei indessen darauf hingewiesen, daß sowohl an diesem Stück, wie auch an vielen anderen in der Umgebung gewonnenen, die Ausdehnung der ockerigen Partien in dem darauf senkrechten Flächenquerschnitt viel weniger beträchtlich sind, wie in dem abgebildeten Schnitt, wo sie die größte Breite zeigen; die Ockerzüge gehen also zum Teil als vertikale, fast spaltartige Züge durch das Gestein, obwohl nirgends, auch beim Anätzen, eine Spur einer Spaltanlage zu sehen wäre, wie auch der Verlauf der Züge nur sehr unregelmäßig spaltartig ist; hiermit hängt übrigens auch die Möglichkeit des Entstehens der erwähnten kleinen vertikalen Pfeilerrelikte zusammen.

¹⁾ Es kann hierbei schon an Diffusionsvorgänge gedacht werden, welche durch das verschiedene Verhalten der Lösungen bzw. leichtlöslichen Stoffe zwischen Bodenschicht und dem über ihr stehenden Wassergrund verursacht wären, ebenso sind Ansaugungen durch örtliche Erhärtungskonzentrationen wohl denkbar (vgl. oben S. 150).

Die erwähnte, höchst unscharfe Grenze würde jeder Beobachter als einen „Übergang“ von ockerigem Kalk zu dem dunklen Mergelkalk bezeichnen, so allmählich ist die Änderung in der Farbe.¹⁾ Der Kalk ist nahezu ganz dicht zu nennen (unter der Lupe); der Ockerkalk ist aber, wie man fast überall beinahe mit bloßem Auge sieht, als fein kristallin zu bezeichnen. Die besten Rhomboederchen erkennt man in dem schmalen graugelben Übergang zwischen dem greller gelben Ockerkalk der Taschen und dem dunkelgrauen primären mergeligen Kalk. BECKENKAMP und KALKOWSKY haben z. B. an Dolomiten und Oolithen festgestellt, was ich auch an Oolithumwandlungen beobachtete (vgl. Kap. 32 u. 33 u. Taf. XI Fig. 25—29), daß die Metamorphose sich in einer Vergrößerung der primär feinen Kristallstruktur äußert. Diese ist auch in allen Übergangsbändern erhalten und desgleichen in sehr zarten, schmalen, ockerartigen, hellen Zügen im Kalkmergel, welche die Zeichnung nicht wiederzugeben vermag. — In dem Innern der breiten Ockertaschen dagegen ist das Kristallkorn offenbar durch Umlagerungsbewegungen, kleine Zusammenrutschungen, Ein- und Verschwemmungen wieder vermindert. Hier liegen Trochiten (Quarzkörnchen im Rückstand) und bis zu zwei Drittel der oberen Bank herab wirkliche Geschiebe zum Teil mit anderer Färbung, z. B. der roten Randfärbung (vgl. S. 145, 11 u. S. 155, 8), welche der Außenrand der Schicht hier nicht hat!²⁾ Es macht sich also hier die Vermengung mit Einschwemmungen geltend. Die auch etwas weniger geschiebeartigen, runden Kalkteilchen im Liegenden der Schicht muß ich indessen zum Teil für Reste des umgewandelten Kalkkörpers halten, obwohl die Ockerkalkmasse zweifellos auch hier umgewühlt, umgelagert und vermengt ist, da auf der anderen Seite des Stückes eine sehr breite Einsenkung die braunroten Geschiebe mit scharfer Geschiebeformung bis an die Grenze der unteren Schicht sich einmengen ließ; das haben jedenfalls Strudelungen mit Hebung und Senkung der lockeren Ockerkalkmasse ermöglicht. Tiefer dringen keine eigentlichen Geschiebe mehr, sondern es handelt sich hier um Relikte des Schichtkörpers, wie solche die „Übergangszone“ besitzen.

Die Vergrößerung der Kristalle der Übergangszone, die sich noch in dem deutlichen kristallinischen Habitus der schon etwas zerriebenen Ockerkalkmasse gegenüber dem dichten Mergel zeigt, scheint mir weniger auf Verwachsungen zurückzuführen zu sein, als auf Vergrößerung einzelner kleiner Kalzit- etc. Individuen in vorher entstandene kleinste Lücken hinein; ehe nämlich die eindringende Flüssigkeit das Karbonat ausschied, mußte sie sich erst konzentrieren durch Auflösungsvorgänge, wenn dies auch keine allgemeine Geltung bei solchen Substitutionen hat.

Diese „Übergangserscheinungen“ sind recht selten zu beobachten, finden sich aber in geringen Spuren überall da, wo die ockerige Lage sich nicht durch vereinzelte Enkrinitenglieder und andere Einschlüsse als stärker umgelagert erweist. Solche Abrasion und Umlagerung wirkten natürlich da am stärksten, wo zwischen Kalkmergellinsen schon weichere tonigere Mergel eingeschaltet sind (vgl. Taf. IV Fig. 1—4); nirgends zeigen sie sich aber, wo starke Zerreißungsspalten oder Bohrröhren die Öffnung für die Ockerkalkanschwemmung geschaffen haben (Taf. IV Fig. 6—12 bzw. Fig. 5), wohl aber in den Zwischenräumen zwischen den Außenrändern der Hüllen oder der Bohrröhreninseln, welche mehr Angriffspunkte bieten.

¹⁾ Der „Übergang“ zeigt sich in allen Querbruchflächen und ist nicht etwa nur der tangentialen Flächenanbruch einer radial vielleicht scharfen Grenze (vgl. S. 27 Anm.).

²⁾ Der Außenrand ist also etwas abgetragen oder die Ursache des sonstigen braunen Randes äußert sich hier in der auffälligen Verdichtung, in Erz- und Kalkanreicherung.

2. Die mikroskopische Untersuchung des interessanten Gesteins, das in der Umgebung von Kissingen auf mehrere Quadratkilometer hin nachgewiesen ist, läßt die gegebene makroskopische Beschreibung in erheblicher Weise ergänzen; der Schliff ist gewonnen von jener Mitte der Fig. 5 Taf. I, woselbst die obere Grenzfläche der unteren Bank ziemlich scharf ist; er enthält das Zwischenmittel nach der oberen Bank und beträchtliche Teile des unveränderten und veränderten Teils der beiden Bankabteile.

Der unveränderte dunkelgraue Teil der Bank besitzt ein ganz gleichmäßiges Gefüge aus sehr kleinen Kalzitkörnchen mit geringen und sehr fein verteilten tonigen Beimengungen; nirgends zeigt sich hier eine Gelbfärbung oder sonstige Trübung der Körnchen. Von diesem Innenkern nach außen treten nun zuerst einzelne größere Rhomboeder in weiteren Zwischenräumen auf, welche mit einer hellen, nicht umschließenden, ockerigen Haut belegt und vielleicht auch stellenweise im Innern etwas, aber recht wenig getrübt sind; dann treten mehr nach außen zu nicht nur kleine Gruppen solcher miteinander verwachsener Rhomboeder auf, welche für sich einzeln vielleicht das fünffache der umgebenden Kalzitkörnchen haben, sondern diese Gruppen rücken auch noch näher aneinander heran als die Verminderung des Zwischenraums durch die erwähnte Vergrößerung ausmacht; bald schließen sich die einzelnen etwas verlängerten und verzogenen Gruppen und es bietet sich ein schönes Bild der eingeschlossenen und endlich ganz verschwindenden Reste des ersten Gesteinskernes, die sich vor dem völligen Verschwinden in Korngröße, Helligkeit und völligem Mangel an Umsetzungsanzeichen nicht von dem völlig unberührten Körper unterscheiden. — Dies spricht sowohl dafür, daß das kleine Korn dieses grauen Gesteinskörpers ein ganz ursprüngliches ist, als auch, daß der gesamte Umwandlungsvorgang überall völlig örtlich beschränkt blieb (S. 225).

Wo nun die letzten Reste des grauen Gesteins aufgehört haben, da zeigt sich nun im „Ockerkalk“ meist eine ziemlich rasch eintretende Verkleinerung der einzelnen Rhomboeder, wobei die Umrisse undeutlich und auch die limonitischen Häutchen geschlossener und dicker werden; das sind die entschieden gelben, stärker verockerten „Füllungen“ in den größeren Zwischenräumen und Taschen; gleichzeitig treten nun auch vereinzelt größere Quarzkörnchen auf. Hier hat sicher auch in dieser Entfernung von der hangenden Oberfläche eine Loslösung und Umlagerung der Rhomboeder stattgefunden; die Loslösung ist offenbar vorbereitet durch die Art des Umwandlungsvorgangs, der keine stärkere Verwachsung der Teilchen mit dem Gesteinskern, sondern vielmehr eine gewisse Abtrennung erzielte.

Die Verockerung der großen Kalzitkristalle ist im Innern des Gesteins ebenso gleichmäßig gering, wie außerhalb desselben in den gelben Ansammlungen ziemlich gleichmäßig stärker; in der Umgebung der tiefer eingedrungenen Kristallumwandlungsgruppen ist die Verockerung verhältnismäßig gerade so groß wie außen; es handelt sich also hier nicht um einen von außen nach innen eindringenden und dabei in Art und Maß sich ändernden Prozeß, dies gilt nur für den Kristallisationsvorgang selbst; das Eintreten der Verockerung könnte daher jener Zeit der Umlagerung der losgelösten Kristalle und der Mengung mit den Quarzkörnchen, den Geschieben und Krinoidenresten zugerechnet werden. Von Wichtigkeit sind noch folgende Beobachtungen über eine später erfolgende Umwandlung in der so fixierten Bank.

Makroskopisch sieht man an gewissen Stellen, z. B. wo Geschiebe an dem Kalkkern so liegen, daß sie die Dichte einer Zusammenlagerung der darunter liegenden

Ockerkalkbestandteile hindern mußten, eine Auskristallisation völlig heller Kalzitmasse.¹⁾ Unter dem Mikroskop erscheinen mehrere Stellen, in welchen in einem nachträglichen Vorgang, ohne daß Höhlungen etc. vorgelegen hätten, bei völliger Dichte der Ockerkalk und seine Umgebung bis in den grauen intakten Kalk hinein umgewandelt wurden. Der Ockerkalk ist dabei sehr großkristallinisch geworden und die Limonithäute sind zu dicken Interpositionen zwischen den verbliebenen Spältchen zusammengeschlossen und offenbar an und für sich verstärkt; die primären Zwischenreste zwischen den vereinzelt Kristallgruppen von Ockerkalk erscheinen fast etwas verringert und der graue Kalk ist zu einer großkörnigen, außerordentlich klaren Kristallmasse verwandelt. Diese Umwandlung, die wir allgemein in den Muschelkalkgesteinen der Metamorphose zurechnen dürfen, hat also in dem ursprünglich verbliebenen Gesteinskalk nicht nur eine ganz andere Form der Durchsetzung und Veränderung, sondern beweist auch, daß eine einfache Umkristallisation in ihm selbst gar keine Ockerkalkbildung hervorbrachte, ja nicht einmal eine Limonitabscheidung. Dies läßt nicht nur schließen, 1. daß dieses Gestein primär nicht so viel Eisenkarbonat enthält, daß durch einfache Umwandlung seiner Masse an und für sich limonitische Ausscheidungen entstehen; dann 2. daß die alte Ockerkalkumwandlung auf einem besonderen Vorgang zu einem noch geeigneten Zustand unter Zuführung eisenkarbonathaltiger Lösung beruht. Was 1. betrifft, so ist hier wie bei dem S. 174 angeführten Gestein die Ockerentwicklung bei künstlicher Auflösung des Gesteins fast gleich Null; auch die Ockerkalkunterlagen an anderen Stellen (vgl. die Analysen auf S. 82) besagen ähnliches.

Wenn man bei dem Auftreten solcher Kristalle inmitten unberührten Zements an die lokalisierte Ausscheidung von Quarz in gewissen Kalken (vgl. S. 225) mit teilweiser Verdrängung des kalzitischen Bindemittels in schon lange gehärteter Schicht erinnert wird, so ist ferner der ganze Vorgang der Umwandlung in Ockerkalk auch bei verschiedenen anderen Gelegenheiten zu beobachten, so besonders nicht selten in den Füllungen der Bohrröhren²⁾ selbst, welche dem obigen Vorgang wohl ganz gleichzeitig ist; dann habe ich ihn auch in der Umwandlung von Baukörperchen von Rhizokorallium festgestellt; an Geschieben ist er mir bis jetzt nicht deutlich geworden; ich schließe, daß diese Umwandlung einer fertig abgelagerten, nicht mehr ganz weichen Schicht auf eine gewisse Vorbereitung von Teilen dieser beschränkt ist, und daß eben die Geschiebe von den dieser Vorbereitung am längsten widerstehenden Teilen stammen.

Hierüber sei noch einiges nachgetragen. Die erwähnte Vorbereitung wäre in ähnlicher Weise aufzufassen, wie wir dies oben für die Verkiesung in der Umgebung der großen Bohrröhren (S. 150) dargelegt haben. Die Gruppe der kleinen Bohrröhren zieht die Kalk-Karbonatlösung in der erhärtenden Schicht an sich und ist so an einer gewissen Undichtigkeit der weiteren Umgebung schuld; während aber dort, örtlichen Verhältnissen entsprechend, Sulfide ausgeschieden wurden, werden hier andere Karbonatlösungen angesaugt und kristallisieren aus. Der einmal angesetzte Prozeß dauert fort bis zur völligen Umwandlung der nicht vorher ganz gehärteten Teile der angegriffenen Schicht. Dem Wesen dieser chemischen Umwandlung entsprechend

¹⁾ Vgl. hierzu auch die Beobachtungen in gewissen Schichten des Hauptmuskalks S. 81 3. und 4.

²⁾ Nur vereinzelt dringt diese Umwandlung von dem Röhrenlumen in nicht ganz dicht gewordene Hofringe, wenn auch nicht tief, in späterer Zeit ein.

ist hier die destruktive Wirkung größer als bei der oben besprochenen Verkiesung. Eine unentbehrliche Vorstufe dieser Wirkung ist aber der Einfluß der Wurmbesiedelung, für welche ich oben den Vergleich mit der Tätigkeit der Regenwürmer auf dem festen Lande nach DARWIN heranzog (S. 161). Nach dieser Vorbereitung und der sich daranschließenden Zerrüttung ist es auch zu verstehen, daß diese Übergangserscheinung von Kalk zum Ockerkalk so selten mehr zu erhalten ist und statt ihrer ein mit Ockerkalkbindemittel gemischter Geschiebekalk auftritt, in welchen also die beiden Produkte der Umwandlung, unberührte Kalkkerne (ohne und besonders mit Bohrröhrenresten) und verschwemmter Ockerkalk in einer den Transport nicht verleugnenden Verkleinerung und Abwetzung der Körner mit der Struktur fluviatiler Geschiebelagerung auftreten.

4. Als weiterhin wichtige Agentien der merkwürdigen Destruktion der Bodenschicht erachte ich (abgesehen von den biologischen und mechanischen Vorgängen) 1. ein Ansüßung der vorher vorhandenen salinischen Gewässer, welche nicht nur die in der erhärtenden Bodenschicht enthaltenen, leicht löslichen salinischen Stoffe, sondern auch die etwa noch vorhandenen Karbonatlösungen rasch auszieht und so die Dichtigkeit und Kohärenz der Bodenschicht verringert; 2. die hiernach mögliche Entfaltung organischen Lebens selbst, welche, besonders bei reicher Entwicklung der Schalentiere, nicht nur den vorhandenen gelösten, freien Kalkgehalt zunächst außerordentlich vermindert, sondern auch noch reichlich organische Säuren etc. schafft, gegen welche die Schalen selbst besser geschützt sind als der Grus und Schlamm; beides wirkt kalkentziehend auf das Bodenwasser und somit auflösend auf die Bodenschicht.

Es sei hierbei z. B. an die von O. KRÜMMEL (Hdb. d. Ozgrph. 1907 S. 323) mitgeteilten Forschungen über gewisse Periodizität des Kieselsäuregehaltes des Meerwassers erinnert, welche eine Abhängigkeit von den Diatomeen-Wucherungszeiten nicht verkennen lassen. Man könnte hieraus für unseren Fall auf eine relative Vermehrung gelösten Eisen- und Magnesiakarbonats bzw. ihrer Komponenten schließen!

5. Hierdurch ist die Möglichkeit von Neubildungen gegeben, welche die Stoffeinheit einer schon fertig gebildeten Kalkschicht in hohem Grade verändert und die zersprengte und eingesprengte Umkristallisation zu einem, Eisen- und Magnesiakarbonat in wechselnden Mengen enthaltenden, gröber kristallisierten Kalk verursacht. Man wird hierbei als an analoge Umbildungen an die der Gegenwart angehörigen Dolomitierungsvorgänge und Dolomitausscheidungen erinnert, welche E. PHILIPPI N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1907 z. B. S. 421 von der Seinebank schildert; nur wissen wir für unseren Fall sicher, daß die Umwandlung nach der Erhärtung der Bodenbank eintrat (S. 147), wie dies PHILIPPI für die dolomitischen Kalkknollen auf der Challenger- und Argusbank bei den Bermudasinseln l. c. S. 416 annimmt.

Wenn wir hier noch auf den „Druck“, unter dem diese Ausscheidungen vor sich gingen, zurückkommen, so glaube ich nur, daß unter größerem Druck die Durchsetzung der schon etwas gehärteten, in „Halbhärte“ befindlichen Gesteinskörper leichter möglich war, daß ein solcher die etwa durch die Besiedelungen mit den anschließenden chemischen Prozessen im Innern der Bank und durch die äußeren Veränderungen angeregten Ansaugungen (vgl. oben Kap. 16 S. 150) auch von außen wesentlich unterstützte.

Zusammenfassung zu Kap. 20. Die mikroskopische Untersuchung eines wichtigen Fundes im Liegenden von Geschiebekalken bietet Gelegenheit, die Einzel-

heiten einer Schichtumwandlung zu verfolgen, welche mit der Entstehung des Ockerkalkes einerseits und andererseits mit jener von Geschieben in engstem Zusammenhang steht; es zeigt sich eine metasomatische Umwandlung eines gewöhnlichen feinkörnigen grauen Kalkes in einen größer kristallisierten Ockerkalk, der zermürbt und z. T. umgelagert wird; zugleich werden hiermit die rundlichen Kernreste der Umwandlung verlagert, welche bei nicht mehr allzustarker Verfrachtung ihre völlige Geschiebeprägung erhalten. Ganz anders sehen innerhalb der Gebirgszeit entstandene konglomeratartige Umbildungen aus, wie solche vom Verfasser in Sedimentgesteinen und Gängen in Eruptivmassen früher untersucht wurden. Die hier zu beobachtenden Umsetzungsvorgänge im kleinen berühren sich mit den von E. PHILIPPI an Riffen und Bodenschichten der Gegenwart untersuchten Dolomitierungen.

Kap. 21. Weiteres über Arten der Verockerung und der Entstehung von Ockerkalk.

1. Das S. 167 Gesagte gibt an, wie es mit dem Zeitpunkt der Limonitierung der ausgelösten Eisenkarbonatteilchen bzw. das Eisen (mit Mg) in isomorpher Mischung enthaltenden Kalzitkriställchen steht. Auch aus der S. 149—155 gegebenen Darstellung der Umwandlung an den den Ockerkalken anliegenden Schichtflächen und aus der Tatsache, daß Geschiebe dieser braunrot umgewandelten Partien schon in dem Ockerkalk zur Verlagerung gelangten, geht hervor, daß diese Umwandlung sofort begann und sehr rasch erfolgen konnte. Die etwa porös gewordenen Teile der Schicht oder die gesamte Oberfläche adsorbierte offenbar den teilweise beim Transport des Karbonats schon zu einem Teil hydratisierten und colloidal gelösten Eisengehalt. So sind auch gelegentlich die im Innersten von solchen mit Ockerkalk erfüllten Spältchen höchst erzeich konzentrierten Brauneisenerzkerne wieder bei den turbulenten Vorgängen ausgelöst und als Geschiebe mit anderen Kalkgeschieben verlagert worden (vgl. S. 81). Die Erhärtung der Gele bedarf nur geringen Zeitraums.

2. Daneben ist aber sicher auch reichlich Schwefeleisen gebildet und limonitisiert worden; ich verweise hierzu auf Kap. 16 u. Kap. 23. LIEBETRAU, der entschiedene Verfechter der wahren Konglomeratnatur der Geschiebekalke im Wellenkalk macht (Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Bd. 41 750) darauf aufmerksam, daß diese Gerölle eine dunklere Färbung haben, welche oft den ganzen Körper ergriffen habe. Diese dunklere Färbung beruht auf der Umwandlung des Eisenkieses in Eisenoxydhydrat, welche aber die Pyriteinschlüsse des Zements der Geschiebe nicht betroffen habe. Er schließt damit mit Recht auf eine Wasserwirkung vor der Bildung des Zements, welches Argument LIEBETRAU als wichtig für die Auffassung der Einschlüsse als Gerölle aufführt. Dem ist uneingeschränkt zuzustimmen, was den Vorgang selbst betrifft; für viele Geschiebe, besonders jener mit Bohrröhren, dürfte aber gelten, daß sie der ähnlichen Einwirkungen ausgesetzten Oberflächenkruste der Bodenschicht, wie ich solche in situ beobachten konnte (z. B. Taf. VII Fig. 9) als Abbruchstücke entnommen sind (vgl. S. 137). Über mikroskopische Beobachtungen an Geschieben im Schaumkalk siehe einiges Hierhergehörige in dem Kapitel über Oolithe.

3. Daß die so nahe liegende¹⁾ Ockerumwandlung auch eines Teils des Karbonats und Sulfids wirklich rasch erfolgt ist, das war wohl auch die Ursache weiteren konzentrierten Erzaufretens. Nach F. CORNU gehören die Eisenhydroxyde zu den

¹⁾ Man erinnere sich an die offenbar etwas angesüßten Einschwemmungen mit Quarzsand, welche fast überall die Ockerkalkbildungen begleiten (vgl. z. B. S. 167).

Hydrogelen, welche infolge ihrer eigenartigen Wabenstruktur die von v. BEMMELEN so genannten Adsorptionsverbindungen mit gelösten Kristalloiden eingehen, letztere förmlich, vielleicht infolge einer Mikrokapillarwirkung, ein- und aufsaugen. Hierdurch können sie auf letztere in hohem Maße konzentrierend wirken.

In die Reihe dieser Vorgänge gehört auch wohl die Glaukonitbildung, besonders die bezüglich der Zeitbestimmung wichtige, wenn auch noch so geringfügige Glaukonitisierung der Außenzonen einiger von Bohrwürmern durchlöchernten Kalkschichten (S. 153—154), wobei jedenfalls auch die organischen Colloide beträchtlich mitgewirkt haben.

Dadurch scheint es mir erklärlich, daß im gesamten Muschelkalk in allen Ockerkalklagen unter den Fossilbänken, und zwar besonders im Liegenden solcher in Taschen, Röhren und Spaltwinkeln oder auch im Innern solcher Bänke in Schalenhohlräumen oder in ockerig umkristallisierten Lamellibranchiatenschälchen sich makroskopisch und chemisch ein zwar oft nur geringes, aber immerhin auffälliges Auftreten von Cu, Zn und Pb nachweisen ließ (vgl. S. 11, S. 24, S. 54, S. 64, S. 81).

An gewissen Fundpunkten unter den Schaumkalkbänken ist die Röhren-Füllmasse nur zum Teil, aber jedenfalls nicht primär, sondern offenbar erst sehr viel später hydroxydiert; das ist nun zufälligerweise da der Fall, wo in der Füllungsmasse der Bohrröhren jene Kristalllöcher (nach Baryt oder Zölestin) besonders häufig sind. Diese habe ich bis jetzt nur einmal im Innern von Fossilbänken, in der Terebratelbank bei Oberleinach an primärer Stelle beobachtet (und zwar in einer Masse wie an den erwähnten beiden Fundstellen in den Taschen der unteren Grenzregion des Schaumkalks), während sie sonst nur in den fossilfreien Wellenkalkschichten und da ziemlich massenhaft bis 2,5 cm Länge vorkommen.¹⁾

4. Bezüglich des letzteren Auftretens ist nun an die (S. 132) besprochenen Funde von Thüngersheim und Münsterstadt zu erinnern, wo etwas oberhalb der Terebratelbank bzw. etwa 3,5 m unter der Schaumkalkbank die Pseudomorphosen nicht etwa wie sonst im dunkelgrauen Kalkmergel selbst, sondern in einer hellgrauen Masse stecken, der nun allerdings in einem dunklen Kalkkörper in mittlerer Lage linsenförmig rings eingeschlossen ist. Dieser Schicht-Kalkkörper setzt gegen das hellere eingeschlossene Gestein mit schwarzem Rand scharf ab; seine hellgraue Masse ist bisweilen oder stellenweise völlig in gelben Ockerkalk verwandelt, aber jedenfalls erst ganz nachträglich. Man könnte nun meinen, diese Verteilung sei durch eine einfache Differenzierung nach Schichtteilen durch zonare Konzentrationen entstanden; demgegenüber könnte der Mangel einer Übergangszone hervorgehoben werden, wobei allerdings wieder die scharfe Grenze vom Kalkmergel her als ein von außen nach innen d. h. gegen den Mergel vordringender Konzentrationsrand (vgl. S. 85—86) einer gleichmäßig vordringenden Ockerumwandlung aufgefaßt werden könnte. Es verhalten sich nun die beiden Substanzen äußerst verschieden; der schwarze Kalk enthält zum Teil hier starkkörnigen Rückstand und ergibt fast gar keine braune Färbung in HCl, während diese im hellgrauen, die Kristalllöcher enthaltenden Kalk sofort intensivste Ockerabscheidung

¹⁾ Die Ursubstanz (Zölestin) fand ich auch in Handstücken in Bohrröhren aus dem Liegenden der Oberen Schaumkalkbank bei Würzburg am Fuße des Steinbergs (Straße nach Veitshöchheim); sie erfüllt hier stellenweise die ganzen Bohrröhrchen neben Kupferkies mit bis 1 cm langen Kriställchen bei nur geringem tonigem und kalzitischem Bindemittel. H. FISCHER erwähnt Zölestin daselbst in der unteren Bank mit 2,25% (l. c. S. 13) der Gesteinsmasse; auf die weite Verbreitung von Zölestin hier bei Würzburg wies schon SANDBERGER hin (vgl. Geogn. Jahresh. 1891).

hervorrufft und einen feinkörnigen Rückstand hinterläßt; das eine kann daher nicht für eine metasomatische Umwandlung des andern gehalten werden.

Es handelte sich dann also hier nicht um nachträgliche, mineralisch-chemische Differenzierungen im Körper einer einheitlichen Schicht, sondern z. T. um Sedimentationsverschiedenheiten, die deswegen nicht primär verockert waren, weil der übrige chemische Gehalt des mineralisierten Wassers und etwa rasche Bedeckung der Ockerkalkschmitzen durch Kalkschlamm zu einer einheitlichen Bank es verhinderte. Daß allein die Auskristallisation der „Löcherkristalle“ am Fehlen der Verockerung nicht schuld ist, das beweist ein weiteres Vorkommen von Münnerstadt (Textfig. 9), etwa $\frac{1}{2}$ m

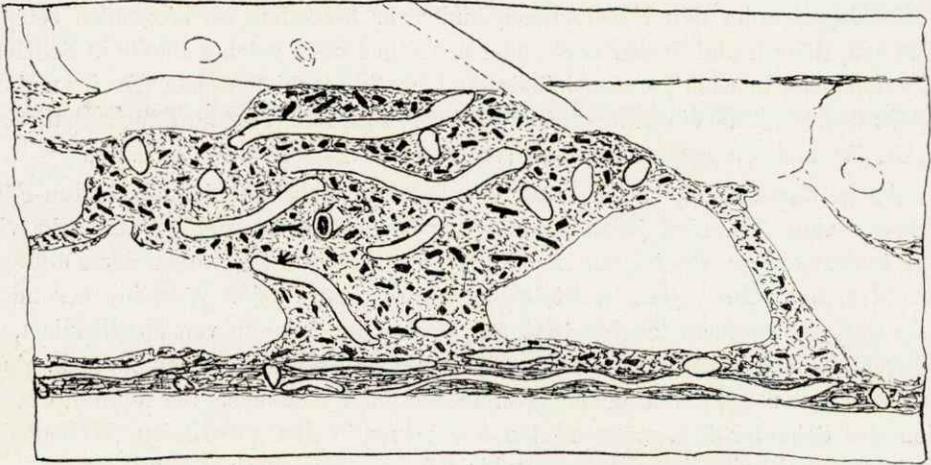


Fig. 9.

Querschnitt durch eine Kalkbank mit einer mittleren Ockerkalkzone, welche einerseits grobe, knollige, grau-blaue Kalkmassen enthält, andererseits Kalkstengel als Röhrenfüllungen, welche im Innern der Decklage oder auch an deren Oberfläche ausmünden; die Ockerlage zeigt die Hohlräume von Zölestinkristallen.

unter der erst besprochenen Bank, wo wir ebenso eine scheinbar einheitliche Kalkbank mit einer in mittlerer Lage höchst unregelmäßig verteilten Ockerkalkmasse sehen. Die Bank ist besonders gegen oben durch eine harte, ausgebnete Deckplatte abgeschlossen. In der eingeschlossenen Ockermasse sind nun eine Masse dunkelgrauer gebogener Kalkstengelgebilde enthalten, welche wohl nichts weiter sind, als von oben her ausgefüllte Wurmröhren (vgl. Kap. 36), deren Füllungen auch mit der erwähnten oberen Deckplatte engstens verwachsen sind. Hier könnte das sich äußernde organische Leben mit seinen Abfallprodukten sich in einer offenbar weitgehenden primären Verockerung trotz jener Kristalle kund getan haben.

Diese Annahmen könnten aber nicht aufrecht erhalten werden. Da die hellgraue Umgebung der Kristalllöchergruppen eine ziemlich weitverbreitete Erscheinung und auch in breiten Schlangensteinen mit zentral gelegenen Löchern häufig ist, so suchte ich mit Vermehrung der Präparate bezüglich des Rückstandes und des mikroskopischen Bildes hierüber mehr Klarheit zu schaffen.

5. Wir betrachten zuerst die nicht verockerte graue Masse jener zwei weit auseinanderliegenden Fundstellen bei Thüngersheim und bei Münnerstadt. Der Rückstand des dichten Kalks von Münnerstadt zeigt ziemlich viel Quarz in kleinen Bruchstückchen, zweifellos der gewöhnlichen Schwemmasse angehörig; der des hellgrauen Kalks mit den Kristallöchern zeigt im allgemeinen etwas weniger feinen Quarz, in einzelnen Präparaten viel weniger, in anderen sind aber die Quarzkörner

recht groß und zeigen mit zonarem Bau auch den Ansatz neuer Kristallflächen, es sind auch vollständig rundum ausgebildete Kristalle darunter; Herr Dr. SCHUSTER stand mir hier mit Deutungen von Einzelheiten zur Seite. Der Rückstand der Fundstücke von Thüngersheim (Honigberg) ist in beiden Gesteinsabteilungen an Quarz ärmer. Der hellgraue Kristallöcherkalk zeigt indessen neben Trümmerquarzen noch sehr kleine zackige Kristallaggregate von gelblicher Färbung, welche offenbar durch Limonit gefärbte Zusammenwachsungen feinfaseriger, sinterartiger Quarzausscheidungen sind, welche in dem anderen Teil der Bank fehlen, also Neubildungen vorstellen.

Es hat also der die Kristallöcher zeigende, meist wohl abgegrenzte Teil der Bank zweifellos Umwandlungen im Quarzbestand erlitten, welche teilweise als Fortführungen zu erachten sind — und daher scheinbar andere Sedimentationsbedingungen andeuten könnten —, teilweise als Neuausscheidungen und Vergrößerungen vorhandener Partikel zu betrachten sind; der dunkle Teil der Bank erscheint hierin normaler.

6. Dies gilt auch nach den Ergebnissen der Dünnschliffuntersuchung. An beiden Fundorten zeigt sich der dunkle Rand zwischen beiden Gesteinsabteilungen; im Dünnschliff verschwindet er im durchfallenden Licht und ist nur sichtbar, wenn man den Schliff vor einen dunklen Hintergrund hält; es handelt sich also hier bloß um ein geringes Maß größerer Durchsichtigkeit der Masse und gleichmäßigeren Zusammenschlusses der Teilchen. Was im übrigen das Gestein selbst betrifft, so kann man im Korn keinen deutlichen Unterschied zwischen der dunklen äußeren und der hellen inneren Zone mit den Kristallöchern erkennen. Das einzige ist, daß in beiden Fällen in dem letzteren Abschnitt ganz kleine Gruppen rhomboedrisch umgrenzter Kriställchen mit ockerigem Rand eingestreut sind, welche für sich größerkörnig sind als der feinkörnige Zement. Es ist dies wohl das gleiche Bild, welches oben (S. 167) die sich unter Zuzug von außen her in Ockerkalk verwandelnde Kalkschicht zeigt (Taf. I Fig. 5); es kann aber ebenso das Bild eines hellgrauen Ockerkalkes sein, der einfach umkristallisierte; das ist offenbar hier der Fall, da die Ockerentwicklung bei Auflösung dieses Kalkes sehr stark ist und sich nicht mit den geringen Spuren deckt, welche unter dem Mikroskop zu beobachten sind. Diese Umkristallisation schreitet auch weiter vor sich und geht im Innern des Kalks ohne eine Zufuhr von außen, d. h. ohne daß der Kalk des Umhüllungskörpers eine bemerkenswerte Änderung zeigt, völlig in eine größer kristallinische, stark verockerte Masse über. Während in dem nicht verockerten, grauen Ockerkalk die Kristallöcher völlig glatt und primär erhalten sind, füllen sie sich nach der stärkeren Verockerung stets mit Kalzit drusig aus, wie wir gleiches oben von der späteren Umsetzung des Umwandlungs-Ockerkalks (S. 168) besprochen haben. Zugleich bildet sich in der Umgebung der Ockerkalkzüge eine gröber kristallisierte Randzone der Umsetzung des Kalkkörpers aus, welche nun nicht mehr dunkel ist. In diesem zersetzten Ockerkalk stellte ich an dem Fundort Thüngersheim-Honigberg ziemlich reichlich mikroskopisches Erz (Mangan- oder Eisenerz) fest, welches auch noch hie und da in der Umgebung eingesprengt ist. Die Verockerung ist daher eine späte Erscheinung und hat etwa mit der Besiedelung von Würmern nichts zu tun; diese spielten hier nicht etwa die Rolle, wie wir sie für die Bohrröhrenkalke mit Ringhöfen oben ausführlich auseinandersetzen; sie kommt auch, wie erwähnt, ohne gleichzeitige Bohrröhren vor; ich habe sogar Vorkommen gesammelt, wo die eine Hälfte eines solchen Ockerkalkkerns stark verockert ist, die andere nicht. Es sind das Erschei-

nungen späterer querer Durchsinterung; die Tatsache, daß die hangende Schichtdecke unberührt geblieben ist, darf kein gültiger Beweis sein, daß die Umwandlung älter ist als diese Decke.

7. Das bestätigt auch die spezielle Untersuchung des von gestreckten bzw. schwach gebogenen und gewundenen stengelartigen Röhrenerfüllungen durchspickten Ockerkalkes von Münnerstadt (Textfig. 9). Der obere kalkige Abschnitt, der auch noch zum Teil von den Kalkstengelgebilden durchsetzt ist, die aber fast ganz mit dem Kalkkörper verwachsen, zeigt einen ziemlich feinkörnigen Rückstand aus Quarz und hat geringen Ton; es geht bei der Auflösung des Kalks sehr wenig Eisen in Lösung. Im Verhältnis sehr stark ist dagegen der Limonitrückstand bei der Auflösung des Ockerkalkes; der unauflösbare Rest ist aber auch hier wie oben ein feines Aggregat von hellen faserigen Nadelchen in sehr vielen kleineren und größeren Putzen; es sind sehr feinfaserige, sinterartige Kieselsäureausscheidungen und an einzelnen Stellen finden sich regelmäßige kleine Neuquarze; dazwischen zeigen sich nun neben einer Anzahl von nicht kleinen Quarzsplitterchen einzelne größere Kristallfragmente von starker Lichtbrechung, welche Dr. SCHUSTER als Zirkon erkannte. Das Vorkommen von vier kleinen und größeren Fragmenten ist im Verhältnis zu der aufgelösten Masse wenigstens auffällig zahlreich zu nennen; wenn man den Ockerkalk als eine rein sedimentäre Bildung hier ansehen wollte, so wäre diese Anreicherung nicht leicht zu verstehen; es könnte aber bei recht leichtflüssiger Masse unter Annahme einer Verminderung des Widerstands nach unten zu der Quarz und der Zirkon höherer Schichtlage niedersinken und in tieferer Lage vermehrt erscheinen. — Von Interesse sind noch die Ausfüllungen oder Überkrustungen der Höhlungen der verschwundenen Zölestinkristalle; einerseits ist es Kalzit, andererseits ist es eine im Bruch dunkelbraune, an der Oberfläche dem Glaskopf ähnliche Kruste, andererseits zeigt sich eine hellere Kruste sehr feiner Teilchen, welche nicht ganz Kalkspat sein konnten, die ich aber mit der Lupe vermutlich für gefärbten Quarz hielt. Ich brachte einen Teil dieser durchlöcherten Kruste zur Auflösung in HCl-Säure, da zeigte sich neben jenen Nadelaggregaten von Quarz eine Masse lebhaft gelblicher Körnchen, welche einen rindenartigen Zusammenhang hatten und bei gekreuzten Nicols eine sehr eigenartige grünliche Färbung zeigten; es sind kleinere bis sehr kleine Teile jener Hohlräumeauskleidungen. Herr Dr. M. SCHUSTER teilt mir folgendes Resultat seiner mikroskopischen Untersuchung mit, zu welcher Herr Landesgeologe A. SCHWAGER mit mehreren chemischen Prüfungen beigetragen hat:

„Der Drusenbelag erwies sich unterm Mikroskop als ein Aggregat kleiner Kriställchen von goldgelber Farbe in den kleineren Gebilden, bis zu dunkelbraunroter Färbung in den größeren Formen, wobei an letzteren ein metallartiger Diamantglanz im auffallenden Licht beobachtet werden konnte. Die hohe Licht- und Doppelbrechung lassen beim ersten Anblick auf Rutil schließen, welcher Annahme die allerdings ganz ungewohnte Kristallform, scharf modellierte, anscheinend tetragonale Pyramiden, schließlich nicht entgegenstände, wenn nicht die Löslichkeit des Minerals in Salpetersäure und der Mangel einer Titansäurereaktion diese Diagnose ganz ausschließen würde. Man geht wohl nicht fehl, in dem Mineral ein Eisenhydroxyd zu vermuten, das in seltenem Falle kristallisiert auftritt.“

Die Annahme einer Pseudomorphose ist durch die Art des Vorkommens nicht gerade nahegelegt. Jedenfalls beweisen diese Vorkommen die Tatsache außergewöhnlicher Neubildungen in dem Ockerkalk und lassen es als sicher er-

scheinen, daß diese Verockerung mit der Würmerbesiedelung nichts zu tun hat, sondern ein Vorgang späterer Umwandlung, der Metamorphose ist.

8. Ich erkläre mir die auffällige Schichtausgestaltung dieser den Ockerkalk mit Zölestinkristallen enthaltenden Bänke folgendermaßen. Die Erhärtung der Schicht fand, wie wir dies oben für die Septarien dargelegt haben, von außen nach innen statt, und zwar wahrscheinlich durch einen Kalkentzug von innen nach außen hin. Die mittlere, noch weiche, wasserreiche Region, die bei den Septarien in größeren Sprüngen riß (offenbar infolge einer die Teilchen leimenden Bindung) wurde in unserem Falle nur undichter und durchlässiger; hierhin wurden aber auch die leichter löslichen salinischen Stoffe konzentriert, kristallisierten hierbei aus bzw. sie wurden eingeschlossen. Vielleicht, daß nun die Zersetzung des Schwefelkieses Ursache war, daß der Zölestin ausgelaugt wurde, oder daß die mit eingeschlossenen salinischen Lösungsmassen, mit welchen Zölestin konzentriert wurde, nun auch wieder in gewisser Verdünnung an seiner Auflösung und Fortführung beteiligt waren, jedenfalls bildet die Durchlässigkeit der weniger geschlossenen Ockerkalkregion die nächste Möglichkeit dazu, ebenso wie zur Umwandlung des Quarzgehalts, zur stark fortschreitenden Verockerung und zur Konzentration der Erzpartikelchen. Sicher ist auch nach der Lage der Zölestinkristalle deren Auskristallisation nicht an jener Differenzierung im Innern des Gesteinskörpers schuld, denn die Kristalle oder Kristallbündel nehmen, wenn sie auch nur innerhalb der Masse vorkommen und durch ihre Außengrenze oft wie abgeschnitten scheinen, zu dieser Masse nicht diejenige mittlere Lage ein, wie z. B. die Ockerkalkpartien selbst zu dem ganzen Gesteinskörper.

Durch die Annahme der Erhärtung solcher Wellenkalkgesteine von außen nach innen — was auch auf die meisten anderen ausgedehnt werden darf — wird auch verständlich, wie bei einer verhältnismäßig großen Plastizität der Schichten zu einer gewissen Zeit bei starken Stauchungen trotzdem die Wellenskulptur der äußeren Oberfläche erhalten bleiben konnte (vgl. S. 119). Die Entstehung des „Ockerkalks“ in den Bankmitten wäre also durch nach außen erfolgenden Entzug der Kalklösung als eine verhältnismäßige Vermehrung der Eisen- und Magnesiakarbonatlösung im Innern aufzufassen, deren Ausfällung zwei scharfe, durch das dunkle Band bezeichnete Grenzen verursacht hätte; wie für Zölestin konnte aber auch diese Lösung noch einen seitlichen Zuzug erfahren haben.

9. An diese Vorkommen von ockerigem Kalk im Wellenkalk sei die Beobachtung angeschlossen, daß in zwar seltenen Vorkommen dickere, für sich bestehende Einzelbänke dunkelgrauen Kalkes unregelmäßig schmitzenweise Einschaltungen ockerigen Kalkes besitzen, von welchen hier und da höhere mit tieferen unregelmäßig seitlich anastomosieren; es sind aber auch hier Unterbrechungen im Mergelkalkwachstum schon durch die Form der großen Kalkkernzüge nahe gelegt, zwischen welchen jene schwächeren tief dunkelbraunen, in unverändertem Zustande hellgrauen Einschaltungen auftreten; es werden auch hier oft Rhizokorallien von gleichem Stoffaufbau eingeschlossen.

Wir haben hier das gleiche Wachstum bzw. den gleichen diagenetischen Modus der Festwerdung und inneren Stoffscheideung vor uns, wie wir ihn oben S. 72 im Anschluß an Fig. 1—3 Taf. IV besprochen haben. Wenn wir in dem oben besprochenen Fall, also den für die Wellenkalkbänke typischeren Vorgang „der Erhärtung von außen her in unregelmäßigem Vordringen nach der Seite und nach innen“ dargelegt haben, so ist doch in dieser Formation der die Kalkbänke des Oberen Muschel-

kalks mehr kennzeichnende Vorgang, „die Erhärtung von innen aus mit unregelmäßigem Platzgreifen nach der Seite und nach außen (dem Hangenden und Liegenden)“ nicht völlig ausgeschlossen, wenn auch recht selten.

10. Es ist natürlich, daß beide Arten der Erhärtung auch gelegentlich gleichzeitig oder fast gleichzeitig nebeneinander auftreten können. Als Beweis diene das oben erwähnte Vorkommen mit den Kalkstengeln, das in S. 172 Fig. 9 dargestellt ist. An gewissen Stellen der Bank hat man den Eindruck eines völlig mit der Innenzone einheitlichen Körpers (wie oben), der unregelmäßig von oben und unten her beschränkt und in Teile abgeschnürt erscheint; an anderer Stelle ist aber die Deckplatte etwas selbständig gegenüber jener mittleren knolligen Ausbreitung des dunklen Kalkes, der die innere Ockerkalkzone beschränkt; es würde sich also hier um eine knollige, konkretionäre Erhärtung handeln, welche zu schiefqueren Anastomosen führt; in letzteren wären die Zölestinkristalle in Masse auskristallisiert; sie wären es wohl nicht in dem Maße, wenn nicht die Erhärtung auch von der Deckelschicht vielleicht in etwas späterer Zeit ausgegangen wäre und mit dieser Einschränkung auch die Konzentration und Auskristallisation der eingeschlossenen Lösungen verursacht hätte. — Unsere oben gegebenen Deutungen über die relativ größere Weichheit der ockerigen Partien wird sehr gewichtig gestützt durch das Vorkommen der Kalkstengel, die wir als Röhrenfüllungen betrachten; diese münden wie die echten Bohrröhren an der Oberfläche der Deckelschicht aus, welche sie noch deutlich durchsetzen. Da sind zwei Merkwürdigkeiten: Durch die Deckelschicht gehen die Röhren verhältnismäßig nur sporadisch hindurch, während sie in der Mittelschicht geradezu massenhaft auftreten und in dieser aber nur in dem Ockerkalk. Die Geschöpfe, die diese Röhren schufen, haben offenbar schon zu einer Zeit gelebt, wo die seitliche Einschränkung durch konkretionäre Erhärtung begann, sie blieben in ihrer Ausbreitung nur auf die weiche Ockermasse beschränkt, drangen aber nicht in die kalkigen, konkretionären Partien ein. Dabei dauerte die Sedimentation noch fort; der neu abgelagerte, noch weiche, nicht differenzierte Schlamm wurde ebenfalls noch durch neue Individuen weiter durchbohrt und die Gesamtheit der Röhren endlich mit nicht differenziertem Schlamm erfüllt; auch von diesem ferneren Aufbau des Schichtkörpers fand eine weitere Differenzierung in der oben gegebenen Art durch Konzentration der Lösung nach außen statt.

Zusammenfassung zu Kap. 21. Es wurden weitere Begleiterscheinungen der Ockerkalkbildung und der Erzanreicherung, die sich an sie anschließt, besprochen. Zugleich wird eine andere Art der Ockerkalkbildung berührt, welche ein Modus der primären Gesteinserhärtung und zwar einer septarienartigen von außen nach innen erfolgenden, wie dies mehrfach schon an früherer Stelle nahegelegt werden konnte, zu sein scheint. Kalk wird hierbei nach der Hangend- und Liegendflur der Bänke gezogen, während in deren Mittelflur ein Ockerkalk auftritt, bei dessen Undichtigkeit schwerere Schichtbestandteile niedergesunken sind und reichliche Zölestinausscheidungen Platz gegriffen haben. Die Auflösung von Zölestin und die hier noch spätere Verockerung des Ockerkalks haben interessante Umbildungen in Kalk, Quarz und Erzbestand der Masse hervorgerufen; die Differenzierung zwischen Septarien und Ockerkalk einerseits (S. 61—64) und zwischen konkretionären Erhärtungen und ockerigen Zwischenräumen (S. 72—75) im Oberen Muschelkalk andererseits ist eine verwandte Erscheinung.

Kap. 22. Ockerige bzw. eisenkarbonatreiche Geschiebekalk- und Fossilbänke in Beziehung zu den Durchsinterungstreifen und den Sigmoidalklüften.

Wir haben im Vorhergehenden auseinandergesetzt, wie Wurmdurchbohrungen im Liegenden der Fossilbänke, dann chemische Einwirkungen im Beginne der Überlagerung (mit ihrem Wechsel von Anschwemmungen und Verfrachtungen), sei es nun außerhalb von Wurmröhren mit Verdichtungshülle oder vom Innern dieser Röhren ohne Verdichtungshülle (in schon etwas härter gewordenes Gestein gebohrt), überdies wechselnde Belastung großer Flächen die somit rasch diskontinuierlich gewordene Bodenschicht in hohem Maße der mechanischen und chemischen Zerstörung anheimgeben konnten; an Flächen, wo diese Momente in unregelmäßiger Verteilung durch die Besiedlung des Bodenkörpers auch höchst unregelmäßig wirken, wird die mechanische Folge sich ebenso verhalten. So können Schichtkörper auf große oder vielleicht langgestreckte Flächen hin bis zur nächsten Schichtkluft durchgearbeitet werden (vgl. Taf. I Fig. 5) und von diesen Stellen aus kann eine regelmäßige Durchdringung quer zum Schichtkörper in noch weniger von obigen Wirkungen betroffene Gebietsflächen des Liegenden hinein mit lösenden Flüssigkeiten stattfinden. Es können regelmäßige „Durchsinterungsvorgänge“ einsetzen. Es ist bezeichnend, daß in die quer durchgearbeitete Schicht in Taf. I Fig. 5 die wenig scharf begrenzten und ungleichmäßig breiten deutlichen Umsetzungstreifen im Körper in einander annähernd parallelen, fast spaltenartigen Flächenzügen verlaufen und daß die Abtragung kleine vertikale Wände und Pfeilerchen stehen läßt; diese Schicht zeigt also vertikale Durchsinterungsflächen. In nur ganz geringer Höhe darüber liegt nun die in Taf. V Fig. 9 abgebildete Liegendschicht eines bei weitem nicht so stark ockerigen, höheren Enkriniten-Geschiebekalks. Diese Liegendschicht ist an der Fundstelle durchaus nicht von Wurmröhren durchlöchert; dagegen zeigt sich eine feine Sigmoidalzerklüftung, welche in der obersten kalkigeren Lage, an einzelnen Stellen, gerade in der Entstehung begriffen ist; man hat zum Teil schon Klüfte, zum Teil aber auch bloß feine, durch hellere ockerige Färbung angedeutete Durchsinterungstreifen, welche noch nicht zu Klüften gediehen sind; dabei zeigen sich an der Oberfläche diesen Durchsetzungen entsprechende Abrasionspfeilerchen und treppenartige Absätze der nicht so unregelmäßig wie in Taf. I Fig. 5 angelegten Abrasionsfläche.

Ich glaube, daß dieses Zusammenkommen wichtig ist für die Deutung des Zusammenhangs zwischen Sigmoidalklüften und Durchsinterungstreifen und für die Bestimmung des hohen Alters der beiden letzteren; es ist zur Auslösung der ersteren durchaus nicht unumgänglich, den Gebirgsdruck oder tektonische Vorgänge zu Hilfe zu rufen; wie vielmehr unregelmäßige Zersprengungswirkungen nach obiger Darstellung schon allein durch den seitlichen Zusammenhang in reichstem Maße möglich sind, so kann eine weite Schichtregion des Meeresbodens, die nicht zur „Durchsinterung“ käme, wenn sie nicht seitlich aus ihrem primären Zusammenhang gelöst wäre, auch allein durch die hiernach noch reichlich möglichen Zug- und Druckerscheinungen, durch ungleichmäßige und wechselnde Belastung der beginnenden Hangendsedimentation, durch Unterspülungen und chemische Vorgänge im Liegenden der Randpartien sehr wohl nach den vorhandenen Kohäsionsdifferenzen der „Durchsinterungen“ zerklüftet werden. Was sonst unregelmäßig geschähe (zersprengte Kalke!), das muß hier nach der Regelmäßigkeit der Vorbereitung eine regelmäßige Form annehmen. Dabei ist immer zu bedenken, daß durch die vorhandene Hangendschicht, so wie sie uns vorliegt, nur wenig oder nichts erzählt werden kann über die Art

und Zahl der Vorgänge,¹⁾ welche stattfanden in dem Zeitraum zwischen der Ablagerung der Hangendfläche der Liegendenschicht und der ersten Geschiebelage, welche auf ihr eine bleibende Ruhestätte fand! Wir wissen nur von einem einheitlichen, biologisch eingeleiteten Zerstörungsvorgang. Ein solcher könnte aber auch einen ursprünglich normalen, noch nicht zu weit vorgeschrittenen Erhärtungsvorgang, also in „Halbhärte“ mit einer Durchsinterungsepisode unterbrechen, wonach die Fortsetzung der Erhärtung zur Vollhärte wahrscheinlich zur Zerklüftung führen würde. Es ist doch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß die Zerreißung als eine septarienartige, nach Art der stratischen Zerspaltung, ohne irgend welches Zutun mechanischer Beiwirkungen aufgefaßt werden könne. Wir werden hierauf in einem späteren Kapitel im Anschluß an die Zusammenfassung der Erhärtungsarten S. 194^m zurückkommen.

Es scheint mir nun hier wichtig, darauf hinzuweisen, daß die Vorkommen von Sigmoidalzerklüftung auf die unterste und oberste Region, den Beginn und Ausgang des Wellenkalks, beschränkt scheinen, wo auch Geschiebekalke eine ganz besondere Häufigkeit haben; daß sie dabei auch im Liegenden von Fossilienkalken vorkommen, welche meist innerhalb vorherrschender Mergelfazies feste Kalkbänke (offenbar durch reichlicheren Übergang von Schalenkalk in Lösung) und Fossilinseln (zum Teil mit Geoden-artiger Erhärtung) erzeugen, oder weiter daß sie unmittelbar unter Stromatolithlagen sich befinden, oder endlich in seitlicher Fortsetzung von Schichten, in denen an anderer Stelle massenhafte Fossilanhäufung zu bemerken ist, dabei auch Lösungsdurchzüge durch die benachbarten fossilfreien Regionen stattfinden können.

Hierbei ist daran festzuhalten, daß diese Zerklüftung selbst nur in völlig fossilfreien Sedimenten (ausschließlich Mikrofauna) bis jetzt beobachtet wurde; dasselbe gilt auch von den Durchsinterungstreifen. — Wir erachten diese alte Durchsinterung und die ihr offenbar nachfolgende, diagenetisch ausgelöste Sigmoidalzerklüftung als die wichtigste Beihilfe der biologisch durch die Durchbohrungen mechanisch eingeleiteten und chemisch fortgesetzten Zerstörung des Meeresgrundes. Man bedenke, daß schon die Hüllenbildung um die massenhaften Bohrlöcher eine Störung der Gleichmäßigkeit, eine „Durchsinterung“ bedeutet. In dieser Episode steigert eine für sich geringfügige Sache die Wirkung eines anderen, ebenso für sich geringfügigen Vorgangs, und durch außerordentliche Vermehrung der einzelnen Angriffspunkte wird das gesamte Ergebnis das Bild eines scheinbar höchst geschlossenen Ereignisses hervorrufen.

Zusammenfassung zu Kap. 22. Es liegt nahe, den umfangreichen massigeren metasomatischen Durchsetzungen der Schichtgesteine, welche mehrfach einen vertikalen Verlauf haben, auch jene nicht so massigen, aber reicher gegliederten zuzugesellen, welche die Vorbereitung für die Entstehung der Sigmoidalklüfte geboten haben könnten, und welche auch ihrerseits wieder Material für die Geschiebebildung liefern konnten. Die Möglichkeit der queren Durchsinterung noch zur Zeit mangelnder Schichtbedeckung ist in jenen Schichtzonen, in welchen die Sigmoidalklüfte auftreten, in hohem Maße gegeben; diese immerhin seltene Erscheinung wäre noch leichter zu deuten, wenn die Auffassung näher zu begründen wäre, daß die Kluftaufreißung nach den Vorbereitungsflächen nicht durch äußeren

¹⁾ Ich möchte hier nur noch einmal an die S. 161 Anm. 1 erwähnten Geschiebe von Geschiebekalken in Geschiebekalken in mehreren sehr verschiedenartigen Formationsgebieten erinnert haben.

Druck, sondern durch innere Spannungen nach Art der stratischen Zerklüftung entstanden sein könnte (vgl. Kap. 27, S. 194).

Kap. 23. Schwefelkies in den blaugrauen Kalken des Wellenkalks.

Über die gelegentlichen Ausscheidungen von Schwefelkies und anderen Erzen in den Fossilkalken wurde an mehreren anderen Stellen dieser Abhandlung hingewiesen (S. 11, 24, 44, 49, 54); es soll hier noch des Schwefelkiesvorkommens in den versteinierungsfreien Kalken kurz übersichtlich gedacht werden, dieser Kalke, deren im allgemeinen blaugraue Farbe an die Entstehung der Farbe dichter Wolken erinnert; — ich konnte S. 137 und S. 173 darlegen, daß bei manchen Färbungen auch die Kornstruktur eine Rolle spielt. Die Kalke enthalten nun auch Schwefelkies in oft recht geringer und diffuser, oft aber auch stärkerer gedränkter Anreicherung von braunen und schwarzen Körnchen. Wir konnten die Herkunft des Erzes von der Sedimentationsoberfläche her infolge besonderer diagenetischer Vorgänge in einzelnen Fällen nachweisen. Auffällig sind aber auch einige lagenartige Vorkommen, wobei die Frage aufgeworfen ist, ob dabei vielleicht Adsorptionen im erhärtenden Gestein vorliegen oder ob Beimengungen während der Sedimentation möglich sind. Es handelt sich hier (vgl. Beil. I Fig. 1 S. 145) um drei lagenartige Zonen von zahllosen kleinen Einsprenglingen dieses Erzes von recht dichter Aneinanderdrängung, daß drei schwärzliche Streifen auf dem dunkelgrauen Kalke bemerkbar sind; diese Massen sind von oben her etwas zersetzt durch die an die Bohrröhren sich anschließende „Durchsinterung“; von unten her werden die Züge durch Stylolithenzapfen einer tieferen Zone durchstoßen, ohne eine Veränderung erlitten zu haben (S. 138). In der Bohrwürmerunterlage der Schaumkalkbank zeigte sich auch eine solche Horizontalverbreitung von Schwefelkieskörnchen in dichtem Kalk, die schon makroskopisch sichtbar sind. In beiden Fällen stärkerer Anreicherung möchte ich nicht an eine Ansaugung denken, welche durch die beginnenden Erhärtungsprozesse im Innern der Bank verursacht ist.

Für das auffälligste Vorkommen des Schwefeleisens in dem Ecki-Horizont (S. 145, 12; 149—152) könnte man als ein Bild im kleinen an die gelegentlich der Schelfablagerungen von O. KRÜMMEL Ozeanogr. S. 165 erwähnten Vertiefungen in der Nähe von Steinbänken denken, von welchen der Saugstrom alles Bewegliche weggefegt und alle organischen Verwesungsreste, den Moder in den etwa abgeschlossenen Vertiefungen sammelt; es wird dabei so reichlich Schwefelwasserstoff gesammelt, daß z. B. ihr Verlauf den Schiffen bei Nebeln eine Orientierung bietet. Aber auch ein intrasedimentärer Einschluß ist für viele Fälle denkbar, wie im Schwarzen Meere, an eine Art Schwefeleisenschlick (O. KRÜMMEL l. c. S. 178).

Im Liegenden der Schaumkalk-, Terebratel- und Eckiolithbänke finden sich Bänke, welche auch durch ihr Gesteinsverhalten sich von dem gewöhnlichen Wellenkalk unterscheiden S. 211. Diese können als Vorboten der Fossilienverschwemmung, als auch der autochthonen Tubikolenansiedlungen neben ihnen syngenetisch reichlich Schwefeleisen eingeschlossen haben.

Zusammenfassung zu Kap. 23. Außer den Schwefelkiesanreicherungen, welche im Anschluß an die Bohrröhren bzw. an die zwischen den Bohrröhren und ihren Hüllen liegenden Strecken oder Schichtflächen in die grauen fossilarmen Kalke eingedrungen sind, gibt es noch lagenartig eingedrungene Schwärme von

FeS_2 , welche aussehen wie syngenetische Schichteinschlüsse. Da sie in der Liegend-schicht der Fossilbänke auftreten, so können sie auf die Verschwemmung und Mischung mit den Verwesungsabfällen der in flacheren Meereslagen zuerst auftretenden floristischen und faunistischen Invasionen zurückgeführt werden, deren chemische Folgen eher in die Tiefenlage der „Ablagerungsflur“ geführt werden, als die schwerer transportablen Skeletteile, welche ersteren nachfolgen (vgl. Kap. 29 S. 205, 11).

Kap. 24. Über die faunistische Folge in den Fossilienbänken und die faunistischen Invasionen im Muschelkalk.

1. Wir haben oben kurz auf eine offenbar gesetzmäßige Folge in der faunistischen Zusammensetzung der Fossilienbänke aufmerksam gemacht, welche wir aber nicht ganz allein als eine allgemeine Folge nach der Lebensmöglichkeit einer Tiergruppe unter der Voraussetzung des Vorhandenseins einer anderen bzw. eines Pflanzenbestandes betrachten dürfen.

Als erste Ansiedler in dem weichen Meeresgrunde sehen wir mit Recht die tubikolen Würmer an, die uns örtlich in ungeheuerem Reichtum entweder in rhizokorallien-artigen Bildungen (Kap. 34 S. 233) oder in Bohrhöhlen (Kap. 15 S. 136) entgegentreten; Rhizokorallien zeigen sich in Franken schon in den tiefsten „Ockerkalken“, woselbst sonst fast nichts von einer Fauna des Wellenkalks zu bemerken ist; sie treten auch nur seltener im eigentlichen Wellenkalk auf, Bohrröhren sind dagegen hier stets im Hangenden und Liegenden der Fossilkalke zu finden; dann folgt über der Bohrröhrengrenze die Ockergrenzlage mit Enkriniten und Brachiopoden, dann die Bivalvenlage, welche abbricht und häufig einer fossilärmeren oberen Grenzflur, wieder mit Wurmröhren und Rhizokorallien, Platz macht. Das ist eine Folge, die sich häufig zum Teil sogar in den schmalen und dünnen Fossilinseln des Hauptmuschelkalks äußert.

Die Würmer bedürfen zwar im allgemeinen nicht notwendig eines weichen Grundes zu ihrer Bautätigkeit; diese ist aber durch einen solchen jedenfalls sehr erleichtert. Da, wo sie sich aber in Masse ansiedeln, mögen sie den sich eingrabenden Bivalven nicht förderlich sein, besonders auch, weil ihre Tätigkeit rasch zu einer Erhärtung des Untergrundes führte, welcher die meisten Isomyarier nicht gewachsen sein mochten.¹⁾ Diese Erhärtung des Untergrundes ermöglicht aber die reichere Ansiedlung von solchen sedentären Organismen, welche sich an einer gehärteten Oberfläche festhielten und sich etwas höher über den Boden erhoben, vor allem Krinoiden und Brachiopoden (daneben zuweilen Balaniden); mit ersteren kamen gelegentlich kleine Austern, dann auch häufiger kleine und dünnschalige, „springende“ Pectiniden und Limiden vor.

Wir kommen nun zur ockerigen Grenzflur! Hat sie physiologische Beziehungen zu der eingeschlossenen Fauna? Ich glaube nicht! Ich halte das Zusammen-vorkommen für eine zwar gesetzmäßige Wiederkehr, aber für kein Zeichen irgend einer unmittelbaren, biologisch notwendigen Wechselbeziehung; es ist vielmehr eine mineralisch-biologische Paragenese. Zerstörungswirkungen durch Wasserbewegungen in einer noch weichen Schicht äußern sich lediglich mechanisch und führen die aufgewühlten Produkte fort, ehe chemische Einflüsse sich geltend machen können. Wir

¹⁾ Nur kleine Ostreiden befinden sich, an riffartigen Vorragungen des erhärteten Meeresgrundes (vgl. Taf. VII Fig. 8) angewachsen, gegenüber kleinen Würmern im Vorteil, welche sonst trotz ihrer sedentären Lebensweise viel beweglicher sind und vorteilhaftere Fangorganisation besitzen.

haben aber hier einen angehärteten Boden, der allerdings vielfache Angriffspunkte zur Zerstörung bietet; eine solche kann aber nur durch andauernde chemische Wirkungen ermöglicht werden, wie der lange Bestand derselben Bodenflur, die Verzögerung einer bedeckenden Schichtanschwemmung auch die Dauer der Einwirkung verbürgt. — Hierin liegt meiner Ansicht nach die Ursache der vielleicht nur auf ein gewisses Gebiet beschränkten Paragenese. — Nachdem aber einmal diese Umbildung in hohem Maße vorgeschritten ist, die Krinoidenstöckchen ihres Haltes beraubt wurden und Strömungen die halbockerigen Massen mit ihren tonigen Resten zusammenschwemmt haben, vielleicht auch an der Degeneration der bestehenden Ansiedlungen teilhatten, da wurde wieder ein weicherer Grund geschaffen, in dem nun auch am Boden lebende, sich eingrabende Bivalven in reicherer Faunenentfaltung sich autochthon entwickeln konnten; dies sei eine vorläufige noch zu modifizierende Vorstellung, besonders hinsichtlich des autochthonen Lebens der Bivalven.

In unseren Bänken zeigt sich die letztere Episode meist in einer Verschwemmungsmasse von Schalen, der nach Aufhören der starken Strömungserscheinung feinerer Korngrus bis feinerer Kalkschlamm folgen, in denen nun wieder an Ort und Stelle, wie in der Basis, ein Wurmleben Platz greift (vgl. unten Kap. 29 S. 206).

In seltenen Fällen findet darauf cyklisch eine umgekehrte Folge statt, d. h. wieder eine Verschwemmung von Crinoidenstielgliederchen und Brachiopoden mit Ockerkalk-artigem Kornbindemittel und dann erst der fossilarme, höchstens Rhizokoralien zeigende Mergelabschluß, der ja auch bis zur tonigen Zwischenlage übersprungen werden kann. — Zuweilen treten auch mehrmals oder im Innern der Fossilbänke die dichten Kalke mit Bohrröhren und schwacher Ockerbildung auf, ein Beweis, daß die Verhältnisse, die das Schaltierleben nicht begünstigen, örtlich fort-dauern und stellenweise wieder die Oberhand gewinnen, wie ja im Wellenkalk die Fossilbänke überhaupt nur vorübergehende Episoden darstellen.

2. Es ist nun noch nötig, uns über die Ursachen der faunistischen Invasionen, welche die Fossilienbänke inmitten des fossilfreien Wellenkalks repräsentieren, zu äußern; hierüber hat schon EB. FRAAS bemerkenswerte Ansichten geäußert.¹⁾

Ich glaube nun, daß die Beantwortung dieser Frage zum größten Teil in der Lösung derjenigen enthalten ist, warum der „Wellenkalk“ im eigentlichen Sinne so auffällig fossilarm ist. Es ist ja wohl nirgends so, daß der Fossilienreichtum gleichmäßig in den Formationen verteilt ist; es ist aber wohl immer eine besondere Ursache dafür zu geben, wie z. B. auffällige Wechsel der Existenzbedingungen, die sich in den Gesteinen kundtun.²⁾ Selten aber ist es gerade der Eintritt einer Kalkmergelfazies, welche das Signal zum Aussetzen der faunistischen Einschlüsse gibt und selten ist der Unterschied so schroff, so unvorbereitet und unangesagt, besonders bezüglich der Art, Menge und Mengung der Tierreste, so wenig einem Übergängigen und langsamen Wechsel gleichend, so befremdend gegensätzlich wie gerade beim Wellenkalk, wo einzelne Schalenhaufenbänke zwischen mächtigen, fast azoischen Schichtenmassen liegen.

Wenn ich nun das Eintreffen der Fossilbänke „unvorbereitet und schroff“ nannte, so gilt dies nicht im ganzen Umfang der Worte, denn wir haben gerade eine kurze aber sehr bezeichnende Übergangsbildung in biologischer Beziehung

¹⁾ Vgl. Jahreshefte des Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1899.

²⁾ Ich möchte daran erinnern, wie oben dargestellt werden konnte, daß die physikalische Beschaffenheit des Wassers, etwa die Suspension einer starken Schlammtrübe, welche als Faunenhindernis wirken konnte, für den Wellenkalk wohl nicht anzunehmen ist.

kennen gelernt, welche mit einer lithologischen Hand in Hand geht, die Tubikoleninvasion, welche fast jede Fossilbank hier einleitet, öfters zwar auch für sich einsetzt, ohne von einem weiteren faunistischen Nachschub gefolgt zu sein. So bestehen ja auch, lediglich auf nahen Pflanzenwuchs und Pflanzenzufuhr angewiesen, viele Tubikolenkolonien und -formationen, welche nach TH. FUCHS' Ansicht sogen. Fukoidenlager bilden, für sich, ohne von Schaltierinvasionen gefolgt zu sein, da die Mehrzahl der Tubikolen als eurytherme Tiere in den Meeren eine außerordentliche Tiefen- und Flächenverbreitung haben, daher den verschiedensten Ablagerungsbedingungen sich anpassen können; sie scheinen aber hier immer die ersten am Platze zu sein, wenn nach stärkeren Sedimentanschwemmungen wieder eine ruhigere Zwischenperiode von andersartigen Schichtzwischenbildungen (spätere Schichtfugeneinschaltungen) eintritt.

In unserem Falle könnte man annehmen, daß die mit den Sandeinstreuungen verbundenen Verfrachtungen von Pflanzenhäcksel vom Kontinent hervorragend mitgewirkt hätten, um die Tubikolen zu nähren; dies ist offenbar nicht so wichtig; es sind die Sandanschwemmungen doch viel zu gering, die Entfernungen vom Land sind zu groß und die Annäherung der Ufer, die durch den Übergang zur Lettenkohle im obersten Muschelkalk (vgl. den südl. Trigonoduskalk) repräsentiert gedacht werden kann, veranlaßt durchaus keine auffällige Vermehrung, eher eine Verminderung der Wurmkolonien. Ich glaube daher, daß es sich nur um eine entschieden marine Inflation, die auch der außerordentlichen Verbreitung der Tubikolen entspricht, handeln kann, daher auch um einen Vorgang im marinen Gebiete. Wenn es aber nicht die Nahrungszufuhr selbst vom Lande her ist, so kann es nur das Eindringen von süßem Wasser sein, welche mit der Bildung der Wurmkolonien auch die ganze marine Invasion nach sich zog. Es mußte also vorher eine die Entstehung der letzteren sehr ungünstig beeinflussende Solenanreicherung in dem Wellenkalkmeer stattgefunden haben, welche durch das Eindringen von Süßwasser wieder auf ein normaleres Verhältnis gebracht wurde; dies kann uns im Wellenkalk, dem Vorboten der Anhydritgruppe, in deren Verlauf ebenfalls Sandeinschwemmungen Soleverringerungen kennzeichnen, nicht wundern. Wir haben für beginnende Solenanreicherungen an verschiedenen Stellen (S. 114, S. 135, S. 146) Wahrscheinlichkeiten hervorgehoben und denken auch hier zunächst an die außergewöhnlichen Auskristallisationen in dem fossilfreien Wellenkalk, der eigentlich ganz allmählich in die Anhydritgruppe überleitet. Es ist mir hierbei noch möglich, vor Abschluß der Korrekturen auf die von C. GAGEL im Jahrbuch der Kgl. Preuß. Landesanstalt 1909 veröffentlichte Abhandlung: „Beiträge zur Kenntnis des Untergrundes von Lüneburg“ hinzuweisen. Hier wird festgestellt, daß der durch mehrere Tiefbohrungen untersuchte Wellenkalk bezüglich der versteinierungsführenden Bänke und anderer Einzelheiten ganz mit den mittel- und süddeutschen Ausbildungen übereinstimmt, daß aber ein merkwürdiger Unterschied darin bestehe, daß eine Anzahl von eigenartigen gelben Kalken mit primären Anhydritknollen und -trauben eingeschaltet sei, deren konstanteste Lage 12—15 m unter der Terebratelbank sich befindet. — Hierzu ist zu bemerken, daß unbeständige und zerstreute Einschaltungen von gelbem Kalk sich an manchen Aufschlüssen des Saalegebiets einstellen, sozusagen als Vertreter der zwischen den Wellenkalkplatten sonst häufigen schwarzen Toneinschaltungen.

3. Nach diesen Ausführungen wären also die faunistischen Invasionen innerhalb des Muschelkalks durch einfache Änderungen im Lösungsgehalt des Meerwassers möglich gemacht. Während der Wellenkalk also als Ganzes einer marinen

Transgression entspräche, welche infolge rasch zunehmenden Mineralgehaltes des Wassers eine Faunenbildung in den eigentlichen Wellenkalkplatten unterdrückte, wurde letztere vorbereitet durch Erniedrigungen im Lösungsgehalt auf einen normaleren Zustand, deren stärkste Einwirkungen und Überschreitungen der für marines Tierleben gesteckten Grenze sich in der regenreichen Zeit der Unteren Lettenkohle äußern.

Diese Invasion wäre die Gruppe jener „marinen Transgressionen“, welche JOH. WALTHER in „Geschichte der Erde und des Lebens“ 1908 S. 157—158 als durch „klimatische“ Änderung hervorgerufen darstellt.

Zusammenfassung zu Kap. 24. In den fossilführenden Bänken des gesamten Muschelkalks ist eine eigentümliche Folge der faunistischen Beteiligung festzustellen, welche auch zum Teil mit den schon verschiedentlich erwähnten Gesteinsunterschieden innerhalb einer Bank zusammentrifft: Die Tubikolenfaunen bilden das Liegende und sind zugleich Bewohner der dichten Liegendflur des Fossilbankkörpers. Darauf folgt nach oben die Krinoiden-Brachiopodenfauna, meist verbunden mit den Ockerkalken, der Geschiebeflur über einer wenn auch noch so geringen Annagung des Untergrundes. Darauf folgt die Bivalvenfauna in der Hangendflur, auf welche in feinkörnigem Abschluß der Bank öfters nochmals eine Tubikolenfauna folgt. — Um die Beziehungen dieser Faunenabteilungen zu der Gesteinsbildung festzustellen, scheint es nötig, die biologische Charakteristik der dazwischen liegenden Schichtenpäckchen, welche eigentlich azoisch zu nennen sind, zu versuchen. Es wird einerseits auf eine gewisse hohe Mineralisierung dieser Schichten, andererseits aber auch auf ihre örtlich entwickelte höhere Salinität verwiesen; trotz der starken Schlammanschwemmung kommt offenbar Schlamm als Trübe (vgl. Kap. 10 S. 114) und Faunenhindernis nicht in Betracht.

Kap. 25. Die Ockerkalkeinschaltungen und die Ockerkalke im allgemeinen.

1. Wie aus den oben mitgeteilten Analysen AD. SCHWAGERS im Vergleich mit den von HILGER ausgeführten Analysen hervorgeht, sind die Ockerkalke als Einschaltungen in liegenden Grenzbildungen der Fossilbänke und jene fast fossilfreien tiefsten Ockerkalke des Wellenkalks (der übrigens in den meisten Fällen viel mehr Kalk ist) ausgezeichnet durch eine etwas mehr hervorragende Beteiligung von Quarz an den Schwemmengenteilen und durch höheren Dolomitgehalt; diese Beteiligung von Quarz läßt sich an verschiedenen Stellen in den Ockerkalken der Konglomerate und Liegendeinschaltungen der Fossilbänke des Wellenkalks nachweisen. Zu feinsandigem Ockerkalk zersetzt sich auch die auffällig sandreiche Beneckeiaschicht mit ihrer armen Fauna, welche auch ein anderes Kennzeichen der Ockerkalke erkennen läßt: Wirbeltierreste (Reptilienknochen). Ganz fossilleer ist ein nicht seltener dolomitischer Ockerkalk im Liegenden der unteren Schlammkalkbank, wie auch an manchen Stellen im eigentlichen Wellenkalk zwischen der Terebratelbank und der Schaumkalkbank solche Ockerkalke in schwacher Zwischenlage entwickelt sind.¹⁾

¹⁾ Im Thüringischen finden sich solche meist mürbe gelbliche Kalkgesteine, ähnlich denen des Mittleren Muschelkalks, ganz allgemein auch über der mittleren und unteren Schaumkalkbank, desgleichen über der Ecki-Oolithbank, in Franken auch in der Nähe des Enkriniten-Geschiebekalks. Nach C. GAGEL zeigen sich im Untergrunde von Lüneburg solche gelbe Kalke mit reichlichen Anhydritausscheidungen im Wellenkalk in verschiedenen Horizonten.

Entsprechend den Sandbeimengungen zeigt sich bei den Ockerkalk-Geschiebänken nicht selten auch Glaukonit in großen Putzen. In der Verbreitung der Ecki-Oolithbank im Profil Ravensberg bei Veitshöchheim ist Glaukonit ziemlich reichlich mit sandigen Beimengungen und einer auffallenden Anschwemmung von Dolomit, ebenfalls mit Sand, vergesellschaftet. Vereinzelt zeigt sich hier Glaukonit in einer etwas höheren gleichfalls sandigen Bank, welche der tiefer liegenden Schicht mit *Beneckeia Buchi* in der Verwitterung sehr ähnlich ist.

Im Trigonoduskalk gewinnen Sand, und Glaukonit mit Vertebratenresten in den Ockerkalkzügen bei der Annäherung nach Süden und Südwesten außerordentlich an Häufigkeit und Stärke des Auftretens und gleichzeitig zeigt sich hiermit auch eine Mehrung im Dolomitgehalt des Gesteins.

Der Habitus dieser Gesteine ist auch der von jenen der Unteren Lettenkohle. Andererseits ist aber auch eine große Annäherung an Gesteine des Mittleren Muschelkalks unverkennbar, in welchen ja auch wieder so feinsandige Einschaltungen keine Seltenheit sind; ebenso wie hier, wenn Fossilien auftreten, sie entweder Wirbeltierreste sind und wenn noch Conchylien hinzutreten, wie dies durch den Mittleren Muschelkalk von Rüdersdorf nahegelegt wird, auch solche vorkommen, welche noch in der Unteren Lettenkohle als Einzelinge gefunden werden (S. 33).

2. Es ist gewiß nun eine auffällige Sache, daß da, wo im Wellenkalk sowie im Unteren und Mittleren Hauptmuschelkalk die Ockerkalke, wenn sie auch nur stets als schwache Einschaltungen auftreten, daß sie da überall die streng marinen Faunenentwicklungen einleiten und begleiten. M. SCHMIDT hat bezüglich der weitverbreiteten tiefsten Ockerkalke die Ansicht geäußert, daß es sich um äolische Staubmassen handle; ich kann diese Ansicht in diesem Umfang nicht teilen. Ich halte den tiefsten Ockerkalk, so wie er uns meist vorliegt, nicht für ein Gestein, das in dieser Farbe und Struktur ursprünglich gebildet wurde. Es ist ein Gestein, das einem der intensivsten Wasserhorizonte angehört, und war offenbar von Anfang an starken Umwandlungen ausgesetzt. Im Bohrprofil von Bergrheinfeld ist die Schicht ein hellgrauer, fester, dichter Dolomit; an anderen Stellen ein dunkelaschgrauer dolomitischer Kalkmergel. Gar nicht selten enthält er im Maingebiete rundliche wohl abgegrenzte Partien eines grauen Kalks, die entweder als Zersetzungsreste in situ¹⁾ gelten müssen, oder als Geschiebe eines zerstörten tieferen Kalkes, der die tonigen und kalkigen Lingulaschiefer abschließt.

Ich halte die Möglichkeit für gegeben, daß hier eine Umwandlung in situ und Umlagerung einer und derselben Bankmasse vorliegt, zugleich aber auch an anderen Orten eine Neubildung von gleichartigem Ockerkalk als freie Ausscheidung oder als Fortwachsung der Teilchen einer feinkörnigen in Anschwemmung begriffenen Kalkschlammerde, wie Dolomitierungen und feine Ausscheidungen nach E. PHILIPPI nebeneinander hergehen können (vgl. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1907 S. 407). Ich bin daher nicht der Ansicht, daß dieser Ockerkalk mit seiner Wüstenfarbe auf äolische Entstehung hinweise; die gelbe Farbe ist ein durchaus sekundäres Merk-

¹⁾ H. FISCHER hat in Geogn. Jahresh. 1908 S. 22 diese Auffassung für eine etwas höhere Lage des „Wellendolomits“ (nach SANDBERGERS Fassung) vertreten, welche ich schon dem Äußeren nach, sowie nach der Einmischung von Krinoidengliedern für ein ganz typisches Umlagerungskonglomerat halten muß. FISCHER gibt auch Quarz in der ockerigen Masse an, welcher in den nicht zersetzten Teilen nicht vorkomme. Gerade die von FISCHER betonte Gleichmäßigkeit ihrer Grundmasse und jener der blauen Kalkeinschlüsse würde mich an der Deutung einer „pseudokonglomeratartigen“ Bildung irre gemacht haben. Ein vergleichbarer Fall wurde im Kap. 20 S. 165 ausführlich behandelt.

mal; die Ockerkalke sind ursprünglich alle hellaschgrau und verfärbten zweifellos nur unter dem Einfluß veränderter wässriger Bedeckung, zum Teil offenbar in später Zeit der Metamorphose.

3. Was nun die Bedeutung der sandigen Schichten im Wellenkalk betrifft, desgleichen aller Sandbeimengungen in den durchgängig ursprünglich hellgrauen Ockerkalken des ganzen Hauptmuschelkalks, und endlich der dolomitisch-ockerigen Karbonatsandsteine der Trigonoduszone und der Lettenkohle, so bin ich allerdings der Ansicht, daß es verschwemmte litorale Dünensande sind, welche wohl aus einer äolisch aufgearbeiteten Buntsandsteindecke stammen mögen; bei der allgemein auftretenden „Regenperiode der Lettenkohle“ wurden sie in das Verbreitungsgebiet des mehr und mehr angesüßten Muschelkalkmeeres verschwemmt, in dessen Gebiet sie vorher in der Muschelkalkzeit selbst nur seltener und nur in geringen Mengen — stärkere Regenzeiten und Süßwasserbeimengungen bezeichnend — eindrangen. Wir werden unten S. 148 noch näher darzulegen versuchen, welche treibenden Kräfte im kleinen hierbei hauptsächlich mitwirkten.

4. Die Ockerkalke scheinen nach dem bis jetzt vorliegenden Material — es ist eine größere vergleichende Untersuchung des großen aus Franken zusammengebrachten Materials in mikrochemischer und mikroskopischer Hinsicht beabsichtigt — eine eigenartige Mittelstellung in den Gesteinen des Muschelkalks einzunehmen; sie bilden Übergänge zu den Gesteinen in der Begleitung salinischer Absätze ebenso wie zu jenen, in denen die Süßwasserbeteiligung unverkennbar ist; sie treten andererseits als Grenzbildungen zwischen den fossilfreien Kalken und Kalkmergeln und den fossilführenden Bänken und sind jene Schichten, für deren Entstehung die Beteiligung einer chemischen Ausscheidung bzw. Umwandlung am sichersten nachweisbar ist.

Zusammenfassung zu Kap. 25. Eine allgemeine Kennzeichnung der „Ockerkalke“ im Muschelkalk ist schwer zu geben, nicht weil hier wohl grundsätzlich verschiedene Entstehungsformen vorliegen konnten, sondern weil im allgemeinen der gleiche Vorgang auf verschiedenen Umwegen und an Gesteinen in verschiedenen Zuständen zu beachten ist. Es scheint sich im großen und ganzen um eine Umwandlung von kleinsten Kalzitbestandteilen zu größeren unter Beteiligung von Eisen- und Magnesiakarbonat zu handeln, welche bei der Umbildung isomorph eingeschlossen werden; die Beteiligung von Magnesiakarbonat ist immer etwas vorwiegend, aber wechselnd, kann auch selten so stark werden, daß man von einem Dolomit sprechen kann; die primäre Farbe ist stets deutlich hellgrau, was einerseits von dem dolomitischen Charakter, andererseits von dem Fehlen des Schwefelkieses herkommen mag. — Die fremden Schwemmbestandteile sind meist Quarz, der Ton ist zurücktretend; man hat den Eindruck, daß sich die Ockerkalke in ihrer Entstehung den genetischen Bedingungen der Unteren Lettenkohle näherten. — Die Umwandlung kann im feinsten Kalkschlamm vor sich gehen, sie kann an Muschelschalen, an festen Gesteinen, die in situ bleiben oder deren weniger zusammenhaltende Umwandlungserzeugnisse verschwemmt werden, erkannt werden; sie kann als eine Folge von Lösungsscheidungen bei ungleichmäßiger Erhärtung eintreten; es kann aber auch der Ockerkalk eine primäre Ausfällung sein. — Die Ockerkalke sind jedenfalls noch einer genaueren Untersuchung zu unterziehen. — Sonach sind vorläufig folgende Vorgänge zu unterscheiden: 1. Ockerkalk bei Septarienbildung, bei geringeren vorhandenen Kalklösungen mit Kalkentzug außerhalb der späteren Septarien,

infolgedessen außerhalb davon stärkeres Nachwachstum durch eisen- und magnesia-karbonathaltige Lösungen; 2. bei der konkretionär knolligen Erhärtung der Kalkbänke, bei starkermaßen vorhandener Kalklösung in der erhärtenden Bank, mit Ockerkalk-zwischensepten; 3. Ockerkalk im Innern von Bänken unter Vereinigung der Bedingungen von 1 und 2. — Während diese Arten durch Aufbrauchung der syngenetisch eingeschlossenen Lösungen entstehen, kann auch, besonders noch bei Halbhärte des Gesteins, Lösung von außen einbezogen werden, welche also 4. metasomatisch in frühester oder später Zeit der Diagenese bzw. Metamorphose Ockerkalk bildet, 5. Ockerkalk als diagenetische Ausscheidung in Füllungen von Röhren und Höhlen, 6. Ockerkalk als primärer Absatz, dessen Entstehung sich vielleicht auch zum Teil auf die Umwandlung eines Kalzitschlammes während seiner Sedimentation beziehen kann.

Kap. 26. Vergleiche mit anderen sedimentären Ocker- und Ockerkalkabsätzen.

1. Es wurde oben für die Vergesellschaftung von Ockerkalk und beigemischten Schalenresten eine rein faunistisch-biologische Erklärung versucht. Für den Verfasser der Studie über Brauneisenvererzungen in den Eisenoolithlagern im Kressenberg (vgl. Geogn. Jahreshfte 1895) liegt natürlich auch die Frage nahe, ob hier nicht eine Auslese nach der Erhaltungsfähigkeit der Schalen stattgefunden habe, insbesondere da wirklich an manchen Fundstellen die Brachiopodenschälchen recht fragmentär sind. Mit den Verhältnissen in den Eisenoolithen vom Kressenberg zeigen sich folgende Ähnlichkeiten, auf die noch kurz einzugehen die möglichst umfassende Erörterung dieser nicht unwichtigen Frage gebietet. Es zeigen sich in den Kressenbergschichten eigenartige Knollenlagen mit ausgebrochenen Gesteinsfragmenten unmittelbar älterer Lagen der Nummulitenbänke und mit ihnen eine Trümmerfauna hauptsächlich von Nummuliten, welche diesem Ausbruchsvorgange entspricht, daneben aber auch Steinkerne von sogen. Aragonitschalern, die während der beginnenden Diagenese der liegenden Schichten, die nun stellenweise zerstört sind, ihre Schalen verloren haben, wie dies andere nicht brauneisenhaltige Schichten der Kressenberggruppe unmittelbar vor Augen führen. Dabei sind auch Monomyarier-schalen, Kalzitskelette im allgemeinen, in zertrümmertem Zustande oolithisch vererzt, d. h. mit einer feinschalig geschichteten Limonitkruste umgeben. Neben dieser Fauna kommt innigst mit ihr vermischt eine zweite nicht vererzte Fauna von eigener unterschiedlicher faunistischer Zusammensetzung vor. Man ist im Kressenbergrevier im Gebiete der Zusammenschwemmung einer aus der Erzbildungsregion stammenden Zerstörungsfaua, woselbst die biologische Entfaltung steril genannt werden kann, und einer zweiten Fauna, die von einem anderen Gebiete stammt, aus dem nun alle Beteiligten unzerstört und unvererzt vertragen wurden. Auch diese Fauna zeigt den diagenetischen Verlust der Aragonitschalen ohne jede Spur begleitender Vererzung. In ersterer Fauna sind aber Gesteinsknollen, Kalzitschalen und Steinkerne von Aragonitschalern in ganz gleicher Weise vererzt; bei letzteren auch die Mündungen der Gastropoden, die hinteren und vorderen Klaffzwischenräume daselbst nicht geschlossener Bivalvenklappen, halbierte Steinkerne solcher (auf der einen Seite Schalenabguß, auf der anderen Gestein!), Querbrüche durch Bohrmuschelröhren an den Bruchstellen; man sieht, bei der Vererzung ist die Schalensubstanz selbst in gar keiner Weise beteiligt; die Art des Vorhandenseins einer Schale, bestehe sie aus Kalzit oder Aragonit oder fehle überhaupt jede Schale an einem

Steinkern, bedingt durchaus keine Differenz in der Vererzung. Es wurde (vgl. Geogn. Jahreshfte VIII S. 111 Anm.) darauf besonderer Wert gelegt wegen der Möglichkeit der Annahme, daß der Kressenberger Oolith aus einem Aragonitoolith entstanden sein könne, welche Annahme danach hier keinen Platz haben könne. Dieser Oolith ist ein primärer Kieselsäure-Limonitoolith, entstanden aus colloidalen Lösungen des Limonits und der Kieselsäure mit der nach CORNU für diese Ausfällungen eigentümlichen Gestaltung. Eine andere Frage ist die, ob für die Kressenbergoolithe Quellen als Bildner anzunehmen sind oder ob Zerstörung von stark eisenhaltigen Kalksteinen im Liegenden in der Schichtenreihe aufwärts eine allmähliche Zunahme des Eisengehaltes bewirkten! — Auch wo in anderen eisenhaltigen Formationsgebieten Steinkerne von Aragonitschalern stärkere Brauneisensteinharnische haben, muß man annehmen, daß sie aus der Schlammschicht, in der schon ihre Diagenese begann, ausgelöst und dann inkrustiert sind. Ich nehme hiervon ausdrücklich aus, daß diese Steinkerne eine Brauneisensteinhaut oder einen Anflug hätten; das muß als ein sehr später Niederschlag der „Metamorphose“ auf den hierfür günstigen Flächen und Fugen um die Petrefakten herum aufzufassen sein, ist aber nicht notwendig auf eine diagenetische Substitution zu beziehen. In den Eisensandsteinen des braunen Jura sind umgekehrt oft die Petrefakten mit einer bis 2 mm dicken, dichten Limonitinkrustation offenbar in der Diagenese dieser Schicht überzogen, welche die feinsten Einzelheiten der Skulptur abgießt und die Schalen ringsum schließt, so daß man sie von diesem Konzentrationsüberzug des in der Schicht kursierenden Limonits völlig gesichert und umhüllt glaubt; die Schalensubstanz wird aber doch später ausgelaugt, ohne daß irgendwie eine „Substitution“ vor sich ging. G. BÖHM erwähnt übrigens auch, daß die Fauna der Klaussschichten bei Swinitza Fossilien einer tieferen Schicht mit einer höheren gemengt enthalte und vermutet, daß hiermit der „Eisenschuß“ zusammenhänge.

2. Was nun die Erhaltung im fränkischen Muschelkalk betrifft, so sind auch hier alle Aragonitschaler, besonders in den Mergelkalken nur in Steinkernen da und sie erscheinen oft genug bald schon als Steinkerne bloßgelegt, verschwemmt und von sedimentären Organismen (S. 65, 21) besiedelt. In den Grenzockerkalken fehlen sie aber vollständig; nun ist dabei hervorzuheben, daß hier die liegenden zerstörten Kalke auch keine Petrefakten führen, also auch keine Steinkerne ins Hangende abgeben können; es wäre dann auch der Vergleich bezüglich der zertrümmerten Schalen und Krinoidenstielglieder nicht deckend. So handelt es sich dann hier um die Frage: können die Aragonitschaler auf offenem Meeresgrunde während der Bildung des Ockerkalks so völlig aufgelöst werden, daß keine Spur von ihnen in die neue Schicht herübergenommen werden konnte? Insbesondere, wenn wirklich chemische Prozesse zwar nicht wachsenden Meeresboden, aber eine bloßgelegte, schon etwas gehärtete Schicht betroffen und hier kalkauflösend gewirkt haben sollen.

Dabei ist zu bedenken, daß nicht jeder Vorgang, der auf den Gesteinskalk wirkt, auch auf die frischen Kalkschalen wirken muß; diese sind widerstandsfähiger, weil sie besonders gegen die organischen Säuren und Kohlensäure, die auf Gesteinskalk schärfer einzuwirken vermögen, durch organische Schutzstoffe gesichert sein müssen. Insbesondere saugen gewisse gehärtete Schichten eher Wasser und Lösungen an, was von Schalen nicht gilt, nicht gelten kann; erhärtende Mergelgesteine können daher früher zersetzt werden wie Schalen; zudem ist (vgl. S. 181) offenbar jene Lösungsverringerung, welche das Schalenwachstum ermöglicht, gerade auch zugleich der Beginn der Zersetzung der Bodenschicht. Nun ist noch zu be-

denken, daß diese Ockerkalklagen nach unserer Ansicht nur entstehen als Folge relativ geringer chemischer Lockerung der Oberzone der Gesteine und die eigentliche Zerstörung selbst die Wasserbewegung etc. besorgt, daß überhaupt ein sehr beträchtlicher Kalkgehalt bleibt und nur eine geringe Zunahme von Magnesia- und Eisenkarbonat und die Wegführung des Tones erfolgt, daß endlich die Verockerung des ersteren laut den chemischen Analysen nur eine sehr geringe primäre ist, in sehr vielen Fällen überhaupt unterbleibt, also schon allein in der Stärke, wie sie uns jetzt vorliegt, eine sehr späte Erscheinung der Metamorphose ist.

Wir können daher diese Tatsache nicht dazu verwerten, das völlige Fehlen der Schalen von Bivalven, Gastropoden etc. in den tiefen ockerigen Grenzlagen zu erklären, denn es fehlen ja gerade hier auch die Austern und überhaupt die kalzit-schaligen Monomyarier in den meisten Fällen und treten erst wirklich häufiger nach dem Hangenden der Fossil-schicht zu mit den übrigen Lamellibranchiaten auf. Hierdurch wird auch der faunistisch-biologische Zusammenhang deutlich!¹⁾

3. Die Vorgänge nun, welche den Beginn der Fossil-lage mit einer im Verhältnis recht geringen Ockerkalkbildung bezeichnen, dauern auch in dem oberen, nicht scharf abgetrennten Teil des Schichtwachstums der Fossilbank auch in gewissem Umfange fort; man vergleiche Taf. IV Fig. 1 u. 2, woselbst eine Bivalven-Fossil-linse seitlich und auch fast ganz von oben von Ockerkalk umhüllt ist und diese Ockerkalk-verschwemmung vom seitlich höher gelegenen, riffartig aufragenden Teil herkommt, wo also jene Prozesse noch im Gange zu sein scheinen. Auch konnten wir feststellen, daß insbesondere die Limonitumwandlung und -wanderung schon in der ersten Zeit der Diagenese einen nicht unbedeutlichen Umfang habe. Dann wurde festgestellt, daß gerade in diesen Fossil-kalken nicht nur eine Anhäufung von feinsten organischen Schalenbruchgrus stattfindet, sondern auch ein starker Konzentrationsvorgang von gelöstem Karbonat zu geodenartigem Wachstum, z. B. zur Einbeziehung von tonigen Sedimenten in der Nachbarschaft von Fossil-linsen Veranlassung gebe (S. 70 u. 83). In diesen Kalken sind nun die Schalen nie zerstört, sondern nur diagenetisch verändert, sind meistens in einheitliche Spatmasse umgewandelt, welche sehr häufig durch die Verwitterung durch und durch gleichmäßig braun gefärbt ist, wonach das Eisenkarbonat also jedenfalls isomorph mit dem Kalkspat zusammengeschlossen ist. Nicht selten sind auch bei der Verwitterung die Schalen zellig porös geworden; entweder waren hierbei noch Reste der ursprünglichen Schalensubstanz selbst oder reinerer Kalkspat eingeschlossen, der sich später leichter auflöste; der Rest ist jedenfalls ein isomorph gemischtes Karbonat. Herr Landesgeologe A. SCHWAGER untersuchte eine möglichst frische Schale aus der Region des Cycloideskalks (vgl. Taf. IV Fig. 1) und fand sie aus 51,13 CaCO₃, 31,57 MgCO₃ und 17,30 FeCO₃ bestehend. Es ist kein Zweifel, daß diese Umwandlung eine diagenetische ist und bald nach Abschluß der Schicht mit aller Macht einsetzte. Daß hier bei auffallend lösungsfähiger und tatsächlich lösender Schichtflüssigkeit keine Auflösung stattfand, sondern bloß eine Umwandlung der Aragonit-schalen darf vielleicht eben auf den Reichtum an gelösten Karbonaten zurückgeführt werden. Das Gegenteil findet meistens in gewissen Mergeln statt,²⁾ oder an den oberen und unteren mergeligen Grenzen der Fossil-bänke bzw. der

¹⁾ Es wurde oben schon zum Teil darauf hingewiesen, daß es neben den anwachsenden Monomyariern hauptsächlich springende und schwimmende Pektiniden und Limiden sind, — welche sich ja auch auf steinigem Untergrunde anheften bzw. sich aus Steinchen Nester bauen, — die hier mit den anderen Tiergruppen vorkommen.

²⁾ Vgl. Th. FUCHS im Neuen Jahrb. f. Min. 1883 II. Beil.-Bd. S. 509—512.

Fossilinseln; hier ist die eingeschlossene Schichtfeuchtigkeit geradezu lösungsbedürftig, obwohl man glauben sollte, daß der Tonzusatz der leichten Verteilung des Wassers hinderlich sein könnte. Es wird hier die diagenetische Erhärtung des Kalkmergels allein den Kalk der Aragonitschalen aufzehren und absorbieren. Nun aber sind die Ockerkalkschmitzen karbonatreich und insbesondere tonarm; auf lebhaften, nicht nur diagenetisch wirkenden Verkehr von Karbonatlösung weist das kristalline Gefüge der meisten ihrer Vorkommen hin; endlich steht aber die höchst geringe Masse dieser Ockerkalkbänder in gar keinem Verhältnis zu dem Fehlen der Aragonitschalen, wenn man ihr massenhaftes Vorkommen in den meisten Fällen im Hangenden der Ockerkalkbänke in Betracht zieht und dabei auch bedenkt, daß in eben dem Maße die die Ockerkalkbänke charakterisierenden Fossilien zurücktreten. Nicht unerwähnt bleiben dürfen Fälle, wo Aragonitschalen im Hangenteil überhaupt fehlen. Überall zeigt sich die faunistisch-biologische Differenzierung, nicht die chemische Auslese, wirke sie nun vor oder erst während der Diagenese.

Es sei noch hinzugefügt, daß das Gestein dieser Lagen derart ist — bei seiner Tonarmut ist es körnig und wie vielfach zu beobachten war (vgl. S. 81 und S. 167 bis 168) zur Erhaltung von Hohlräumen sehr geeignet —, daß ausgelaugte Fossilien entweder als Skulptursteinkerne oder in Abdrücken erhalten geblieben wären. Nach dem mikroskopischen Befunde haben Bewegungen in dem Ockerkalk, welche gegebene Hohlräume etwa wieder geschlossen hätten, nicht stattgefunden. Anzeichen von solchen Bewegungen, welche eine große Auslese nach der Verschiedenartigkeit der Schalensubstanz andeuten müßten, lassen sich auch an den unregelmäßigen steilen Anlagerungsstellen gegen den ausgenagten Liegendkalk nicht erkennen.¹⁾ Man wird daher darauf verweisen, daß diese Schalenauslese, wenn sie durch chemische Prozesse stattgefunden hatte, notwendig in ganzem Umfang vor der eigentlichen Einbettung eingetreten sein mußte.

4. Die oben gegebene Darstellung, wonach in gewissen tonigen Mergeln und mergeligen Kalken kurz nach dem Absatz etwa eingeschlossene Feuchtigkeit so außerordentlich lösungshungrig sei, wird auf eine chemische Ausgleichung des auch klastisch beigemengten Kalkgehaltes zurückzuführen sein. In der Tat sind solche Gesteine auch von einer großen Gleichmäßigkeit im Gesteinstypus, wie es überhaupt ein Ziel der Diagenese ist, das Gegensätzliche, Unterschiedliche auszugleichen. Dies wird am vollkommensten bei nicht allzu rasch erhärtenden Gesteinen möglich sein. Rasch erhärtende Gesteine werden diesen Ausgleich am wenigsten zeigen, wie auch hier wohl häufigst zerstreute lokale Ursachen der Beschleunigung vorliegen mögen; hierbei wird auch geregelte oder unregelmäßige Ungleichmäßigkeit der Festigkeit und Zusammensetzung die Folge sein.

Daraus läßt sich weiter nahelegen, 1. daß die Erscheinung einer allgemeinen diagenetischen Auflösung von Aragonitschalen im Innern gewisser Schichten (also nach lange wirkenden Zerstörungseinflüssen) nicht schon auf solche möglichen Vorgänge vor der Ablagerung einer Schicht übertragen werden darf, 2. daß die Tatsache der Zersetzung einer eben abgelagerten und in Erhärtung befindlichen Grundsicht auf mannigfacher Vorbereitung in deren Innerem selbst beruht und nicht etwa

¹⁾ In großem Maßstabe erkennt man diese Zusammenschiebungsbewegung in den ursprünglich feinporösen schwammigen Eisenerzen der fränkischen Alb, woselbst die zu einem mulmigen Erze sich zusammenschließenden Massen an den steilen Seitenwänden prächtige Gleitharnische in toniger Masse erzeugten.

gleichzeitig eine umfangreiche Auflösung von Schalen am Meeresgrund mitbewirken muß, 3. daß die Zerstörung einer solchen Grundschiebt eben darauf beruhen kann, daß zwischen der abgelagerten Grundschiebt und dem neuen Bodenwasser eine Differenz besteht, welche ebenso auf eine Ausgleichung hinarbeitet, während die in dem Bodenwasser befindlichen Schalen als Produkte des Lösungszustandes des Bodenwassers von diesem gar nicht berührt werden.

5. Es deuten somit alle diese Umstände und Bedingungsgruppierungen darauf hin, daß die (besonders im Oberen Muschelkalk über vielfach angenagten und von Bohrerscheinungen durchsetzten Schichten häufigeren wenn auch schwachen) Ockergrenzlagen, welche vorwiegend Krinoidenstielglieder und Brachiopoden enthalten, während in ihren Hangenden Bivalven und Gastropoden neben ersteren (in zurücktretendem Maße) folgen, daß also die faunistischen Beimengungen dieser Grenzlagen nicht anders zu verstehen sind, wie im Wellenkalk, die zum Teil mächtigen Brachiopoden-Krinoidenbänke, deren wichtigstes Glied die Terebratelbank ist; (von unten nach oben folgen hier die Enkriniten-Geschiebekalk, die Ecki-Oolithbank, die Terebratelbänke, die Spiriferinenbank mit Einschaltungen zahlreicher Encrinus- und Pentakrinusstielgliedern, die Schaumkalkbänke, welche wenigstens in ihrer unteren Region eine an Enkriniten reiche Zone haben). Es wird niemand hier das Fehlen und große Zurücktreten von Gastropoden und Bivalven in dem eigentlichen Brachiopodenabschnitt als eine Folge der Auflösung dieser Schalen daselbst ansehen wollen, besonders da hier auch die nicht auflösbaren kalzitschaligen Bivalven bis auf sehr wenige ganz bestimmte Arten fehlen, während in einem hangenden Abschnitt ebenso die nicht auflösbaren Limiden und Pektiniden und andere Monomyariern reichlich im Übergewicht gegenüber den aragonitschaligen Isomyariern sind; es handelt sich also hier nicht um die auflösbaren Bivalven und die Gastropoden, sondern um die beiden Gruppen überhaupt, wie ja auch ebenso der Bivalvenflur die Brachiopoden und Krinoiden fehlen oder in ihr sehr zurücktreten.

Ebenso zeigt sich die Trochitenbank im Unteren Hauptmuschelkalk in großen Teilen ihres Bankkörpers ersetzt durch Terebratelanisammlungen bzw. es führen die der Trochitenbank engstens angeschlossenen Terebratellager außer diesen nur noch Enkrinitenstielglieder. Ferner ist die Cycloidesbank, wo sie Terebrateln in großer Zahl führt, arm an Bivalven etc. und die an Bivalven reichen Bänke sind arm an Brachiopoden und Enkriniten, führen dagegen nebenbei mehr Gastropoden und Cephalopoden; erstere enthalten aber häufig Vertebratenreste.¹⁾

Zusammenfassung zu Kap. 26. Es wird durch Vergleiche darzulegen versucht, daß die oben ausgeführte Scheidung von gewissen Faunenbestandteilen nach bestimmten Bankfluren mit verschiedener Gesteinsart wirklich eine faunistische Trennung ist. Wenn auch darauf hinzuweisen ist, daß das Fehlen oder das starke Zurücktreten der Brachiopoden und Krinoiden in der Bivalvenschichtflur gar keine andere Erklärung finden könne, so kann doch der Einwurf gemacht werden, daß die Bivalven bzw. Aragonitschaler unter ihnen in dem Ockerkalk infolge der Ockerumwandlung vielleicht aufgelöst worden seien. Ein dem Verfasser naheliegender Vergleich führt zu den Eisenerzlagern des Kressenbergs, woselbst bei der Vererzung die

¹⁾ Selbst die sonst an Versteinerungen so armen tiefsten Ockerkalke des Wellenkalks führen stellenweise reichlicher Fischknochen, Schuppen und Reptilienreste.

Aragonitschaler fehlen; hier ist es aber zweifellos, daß die Vererzung selbst mit dem Fehlen der Schalen nichts zu tun hat und daß die Schalen schon in den Schichten verschwanden, in denen die Fossilien primär eingebettet waren. In den Ocker-schichten des Muschelkalks müßten die Aragonitschaler aber vor ihrer Einbettung schon aufgelöst und aus den verfügbaren Schichtaufbaustoffen ausgeschaltet gewesen sein. Die Verockerung, welche jedenfalls gering ist und meistens erst etwas später eintrat, kann also nicht in Betracht kommen. Eher könnte hier die Ockerkalk-umwandlung einer kalkigen Bodenschicht ein Beispiel sein und sehr starke Auf-lösungsvorgänge auch von den Schalen voraussetzen lassen. Abgesehen davon, daß die Schalen gegen derartige Prozesse gut geschützt sind und daß außerdem die Umwand-lungen in der Bodenschicht durch innere Prozesse „angesaugt“ sein dürften und in be-sonderer Weise vorbereitet sind, abgesehen davon, besteht ein großer Teil der Um-wandlung in einer metasomatischen Substitution, welche auch in den Schalen stattgefunden haben sollte, wie sie tatsächlich in den Aragonitschalen der Bivalven-flur als eine Verwandlung in einen stark dolomitischen Ockerkalk nachgewiesen werden konnte; aber von solchen Schalenumwandlungen ist in dem Ockerkalk nichts zu sehen. Es wird wahrscheinlich gemacht, daß der völlige Schalenverlust der Aragonitfossilien in gewissen Schichten auf dem Bestreben einer diagenetischen Aus-gleichung des Kalkgehalts in einer völlig abgeschlossenen, kalkarmen, durch-lässigen Schicht, also auf einem Kalkhunger besteht, der sehr langsam, aber eben wegen der räumlichen Beschränkung des Schichtkörpers auch völlig gestillt wird; das wäre ein Vorgang, der nicht auf Riesenflächen der Bodenflur des Meeres übertragen werden darf, wenigstens nicht in einem ausschließlichen Maße wirkend angenommen werden sollte. Wir werden später auf diese Faunenverteilung von anderem Aus-gangspunkt nochmals zurückkommen.

Kap. 27. Ergebnisse über verschiedene Arten der Gesteinserhärtung im Muschelkalk.

Wir konnten folgende außergewöhnliche Arten der ersten Erhärtung¹⁾ der Sedimente besprechen bzw. wahrscheinlich machen.

1. Septarienartige Erhärtungen, welche von außen nach innen statt-fanden. a) Eigentliche Septarien, zum Teil in ihrer Formenbildung unselbständig, zum Teil selbständig, mit Zuzug von Lösungen, wobei wohl durch kolloidale Beistoffe eine regelmäßige Auskristallisation verhindert wurde; stärkere Konzentration der Erhärtungsvorgänge nach der Peripherie, regellose Zersprengung im Innern, wenn auch nicht immer in der Mitte. b) Erhärtung von Höhlungsausfüllungen, wie Schlangensteine, Spongeliomorphoiden, Steinstengel; Konzentration der Erhärtung nach außen, wobei die in einfacher Erhärtung schon vorgeschrittenere Umgebung oder Stoffe wie Ton nach der Peripherie der Gebilde die Lösung verdichtend wirken; nach innen Ersatz des Stoffverlustes durch Ausscheidung von Kristallen. c) Die gleiche Erscheinung läßt sich bei Wellenkalkschichten erkennen, wobei eine äußere dichte Kalkzone und eine mittlere undichte für den Kurs von Lösungen und die Mög-lichkeit von Kristallnachwuchs und von -neubildungen gegeben ist. d) Die gleiche

¹⁾ Der Begriff der Erhärtung schließt nicht ein, daß der Vorgang ein durchgängig gleich-mäßiger ist; je langsamer er stattfindet, desto leichter sind auch Unterbrechungen und Änderungen anzunehmen; es ist gut, neben dem flüssigen und plastischen noch den Begriff des „halbharten“ Zustandes für viele Fälle zu Rat zu ziehen.

Erscheinung ohne diese Differenzierung, wobei aber das Innere noch sehr plastisch, die Schichthaut aber teils schon so zäh war, daß Biegungen die Wellenskulptur nicht zerstören konnten. e) Fossillinsen mit Lagerungsstruktur und einer Zersprengung, welche in dieser Lagerungsstruktur bleibt (stratische Zersprengung).

2. Konkretionäre Erhärtungen, welche von innen nach außen vor sich gehen. a) Fossilienlinsen, welche nach oben selbständig durch geodenartige Einbeziehung von tonigen Massen im Hangenden wachsen; Zuzug der Lösung wohl hauptsächlich aus dem Kalklösungen enthaltenden tieferen Teil der Linsenkörper selbst, vielleicht auch zum Teil von außen. b) Knollige Erhärtungen ganzer Bänke mit Zerteilung des Lösungsgemisches, wobei septarienartig verteilte, wandartige Zwischenmassen zwischen den knolligen Kernen entstehen, die ebenso das Hangende und Liegende der Bank bilden können; erstere werden dann zu eigenartigen Anastomosen vom Hangenden zum Liegenden; findet in mancher Hinsicht Anknüpfungspunkte bei 2a. c) Konkretionäre Erhärtung mit Kristallisation: Tutenmergel und Nagelkalke.

Die Erhärtungen der ersteren Gruppe zeigen sich besonders im Wellenkalk, die der letzteren im Hauptmuschelkalk, wenn auch gelegentlich (S. 173—174) die unter 1c und 2b erwähnten zusammen vorkommen; woraus auch verständlich wird, daß die Annagungs- und Zerstörungsprodukte des Wellenkalks harte Geschiebe sind (Geschiebekalk und Geschiebewellenmergel), während diese im Hauptmuschelkalk seltener sind; hier wird dagegen feiner Schlamm verschwemmt, sobald der erhärtende Grund in etwa gleichem Zeitraum nach der Ablagerung wie im Wellenkalk angenagt wird.

Auch scheint eine solche Art des Erhärtungsvordringens vielleicht für ein rasches Tempo des späteren Verfestigungsvorganges zu sprechen, da eine Kommunikation nach dem Bereich möglicher andauernder Durchwässerung abgeschlossen ist, wobei zugleich eine Konservierung der eingeschlossenen Lösungen (Zölestin) während der Diagenese ermöglicht ist. Es scheint mir kein Zufall zu sein, daß z. B. dem Vorkommen von Zölestin sehr ähnliche Vorkommen von Baryt (vgl. z. B. H. FISCHER Geogn. Jahresh. XXI Taf. II Fig. 8) gerade in septarienartigen Konkretionen zu bemerken sind, wenngleich in vielen der Baryt- und Erzgehalt häufig in den Zersprengungsfugen der Septarien auskristallisiert ist (vgl. S. 9, 65, 75).

Auf die offenbar harten Abtragungsreste im Liegenden der Fossilbänke und die Tatsache, daß die Bohrwürmer hier auch mit angewachsenen harten Muschelkrusten besetzte, feste Gesteinsoberflächen angebohrt haben, darauf haben wir genügend aufmerksam gemacht und auf andere, z. B. von E. PHILIPPI besprochene Vorkommen hingewiesen.

Mit einem Abschluß der abgelagerten Bänke durch Erhärtung nach Art der Septarien ist nun nicht nur, wie erwähnt, die Möglichkeit andauernder Durchweichung von oben her und sekundärer Vertragung weich gebliebener Massen, von denen die Oberflächen vieler Bänke des Oberen Muschelkalks Spuren zeigen, fast ausgeschlossen, es ist vielmehr auch die Möglichkeit eines Einflusses des überstehenden Meerwassers auf die Bodenschicht gegeben, welche wir oben ausführlichst als Durchsinterung behandelt haben; ich habe diese, vielmehr ihre Konsequenz, die Sigmoidalzerklüftung, im Oberen Muschelkalk noch nicht beobachtet. Wir haben nun vorhin gesehen, daß verschiedene Erhärtungsarten einen Bankkörper treffen können, wir haben auch erwähnt, daß während der Erhärtung Konzentrationen und Lösungsdurchzüge durch die noch weicheren Bankteile aus dem Körper der Bank selbst wie auch im Anfang der Diagenese von außen her in zerstörender Weise

stattfinden. Nun ist auch ohne besondere Vorbereitung jener Fall sehr naheliegend, wobei die Verfestigung doch so langsam vor sich geht, daß die Erhärtung eines in ihr begriffenen, nicht zu ungleichmäßig dichten Kalks leicht durch einen von außen eindringenden Lösungsdurchzug unterbrochen werden kann und erst nach einer in noch mürbem, aber schon etwas zusammengeschlossenen Zustand stattfindenden Durchsinterung der endgültigen Festwerdung anheimfällt. Diese Festigung kann nun nach Art der stratischen Zerklüftung durch die noch widerstandsarmen Massen derart auf die durch die Durchsinterung geschaffenen Grenzflächen verschiedener Kohäsion wirken, daß eine Zersprengung an ihnen stattfindet. Diese Erklärung der Entstehung der Sigmoidalzerklüftung scheint nun die am wenigsten anfechtbare zu sein und steht auch in gutem Zusammenhang mit den verschiedenen Vorgängen der Durchsinterung in durchbohrten Gesteinen und mit den beobachteten „stratischen“ Zersprengungserscheinungen. Es ist hierbei auf die äußerst wichtige Tatsache hinzuweisen, daß in den meisten Fällen des Auftretens der Zerklüftung gewisse stratische Zonen (Fluren) einer Bank von dieser Zersprengung nicht mehr betroffen wurden, d. h. schon zu hart waren, sei es hinsichtlich der vorhergehenden Durchsinterung, sei es hinsichtlich der Auslösung der Spannungen.

3. Stromatolithische Erhärtungen und Ausscheidungen. An 2 müssen nun jene Schichtbildungen angeschlossen werden, welche eigentlich als sofort oder fast sofort harte Lösungsausscheidungen zu betrachten sind; es sind das die mit der Oolithbildung engstens zusammenhängenden Seesinterkalke, deren Verbreitungsgebiete einander nicht gerade auszuschließen scheinen, aber doch örtlich in bemerkenswerter Weise voneinander getrennt sind. Dies läßt doch zu, daß in starken Oolithschichten, wie in dem Schaumkalk, jene vielleicht oft übersehenen Seesintergewächse vorkommen, ja sogar, daß ein Teil der meist schaligen, hangenden, endesabschließenden Erhärtung der Schaumkalkbänke gleichen Ausscheidungen zu verdanken sind, welche allerdings nur in geringem Maße zu einer so selbständigen Gestaltung kommen, wie in den Myophorienschichten. Daß ähnliches auch für die übrigen Oolithschichten gilt, ist mir höchst wahrscheinlich. O. JAEKEL beschreibt (Sitzungsber. d. Ges. natw. Frde 1894 S. 155) eine Schaumkalkoberfläche in den Brüchen von Freiburg a. U., welche nach den erhaltenen Spuren und Aufwachsungserscheinungen beweist, daß a) zum mindesten die hangende Schichtfläche rasch auf chemischem Wege erhärtete und b) daß das darüber stehende Wasser nur wenig suspendierte Kalkteilchen über dem Boden enthielt.

Wenn irgend ein ausgedehnterer Kalkabsatz der Gegenwart mit diesen Seesintern eine gewisse Analogie bietet, so sind es die von RUSSEL aus dem Gebiete des Lake Lahontan und auch vom großen Salzsee von Utah (vgl. JOH. WALTHER Lithogen. d. Gegenwart S. 733) beschriebenen Dendritickalke, wobei wir uns allerdings hüten müssen, die Begleitumstände ihrer Entstehung allzu deckend auf den Muschelkalk zu übertragen (vgl. Kap. 7, S. 30 und Kap. 31, S. 215).

4. Organische Erhärtungen. Als solche ist die Hofringbildung bei Bohrröhren von Wichtigkeit; sie findet jedenfalls nicht mehr in plastischem Zustande der Schicht statt, sondern eher in einem Stadium, in welchem die Schicht schon Selbständigkeit der Form und des Zusammenhaltes unter gleichbleibenden Umständen des Druckes etc., wenn auch noch nicht volle Dichtigkeit und volle Härte erreichte; die organische Einwirkung erzeugte letzteres im Hofring auf Kosten der weiteren Umgebung, wobei natürlich nicht ausgeschlossen sein konnte, daß

diese ihren Kalkbestand später regenerierte, wonach die Hofringe und deren weitere Umgebung wieder nahezu gleiche Dichte erlangten. Als eine Erhärtung, die in noch mehr plastischem Zustand der Schicht von einer Bohrröhre ausging, wurde ein ganz bestimmter seltener Fall aufgeführt; die Schicht erhielt erst nach einer Wulsterhebung um eine Bohrröhre herum ihre selbständige Form und Ausdehnung, wodurch aber die organische Erhärtung sich von den Grenzflächen abhebt.

Auch hierbei wäre also auf jene Zwischenzustände zwischen weichflüssigem und ganz hartem Zustand zurückzugreifen, den plastischen und den halbhartem; wir sehen auch hierin eine Begründung unserer Annahme des Zustandes der „Halbhärte“ für die Erklärung der Sigmoidalklüfte. Daß zwischen den Hofringen und den Zwischenräumen keine septarienartige Zerreißung stattfand, das liegt offenbar daran, daß in den Hofringen selbst ein äußerster, definitiver Zustand der „Vollhärte“ rasch geschaffen wurde, dem kein gleichwertiger auf der Gegenseite mit entgegengesetzter Spannung entgegenwirken konnte, selbst wenn daselbst eine völlige Regeneration später hätte eintreten können. Die einzelnen Durchsinterungsplatten standen aber nach der Einwirkung der Durchsinterungsvorgänge bezüglich der definitiven Erhärtung einander gleichwertiger gegenüber; hier konnten natürlich Spannungen und Zerreißungen entstehen.

Von einer „organischen Erhärtung im allgemeinen“ kann auch gesprochen werden, wie von einer „organischen Zermürbung“, wenn man bedenkt, daß Kohlensäure, kohlen-saures Ammoniak und Natriumkarbonat, Schwefelwasserstoff als Abkömmlinge organischer Substanz zum Teil syngenetisch schon in der den Fossil-schichten vorlaufenden Liegendschicht in großem Maße eingeschlossen sind, zum Teil nach deren rascher Erhärtung an ihr wieder zerstörend mithelfen; daran ist kein Zweifel.

Es sei hier auch auf die wichtigen Untersuchungen von MURRAY und IRVINE (vgl. JOH. WALTHER Lithog. d. Gegenw. S. 697), von G. STEINMANN (Sitzber. d. naturw. Ges., Freiburg 1889, 4) und E. PHILIPPI (Festbd. N. Jahrb. f. Min. etc. 1909), dessen Ansicht über vorliegendes leider nicht mehr gehört werden kann, hingewiesen.

Kap. 28. Zusammenstellung der Anzeichen von Ausscheidungen aus kolloidalen Lösungszuständen und von Adsorptionen anderer Art.

Wenn O. KRÜMMEL in seiner Ozeanographie I. c. S. 180 sagt, daß „der feinste Ton in einer Art kolloidalem Zustand mit den Meeresströmungen überallhin, auch in die landfernsten Teile des Ozeans gelangen kann, und zwar desto weiter je niedriger die Temperatur, je höher das spezifische Gewicht des Wassers ist, und daß man auch in den tiefsten Wasserschichten, die wegen des steigenden Druckes auch immer dichter werden, diesen Ton erwarten müsse“, so ist hiermit auf die größere Bedeutung, welche kolloidale Lösungen in weniger landfernen Teilen einnehmen kann, zugleich hingewiesen. Wenn daher F. CORNU in einer seiner kleineren Veröffentlichungen über die Bedeutung der Kolloidchemie für die Geologie betont, daß die Gelbildungen nur an jener Grenzfläche daheim sind, an welcher die Atmosphäre an die Lithosphäre stößt, so ist diese Grenzfläche sicher die reichste an solchen Erzeugnissen, die Grenzfläche von Lithosphäre und Hydrosphäre ist hierdurch selbstverständlich von CORNU nicht ausdrücklich ausgeschlossen worden.

Die Ausfüllungen aus kolloidalen Zuständen sind amorph und für die eingeschlossenen adsorbierten Kristalloide zunächst kristallisationsfeindlich; sie haben

nach CORNU Neigungen zu kugeligen, nierenförmigen und traubigen Gestaltungen sowie zur Bildung von Trockenrissen, wie sich z. B. bei Kieselsäureseptarien, bei verkieselten und limonitisierten Hölzern (S. 61¹) erkennen läßt. Wir nehmen an, daß sich im Muschelkalk bei folgenden Vorkommen kolloidale Ausscheidungen, Gelgemenge und Adsorptionserscheinungen äußern.

1. Bei der Bildung der Septarien im Trigonoduskalk und im Oberen Muschelkalk überhaupt, und zwar in den älteren Stadien der Diagenese; in dem Gehalt an adsorbierten und in den Zerspaltungsklüften ausgeschiedenen Erzen sind sie trotz ihrer Armut an Eisen vergleichbar jenen Toneisensteingeoden bzw. -septarien aus den Lebacher Schichten und den zum Teil reichlich Phosphorit führenden aus dem Lias Frankens. Diese Phosphoritkonzentrationen sind auch nicht ohne organische Hydrosole und deren hohe Adsorptionskraft denkbar; die Phosphoritierung der Muskeln und anderer Weichteile aus aufgelöstem Darminhalt knochenfressender Tiere, welche mir schon früher Gelegenheit gab, die Bildung von Phosphoritknollen und phosphoritisiertem Holz zu besprechen, zeigt einen außergewöhnlich feinkörnigen Phosphoritniederschlag in mikroskopisch feinsten Fibrillenräumen, welche mit zersetzender organischer Substanz in einem ganz speziellen Zustande erfüllt waren, welcher zugleich die konzentrierende Auflösung und die Reduktion in die feste Ausscheidung verursachte (vgl. REIS, Unters. über die Phosph. der Musk., Arch. f. mikr. Anat. XLI 1891 S. 561, 576 und 580). Dies ist der kolloidale Zustand der sich zersetzenden und faulenden organischen Substanz, welche hier bis 72,84% Phosphate, 12% Kalk, 3% Gips und 6% CaCl₂ adsorbierte. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigen die Phosphoritknollen, welche H. CREDNER aus dem Leipziger Oligozän untersuchte (Abhdl. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. 1895), welcher Forscher auch über die Art der Lösung und des Niederschlages Ansichten äußerte, die auch für Muskelphosphoritierung gelten können. Auch hier zeigt sich bei eingeschlossenen feinsten Kalkkörnchen der Phosphoritniederschlag äußerst fein kristallisiert. Die sächsischen Knollen enthalten neben Kalkphosphat noch Eisen- und Aluminiumphosphate, deren nahe verwandte wasserhaltige Verbindungen von CORNU als kolloidal bezeichnet werden. Beide gut durchgearbeitete Vorkommen lassen also die Mitwirkung der kolloidalen organischen Substanz nicht verkennen und bauen eine Brücke zu den im wesentlichen gleichen Septarien des Lias und zu den Septarien überhaupt; es dürfte kaum einem Zweifel begegnen, daß die gesonderte Herausgestaltung der Septarien mit ihren Eigenheiten gegenüber der Umgebung stets dem gleichen Prozeß zu verdanken ist, welcher in allgemeinsten Weise auf einem Lösungszug aus der Umgebung und in der von außen nach innen fortschreitenden Ausfüllung beruht.

2. Die mehrfach in der Umgebung von Fossilien oder in dem Ockerkalk liegenden der Fossilbänke erwähnten Erzausscheidungen von Kupfer, Zink und Eisen in kleinen Putzen und Knöllchen von Limonit und Kupferpecherz¹) weisen hier auf eine frühe diagenetische, wenn auch nur kurze Wanderung kolloidaler Limonit- und Kieselsäurelösungen und ihre Adsorptionswirkungen hin.

3. Zu der Gruppe der Metalloxydkieselsäuregele gehört offenbar auch der Glaukonit. Wir konnten nachweisen, daß an bestimmter Stelle neben freier Glaukonitbildung im Ecki-Oolith auch eine intensive Glaukonitierung einer dünnen äußeren Rinde des schon vorher gehärteten Kalksteingrundes eintrat, eine offenbar flüssige Einführung von Glaukonit in die Poren des Gesteins, wie dies auch für andere

¹) Vgl. F. CORNU, Metalloxydkieselsäuregele, Zeitschr. f. Kolloidchemie 1909 Bd. IV Heft I. S. 16.

Glaukonitisierungen gilt. Diese Art der Infiltration in feinste Geweberöhren zeigt in den Kressenbergsschichten auch das Eisenoolithwachstum, ein Gelgemenge von Kieselsäure und Limonit, welches v. GÜMBEL als eine Pseudomorphose nach Glaukonit zu bezeichnen einmal versucht war.

4. Frühen und späteren Zeiten der Metamorphose sind viele Limonitdurchsinterungen der Kalke, Mergel und Sande von Muschelkalk und Lettenkohle angehörig; diese Wanderung kolloidaler Lösungen gehört nicht streng genommen in die Besprechung der an der Grenze von Hydrosphäre und Lithosphäre möglichen Vorgängen dieser Art. Doch sind solche hervorzuheben als vorausgesetzte morphologische Vorstufen jener Zerklüftungen, welche der ersten Zeit der untermeerischen Diagenese angehörig sind. Ich verweise hierbei nicht nur auf die größeren, eigentümlich grob verzweigten, blumenkohlartigen Wachstumsformen, sondern auch auf die feineren Dendriten, welche hier im Innern der dichten Masse entstehen, welche Begleiterscheinungen kolloidaler Lösungsausscheidung sind; sie sind in so massenhafter Weise auch das Innere durchlässiger Gesteinskörper durchdringend auch aus den oberen dolomitischen Schichten des Röt bekannt.¹⁾

5. Ich rechne zu den Entstehungen, welche zum Teil unter Einfluß von Lösungen kolloidaler Zustände entstehen, auch die Seesinterkalke und Oolithe; ich habe diesen Gedanken schon N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1908 S. 138 im Anschluß an Beobachtungen von LEDUC Ausdruck gegeben, ehe CORNU in seinen vorläufigen Mitteilungen auf die zellenartigen Segmentationen in colloidalem Opal nach dem Zoologen BÜTSCHLI und die Wabenstruktur des Wad, damit auch auf die scheinbaren organischen Strukturen und organischen Formen, die hierbei auftreten können, auf Dendriten von eisen- und manganhaltigen Lösungen, aufmerksam machte.²⁾ Ich halte so die Stromatolithe für sinterartige, bodenständige Kalkausscheidungen, in denen einfache Auskristallisation der Kristalloide durch die Nebenwirkung reichlich beigemengter Kolloide modifiziert und zum Teil gehindert wird; die anfänglich geringen Unterschiede werden, sobald die Ausfällung von Kalk vor sich geht, sofort dadurch gestärkt, daß die kolloidalen Anteile der Lösungen nach den entstehenden kleinen Vertiefungen wandern und dort die Ausscheidung völlig hemmen. Nahe verwandt sind diese exostratischen Bildungen den entostratischen groß kristallinen Nagelkalke, welche wieder überführen zu den Oolithen. Ich habe in der phosphorisierten Muskelmasse fossiler Tiere in mehreren Stellen reichliche, sehr kleine Kalzitosphärolithe beobachtet (vgl. l. c. 1891 S. 546 u. 569) und werde demnächst ein sehr bemerkenswertes Sphärolithvorkommen beschreiben, welches zweifelsohne in einer organischen Lösung entstanden ist. — Ich glaube nicht, daß man zur Erklärung der Oolithform freie Beweglichkeit der Körner in bewegtem Mittel annehmen muß; vielmehr wird diese viel eher als eine Folge von Ausscheidungen in völliger Ruhe innerhalb eines rings gleichmäßigen, noch beweglichen, aber sehr dickflüssigen Schlammes gedacht werden können, wenn nur eines verbürgt ist, die gleichmäßige Zuführung von Lösung; wenn man, wie ich früher selbst, gerne fließendes Quellwasser und Strudelungen für die Oolithentstehungen annimmt, so geschieht dies besonders in dem Gedanken an die gleichmäßige Wachstumszunahme;

¹⁾ Nach H. LEITMAIER Zeitschr. für Kolloidchemie IV. Heft 2 u. 3 entstehen solche dendritischen Bildungen bei Diffusion von Kolloiden in Kolloiden.

²⁾ Vgl. Mtschr. f. natw. Unterr. 1908, I. S. 494—500, „Natur 1910“ S. 57. Auch bei dem Nachweis kleinerer Sphärolithe im Myophosphorit l. c. 1891 wurden diese mit den Versuchen HARTINGS (1872) in kolloiden organischen Substanzen in Parallele gebracht.

die Formung ist hiermit nicht ausschließlich verbunden; eine gleichmäßige Zufuhr ist aber auch in einem wenig beweglichen, schlammig-schleimigen Medium möglich. Ein solches würde aber auch die Oolithvergrößerung in natürlicher Weise beschränken. Erst die Auslösung aus diesem Kontinuum verursacht die Entstehung der Viellinge und der Ooidbeutel. Dieser Übergang zu den großschaligen Stromatolithen wäre also mit einer Aufstörung dieses Oolithschlammes verbunden. Es müßten aber die Begleiterscheinungen der Entstehung der Stromatolithen nicht anders aufgefaßt werden; das Verständnis ihrer Verzweigungsart ist auf die sich hier deutlicher einnagende und die Wachstumsfläche abteilende und gliedernde Sedimentationsbewegung gegründet worden, deren Zügen auch die Ansammlungen sich zersetzender organischer Stoffe und ihrer Zersetzungsprodukte selbst folgen. Die Bewegungsart dieser Masse konnte eine recht geringe sein, war aber wahrscheinlich größer als die der oolithbildenden Masse; es herrschte hier offenbar auch größere Kalkkonzentration, nicht nur eine relative gegenüber der organischen Fäule, welche in ihren kolloidalen Beimengungen nicht zu sehr hindernd auf die Auskristallisation einwirkte. Mit dieser Fäule sind aber auch diejenigen Zersetzungsprodukte organischer Masse bzw. von ihnen gebildeter Salze konzentriert, welche z. B. nach STEINMANN und LINCK auch Kalk aus dem Meerwasser niederschlagen vermögen, nach letzterem Forscher aber auch schalige Absätze bilden. Auf solche Salze könnten aber auch die organischen Hydrosole stark adsorbierend und anhäufend wirken, sie könnten andererseits aber auch in ihren kristallisationsfeindlichen Eigenschaften bewirken, daß die Kalkausscheidung statt in der unbeständigeren Aragonitmodifikation gleich in der beständigeren auftritt. Es ist dies ein Gebiet, das reichliche experimentelle Prüfungen den hierzu Berufenen eröffnet. Die äußere Möglichkeit derartiger Begleitumstände ist auch in marinen Gebieten nicht zu vermissen (vgl. S. 193, 3).

6. Ich möchte hier noch kurz auf andere Konzentrationen bzw. Adsorptionen aufmerksam machen, welche vielleicht nicht allein auf der Adsorption in kolloidalen Zuständen, sondern auf der Flächenwirkung mikrokapillarer Struktur beruhen, auf deren Bedeutung schon E. KOHLER (Zeitschr. f. prakt. Geologie XI, 1903, Heft 2), eine große Anzahl von Literaturnotizen dankenswert zusammenstellend, hingewiesen hat. Hierher gehört z. B. die eigenartige Konzentration von Zinkblende in den Füllungen von Bohrröhren im Oberen Muschelkalk des Sommerhausener Grabens, welche an der Grenze von dichteren feinkörnigen Zügen dieser Füllung und in ihnen auskristallisierte, man möchte hier fast an negative Adsorption denken. Andererseits sei an die Ausscheidung der Neuquarze im Innern der Oolithe, der feinkörnigen Schalenfüllungen und der tonig mergeligen Einschaltung vom Staffelberg bei Kissingen (Kap. 32, 9 S. 224) erinnert.

Die Konzentrationen von Zölestin und sulfidischen Erzen in Füllungen von Bohrröhren, Reißspalten, Mulden, Rinnen und anderen Vertiefungen, ebenso wie manche quere und stratische Durchsinterung, sind offenbar auch Ansaugungswirkungen durch örtlich in Gesteinskörpern beginnende Erhärtungen und Verdichtungen septarienartigen Vorgangs, in deren Beginn vielleicht auch kolloidale Adsorptionen wirksam waren. Unterstützt sind derartige Konzentrationen auch durch eine die Unmöglichkeit von Ausweichbewegungen und den Ruhestand der Lösungen mit sich führende, mehrseitige Abgeschlossenheit bei einseitigem Druck von oben. Eine höchste Steigerung dieser Verhältnisse findet in den Kernen der Oolithe statt, in denen sich also Umwandlungsvorgänge besonders äußern (vgl. Kap. 32 S. 228).

Kap. 29. Entstehungsgeschichtliches über den Aufbau der Schichten und die Art der Zusammenführung der Schichtstoffe.

1. Es wurden oben im Kap. 10 alle Anzeichen aufgeführt, welche auf eine flächenhafte Fortbewegung der die Schichten zusammensetzenden Bestandteile im Wasser und unter stärkerem Wasserdruck schließen lassen. So zeigte sich vor allem, daß ein großer Teil jener Bänke, welche nicht als durchgehende, durch reichliches oder massenhaftes Vorkommen gewisser Einzelfossilien charakterisierte Leitbänke zu bezeichnen sind, ihnen gleich auch noch die auf kürzere Strecken hin auskeilenden Bänke von kuchen- und linsenartiger Gestaltung, meist aus drei Hauptteilen bestehen: 1. aus einem feinkörnigen dichten Liegenden ohne Fossilien, 2. aus einer mittleren Fossilienführung, deren Ablagerung das Liegende in vielen Fällen stark annagt, und 3. aus einem Hangenden, welches dem ersteren in vieler Hinsicht sehr ähnelt. Der mittlere Abschnitt weist auf einen stärkeren Strömungstransport hin, der obere Abschnitt besitzt zum Teil allmähliche Abnahme der Anzeichen der Strömungserscheinung und endlich eine sehr große Annäherung an den Charakter der Liegendschicht, welche daher auch auf ein geringes Anfangsmaß der Bewegung schließen läßt.

2. Bezüglich der Konglomeratbänke des Buntsandsteins habe ich bei einer Anzahl von Fällen aufmerksam gemacht,¹⁾ daß diese Geröllanhäufungen, denen die Entstehung in starker Strömung nicht abzusprechen ist, eine ihnen schon ähnliche „vorlaufende“ Ablagerung im Liegenden haben, welche beweist, daß die gleiche Strömung, welche ein kies- und sandreiches Kontinental-Zerstörungsgebiet annagt und verlegt, fern von diesem Ausgangspunkt mit abnehmender Stromstärke zuerst feinkörniges Material absetzen muß, über welches erst später die grobe, geröllführende Anschwemmung als Konglomerat hinübrückt; über letzteres schüttet die abnehmende Strömungsstärke beim Abschluß dieser größeren Ablagerungsperiode wieder feinkörnigere Massen vom Charakter der Liegendschicht. Eine einzige starke Strömungserscheinung zeigt sich also entfernt vom Ausgangspunkt in drei Phasen, der vorlaufenden Verschwemmung, dem Hauptabsatz und der nachziehenden Verschwemmung, die mittlere Phase bringt grobkörniges, schwieriger und langsamer zu verfrachtendes Material, die anderen Phasen bringen feinkörniges.

3. Die drei Hauptphasen der Anschwemmung lassen sich im kleinen auch in den erwähnten Bänken des Hauptmuschelkalks wiedererkennen; es sind das aber keine großen und breiten Massenanschwemmungen, sondern wohl nur die Resultate von örtlich verhältnismäßig beschränkten, wechselnden Bewegungserscheinungen, welche allerdings eine oft bedeutende Längenerstreckung erreicht haben müssen. Es ist kein Zweifel, daß auch viele fossilienfreien Bänke, denen die Dreiteilung fehlt, nur dadurch einheitlich sind, daß ihnen die Fossilanschwemmung als Haupttakt fehlt, d. h. daß diese bis zu dem Punkte der Beobachtung nicht mehr reichte und statt dessen feinkörniges Material dafür versendete, welche von der Hangend- und Liegendflur nicht oder nicht leicht zu unterscheiden ist.

4. Wenn wir nun die Schichtumgebung betrachten, in welcher diese auskeilenden Bänke und Linsen eingebettet und in höchst wechselnder und unregelmäßig geordneter Weise eingeschaltet sind, also die verschiedensten Arten von Mergel- und Tonschiefern, oft mit feinkörnigstem Sand- und Glimmermaterial ver-

¹⁾ Erl. z. Blatt Zweibrücken 1903, S. 160—161.

mischt, so können diese Absätze auch nur vermittelt durch Bewegungsvorgängen an Ort und Stelle gebracht sein, deren Wechsel allerdings viel kurzzeitiger und vielseitiger stattgefunden haben mögen, als der jener dickeren Kalkeinschaltungen. — Es müssen außerdem entweder spezifisch recht schwere oder durch starke Druckhöhe ausgezeichnete Wassersäulen gewesen sein, welche diese dünnen und flachen, wohl ausgeebneten Schiefer und ihren vielfältigen Wechselformen geschaffen haben. „Druckwirkungen während der Ablagerungen“ konnten auch nur die Schiefer bei Diskordanzen, wie sie Taf. V Fig. 1 zeigt, gleichartig ausgestalten, während z. B. Gebirgsdruck auf solche in ganz verschiedener Weise wirken mußte. Gebirgsdruck hat vielmehr die Grenzen der Schiefer verwischt, die erst die Verwitterung in vielen Fällen wieder an den Tag bringt. Wie die Lageverhältnisse der Schiefer an den Seitenflächen von Linsen beweisen, haben jene eine gewisse, allerdings nicht so starke Zusammenpressung noch nach der Ablagerung durch den Hangenddruck erfahren. — Im großen und ganzen aber ist offenbar ihre charakteristische Dichte schon eine Folge des Wasserdrucks bei der Ablagerung selbst.

Nun umhüllen Schiefer die Linsen, und beide gehören, wo sie auch miteinander vorkommen, ziemlich einheitlichen Ablagerungsperioden an. Die Verschiedenheit ihrer Entstehung wird sich dadurch kennzeichnen lassen: Die Schiefer sind Tonabsätze mit langsamer und spärlicherer Massenanschwemmung unter starken, der Stärke nach seltener, aber in der Zeit häufiger wechselndem Druck; die ihnen eingelagerten Absätze von festen, dicken Kalkeinschaltungen entstammen stärkerer Strömung und verhältnismäßig rascherem Absatz, in welchen sich die gerade vorhandenen Druckverhältnisse in einer Beschränkung des größeren Absatzes auf die gegebenen Vertiefungen äußern, während vorher die geringere und flächenhaftere Anschwemmung in verdünnter Schicht auf breitere Flächen verteilt wurden. In letzterem Falle überwiegt die vertikale Druckkomponente der Ablagerung außerordentlich, in ersterem Falle die horizontal fortschreitende; die Entstehung der Schiefer und die Bankbildung dieser Kalke sind aber nicht von Bewegungsvorgängen mit Druckwirkungen zu trennen.

5. Nach diesem müßte also die Verfrachtung der Materialien nach Tiefenlagen größeren Druckes in Erörterung gezogen werden; denn verhältnismäßig seichte Gewässer können nicht in Betracht kommen (Kap. 31 S. 215). Da aber die Wirkungen oberflächlicher Wasserströmungen nur in geringe Tiefe reichen, so müssen für die skizzierten Wirkungen andere Ursachen ermittelt werden.

Wir verstehen diese Ursachen in einer Anwendung der von REYER (Theor. Geol. 1888 S. 409) gegebenen Erklärungen über die Ursachen der „Massenbewegungen“ 1) und 3), wonach lose Sedimente auf einer schiefen Ebene, wenn sie von Lasten irgend welcher Art überlagert werden, ausweichen (und auch Falten werfen). Unter solchen Lasten hat TH. FUCHS schon 1877 Kräfte genannt, durch welche Meeressedimente von der Küste nach der Tiefe zu bewegt werden: Ebbe und Flut und stürmische Anschwellungen des Wasserstandes, die Brandung an der Küste; FOREL u. a. haben die hierbei entstehenden „Unterströmungen“ und Grundströmungen genauer studiert. Zugleich sei auch auf REYERS Ausführungen l. c. S. 399 verwiesen bezüglich des natürlichen oder spezifischen Böschungswinkels, unter dem eine Substanz nach der Gestalt, dem spezifischen Gewicht und der Häision der Teilchen aufgeschüttet werden kann, ohne ihre Gleichgewichtslage zu verlieren; je feinkörniger die Substanz ist, je weniger verträgt sie große Neigungswinkel (feingepulverte nur 10—20°); bei mit Wasser gesättigten Massen er-

niedrigt sich der Neigungswinkel. Tritt hierzu noch Belastung durch Hangenddruck, so werden die bestehenden Böschungen natürlich noch weiter gebrochen zu einer Gleichgewichtslage mit noch geringerem Neigungswinkel, bis zur Konkordanz mit der Unterlage. Hiermit erklären sich wohl einerseits die außerordentlichen Flächenausebnungen der Schiefertone, andererseits aber das ebenso auffällige rasche Abbrechen von mächtigen Schalenbänken wie dies die Trigonoduskalk-Faziesgrenze beobachten läßt; diese Fälle bilden zwei Extreme.

Es wird aber auch der „spezifische Böschungswinkel“ erhöht, wenn die HäSION, der innere Kitt, z. B. durch hochgradige Lösungen oder durch beginnende Lösungsausscheidungen vermehrt wird; es können in letzterem Falle bei langsamem Fluß einer zähen Masse innere Ausscheidungen und Bindungen entstehen, welche immer wieder zerrissen werden, und so den Fluß außerordentlich verzögern; solches halte ich für den Schlammabsatz, der die Wellenkalkschichten im eigentlichen Sinne bildete, gegeben. Es tritt hier aber bei einem hohen spezifischen Böschungswinkel leicht eine Böschungsfaltung auf, ebenso ereignet sich aber auch bei mangelnder Leichtflüssigkeit das Abreißen von Teilen einer in Böschungslage befindlichen Schicht, eine Bildung von Längssprüngen, welche im Wellenkalk die Rinnen für die Schlangensteine und viele langgestreckte Linsen verursachen. Nach obigem dürften in Schiefertonen auch bei recht geringem Böschungswinkel unter Anwachsen der späteren Hangendbelastung Zerreißen entstehen.

Auf solche nicht tief dringende, aber lang hingezogene Zerreißen haben wir auch die Anastomosen der ockerkalkigen Partien im Trigonoduskalk zurückgeführt; bei beginnender Überlagerung des Schalenkalks durch den spezifisch schwereren Ockerkalk zerreißen das aus Schalen bestehende, noch nicht gebundene Liegende in kleinen Spaltensystemen oft bis zur nächsten Ockerkalklage; das Hangende füllt die entstandenen Zwischenräume. Dies gibt ein charakteristisches Bild, für das ich auch in noch schärferer Prägung interessante Beweisstücke aus dem Rotliegenden a. a. O. abzubilden gedenke.

Hier mag die sich ablagernde hangende Schicht den Ausschlag bei der Überbelastung der vorhandenen Böschungslage geliefert haben; bei den vorhergehend erwähnten Fällen der Entstehung von offenen Rinnen kann diese Überbelastung nur allein von der Wassersäule, d. h. von einer Erhöhung dieser selbst herrühren, da andere Ursachen fehlen; die Wassersäule wirkt in allen Fällen als Hauptsache.

Wenn letztere nun jene Abreißen in schon etwas zusammenhängenden Massen verursacht, so wird sie in noch ganz lockeren Massen viel gleichmäßigere Gesamtbewegungen hervorrufen, d. h. die Böschungslage verändert sich bei steigendem Druck zu viel weniger stark geneigter, weiter ausgebreiteter Flächenlage der Bestandteile; Wasserbewegungen folgen solchen Rutschungen nach und verstärken die Untergrundstrom-Erscheinungen; so wirken stetige Ausgleichungen.

6. Keine Strömungsablagerung in Flüssen etc. ist nun zu verstehen ohne volle Berücksichtigung des Drucks der strömenden Wassersäule; bei Vermehrungen und Verringerungen der Höhe einer überstehenden Wassersäule wird die spezifische Böschungslage einer lockeren Masse, z. B. im Meeresgrunde, sich ändern müssen, verringert oder gesteigert werden können. Um so mehr wird dies der Fall sein, wenn die Wassersäule sich nicht als Ganzes bewegt, sondern auf eine bewegliche Wasserschicht drückt oder gerade die Verschiedenheiten des Druckes solche Teilbewegungen in tieferer Wasserschicht hervorrufen.

Zu solchen Druckveränderungen sind die Ursachen in Meeresgebieten sehr zahlreich, alle Bewegungen der Hydrosphäre durch kosmische Anziehung, alle Süßwasserzuströmungen, die ja weit in der Oberflächenschicht in Meeresgebiete hinausreichen können, lokale Niedergänge starker Regenmassen, Bewegungen des Meeres in Sturmeszeiten, lang andauernd wirkende, starke, auflandige Winde wirken örtlich, wenn auch zeitlich vorübergehend, als Druckvermehrungen, wobei in einzelnen dieser Fälle auch Druckverminderungen an anderer Stelle gleichzeitig sind; manche dieser Ursachen wirken sogar in ganz regelmäßig wiederkehrender Weise. Die Wirkungen dieser Veränderungen äußern sich sofort im Bodendruck; wie die Wirkung des geraden Stoßes am Anfang einer Kugelreihe erst in der Endkugel einen Ausschlag ergibt, so kann bei stürmischen Wassererhebungen in geringer Tiefe schon völlige Ruhe herrschen, während am Grunde des Meeres sich in jeder Tiefe die Druckwirkung äußern muß und in irgend einer Weise Änderungen hervorrufen muß.¹⁾

7. Hierauf ist im Grunde auch der im einzelnen studierte „Sogstrom“ selbst zurückzuführen; BERTOLOLY spricht S. 70 von einer Ausgleichung der Niveaudifferenz von der Lee- nach der Luvseite und sagt (l. c. S. 70), daß der infolge davon „der See zufließende Strom unten geringeren Widerständen begegnet, weshalb er sich vorzugsweise am Boden des Beckens geltend macht“. Mir scheint diese Begründung physikalisch nicht ausreichend zu sein; ich glaube vielmehr, daß der Sog eigentlich am Boden entsteht; an der Grenze von Niederstand und Hochstand wird am stärksten am Boden infolge des Wasserdrucks eine Bewegung des Wassers nach der Region des Tiefstands der Wassersäule erzeugt; diese Bewegung ist analog der Böschungsbewegung von Sedimenten unter vermehrtem Druck; sie pflanzt sich in der Richtung der Erzeugung und des Fortschreitens des Hochstandes fort, also meist auflandig und „saugt“ so Wasser und Sedimente auf dem Boden in umgekehrter Richtung, ablandig oder meerwärts, an.

Hierdurch wird es ermöglicht, daß selbst bei höherer spezifischer Schwere bodenständiger Lösungen im Meer bei starken Süßwassereinschwemmungen, welche sich eigentlich oben halten sollten, ein Saugstrom süßen Wassers unmittelbar auf den Boden geführt werden und hier die Salinität herabsetzen kann. Es ist dies für das Verständnis z. B. der mit Sandabsätzen unterbrochenen Salzlagerbildung im Mittleren Muschelkalk, ebenso zur Erklärung der mit schwachen Sandverschwem-

¹⁾ Es dürften hierauf manche der in großen Tiefen der gegenwärtigen Meere beobachteten Verschwemmungsanzeichen zurückzuführen sein, für welche die Wirkungen des horizontalen Transports, welche man stärkeren Wellen oder dem Saugstrom zumessen darf, nicht ausreichend erscheinen könnte. Auch ist nicht aus dem Auge zu lassen, daß eine große Zahl von sessilen Tiefseeorganismen eines leicht bewegten Wassers nicht nur zur Nahrungszufuhr sondern auch zur Atmung und zur Skelettbildung bedarf. Wenn FR. DOFLEIN Ostasienfahrt 1906 S. 246 u. 212 unter den Bewohnern der mittleren und größeren Meerestiefen, etwa von 200 m abwärts, Stillwasserformen unterscheidet, so gilt dies nach seinen Darstellungen hauptsächlich hinsichtlich der Zugfestigkeit ihrer Skelettausbildung gegenüber denen der „ewig bewegten Brandungszone“. In solchen Stillwassergebieten werden die auf Druckveränderungen zurückzuführenden Sedimentationen natürlich nicht ganz fehlen, aber auf sehr langsame Fortbewegung feinsten Teilchen nach der Tiefe beschränkt sein. Auf diesem schon so lang andauernden Böschungstransport beruht auch bei gleichzeitig starkem Zurücktreten der erodierenden Wasserbewegungen das geringe Relief und die im allgemeinen so schwache Böschung des Bodens der heutigen Meere. Auch O. KRÜMMEL l. c. S. 100 spricht von den landfernsten Teilen der zwischen 200 und 500 m tiefen Schelfgebiete, daß daselbst allerfeinste Teilchen durch die Wasserbewegung auch der tieferen Wasserschichten in Unruhe erhalten werden.

mungen verbundenen, auf verdünnende Lösungsänderungen hinweisenden Gesteinsumwandlungen, welche sowohl zur Bildung des Ockerkalks wie zur Vorbereitung der Geröllagen führen, von nicht geringer Bedeutung.¹⁾ — Daß mit dem Saugstrom in ebenso regelwidriger Weise ein warmer Abtrieb und ein kalter Auftrieb des Wassers verbunden ist, wurde tatsächlich erwiesen. — Es gibt einen beobachteten Sogstrom, der der Ebbe und Flut angehört, und einen solchen der Brandung; die Bildung von unregelmäßigen Sogströmen erleidet keine natürliche Beschränkung; nur ist die durch Wind erzeugte Hochstandshöhe nach der COLDING'schen Formel umgekehrt proportional der Tiefe des Beckens, während dessen Länge sie vervielfältigt; die Sogwirkung wird also in diesem Falle entweder verschwächt oder mehr vereinzelt, nie aber überhaupt aufgehoben.²⁾

8. Für unsere Zwecke ist es noch wichtig, hervorzuheben, daß die Veränderungen des Wasserdrucks ansteigend und abnehmend sein mögen aus welcher Richtung sie wollen, so wird doch die Bewegungswirkung auf die in Böschungslage befindlichen Sedimente am Meeresgrunde immer nur die eine nach der größeren Tiefe bleiben; ebenso wirken auch die Druckerniedrigungen. Es ergibt sich daraus die Möglichkeit einer außerordentlichen Summierung mehr oder weniger kleiner Bewegungswirkungen, welcher ein sehr allmählicher Transport nach der Tiefsee entspricht, sofern keine Untergrundunebenheiten entgegenstehen; diese können aber auch allmählich erfüllt werden, so daß die Gesamtböschung gleichmäßiger wird. Maximum und Minimum, Hochstand und Tiefstand des Wasserdrucks wirken, wenn nicht in gleichem Maße, doch in gleicher Weise bewegend nach der Tiefe zu.

Gesteigert können diese Wirkungen werden, wenn z. B. bei der Flut auch die Oberfläche einer tiefen Wasserschicht mit stärkerer Salinität sich hebt und in ihrer Ebbe zurückfließt. Daß, wie kaltes Wasser, auch das Wasser höheren Salzgehalts auf dem Meeresboden eine ständige, wenn auch schwache Bodenströmung nach den Tiefen verursachen muß, das wurde Geogn. Jahresh. 1901 mehrfach hervorgehoben; desgleichen wurde Erl. z. Bl. Zweibrücken 1903 S. 161 u. 165*) der Standpunkt betont, daß auch vertikale Senkungen in den bestehenden Geosynklinalen die Ursache von nach der Tiefe sich fortplanzenden Strömungen am Boden der Meere sein können; hierbei kommen entweder alte Böschungen unter neue Verhältnisse größeren Wasserdrucks, oder es werden neue Böschungswinkel gebildet, welche das Erreichen neuer Gleichgewichtsverhältnisse zwischen Vertikaldruck und dem spezifischen Böschungswinkel, also Bewegungen der Masse, nötig machen.

Bei alledem ist im Auge zu behalten, daß bei dem allmählichen Fortschreiten der Bodenwasser aus flacheren Meeresregionen nach den Tiefen jene auch an und für sich unter größere stetige Druckverhältnisse gelangen, welche dem Trans-

¹⁾ Es können aber durch den Druck solcher Einströmungen auch spezifisch schwere Flüssigkeitsmassen nach und aus der Tiefe verschoben und konzentriert werden, besonders in einzelnen Vertiefungen des Meeresgrundes gesammelt bleiben (vgl. z. B. Taf. VII Fig. 9 u. Taf. VIII Fig. 8) und bei der schweren Vermischbarkeit von Wasser viel geringerer Salinität überflossen sein; auf solche lokale Erscheinungen möchte ich z. B. das Vorkommen von Zölestin in manchen Bohrröhren der Liegendschichten des Schaumkalks, in dessen Liegendregion selbst (vgl. H. FISCHER l. c.) und in anderen Fossilbänken zurückführen.

²⁾ Es ist zu betonen, daß nach der COLDING'schen Formel zwar die Windstauhöhe umgekehrt proportional der Tiefe ist, also bei großen Tiefen abnehmen muß, daß dies aber nicht hindert, daß sehr erhebliche Wasserverschiebungen auf offener See über den größten Tiefen auftreten, deren Druckwirkungen auf die Meeresgrundböschungen unfehlbar eintreten müssen.

pört größerer Materialien von sich selbst aus entgegen wirken, endlich nur jene Absätze durch Bodenfortbewegung zulassen, welche feinsten Bewegungsantrieben gehorchen; somit ist auch diesen Absätzen wenn auch keine Grenze gestellt, so doch eine nicht wenig stark wirkende Trennung der Teilchen nach Korngröße und spezifischem Gewicht in dem Bereich der möglichen Stoffverfrachtung geschaffen.¹⁾ — Durch die zeitlich vorübergehenden und örtlich beschränkten aber vielfachen Druckvermehrungen werden jedoch so die Sedimente unter Wassersäulen mit stetig wirkendem erhöhten Druck gebracht und hierdurch scheint mir mehr und mehr die große Ebenflächigkeit der Ablagerungen im kleinsten hervorgerufen zu sein, welche im Grunde alle Absätze aus dem Wasser kennzeichnet und diese gegenüber den äolischen Sedimenten kennzeichnen muß (vgl. Erl. zu Bl. Zweibrücken 1903 S. 160). Diese Wirkung äußert sich am auffälligsten in der Entstehung der Schiefertone; kein einfacher Geschlammwechsel kann diese verursacht haben, ohne gleichzeitig arbeitende Druckhöhe, welche der nach der weiteren Sedimentation nachträglich einsetzenden Hangendpressung und der Erhärtung derart vorgearbeitet hat, daß durch letztere keine sehr erheblichen Zusammendichtungen mehr erfolgten und so Schiefertone und eingeschaltete Sandstein- oder Kalklinsen ohne beträchtliche relative Kontaktverschiebungen aneinander angrenzen (vgl. z. B. S. 109, 4, Taf. II Fig. 7, 8, 10).²⁾

9. Wir bemerkten oben, daß keine Strömungsablagerung ohne volle Berücksichtigung des Drucks der strömenden Wassersäule zu verstehen sei; dies muß auch in der Form der Gerölle sich kund geben. Ist der Druck groß, so werden die Gesteinsbrocken am Grunde mehr geschoben als gewälzt; dadurch verflachen sie sich zuerst einseitig und da sie sich bei einer stoßweisen Emporhebung nach dem dieser Seite abwendig liegenden Schwerpunkt umdrehen, so werden sie bald zweiseitig flach; bei starkem Druck werden sie besonders stark zweiseitig abgewetzt und kommen verhältnismäßig bald zur Ruhe, wenn sie bei stärkster Dünne und breitester Fläche den Kräften der Fortbewegung die geringste Angriffsfläche, dem vertikalen Druck dagegen die größte bieten.

Wenn nun auch in den Geschiebekalken des Wellenkalks „gewälzte“ Geschiebe nicht fehlen, besonders bei kleinerem oder länglichem Format der Bröckchen, so ist doch auffällig, daß die meisten Geschiebe hier in sonderbarster Weise platt und dünn sind. Wobei indessen zu bemerken ist, daß gerade die Liegend-

¹⁾ Es ist die Frage, ob nicht vielleicht die von E. PHILIPPI in küstenfernen Ablagerungen der atlantischen Tiefsee auf Grund der Funde der deutschen Südpolarexpedition behandelten, Fischzähnen und Schwammnadeln führenden Tiefseesande (vgl. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 60. 1908 S. 364), für welche man in unseren Muschelkalkablagerungen vielleicht gewisse Analogien finden könnte, und welche PHILIPPI auf submarine, aus älteren Tiefengesteinen oder kristallinen Schiefen bestehende Aufragungen bezieht, mit Hilfe solcher Grundströmungen die großen Tiefen und die Kornsortierung erreicht haben. Wenn ich nun auch natürlich nicht meine, daß der germanische Muschelkalk eine Tiefseeablagerung sei, so möchte ich doch auf diese Sande und die plausible Erklärung von E. PHILIPPI ausdrücklich hinweisen, besonders in Hinsicht auf die nicht weniger problematische Herkunft der Sandkörnerbeimengungen im Muschelkalk und ihre Beziehung auf die vindelizische Urgebirgsbarre, welche zu Zeiten ein Kontinentalgebiet, zu Zeiten eine untermeerische Aufragung gebildet haben mag.

²⁾ Es wäre von Bedeutung, durch Versuche festgelegt zu sehen, wie verstärkter Wasserdruck auf die in einer Bodenschicht eingeschlossenen Lösungen einwirkt, in welchem Maße z. B. Salzlösung aus einer Bodenschicht durch Zusammenpressung der festen Bestandteile infolge der Erhöhung der Wassersäule herausgequetscht oder gehalten werden. Durch LEJERGEN und v. BEMMELEN ist bekannt geworden, daß Ton z. B. gegen NaCl, KCl und andere Salze „negative Adsorption“ zeigt, d. h. die Lösungsmittel stärker anzieht als das gelöste Salz, dieses daher aus der Bodenschicht selbstständig vordringen muß.

bänke der Fossilkalke durchaus nicht dünnplattig, sondern ausnahmsweise dickbankig und sogar klotzig sind. Fast pappdeckeldünn sind die Geschiebe der Konglomerate des mittleren Muschelkalks; hier wirkt jedenfalls auch die Ablösungsform der Gesteinsplitter schon mit; aber der bestehende Wasserdruck läßt sicher ebenso nicht zu, daß sie gewälzt werden und so werden sie in äußerstem Maße verflacht und verdünnt.

10. Die mittleren Fossilfüllungen der Bank- und Linsenkörper stellen ohne Zweifel Zusammenschwemmungen mit örtlich beschränkten und vielfach wechselnden Beständen von allgemeinem Faunencharakter insbesondere von Bivalven dar, welche zu einem großen Teil einen weichen Grund zu ihrer geringen Ortsbewegung bzw. zum Eingraben nicht entbehren können. Es sammelt örtlich sich Schalenabfall, der den Anlaß zur Flächenverlegung der Ansiedlungen bildet; Verschwemmungen schaffen wieder Platz dafür und so kann ein verhältnismäßig geringer Raum Schalenmaterial zur Überschüttung von größeren Flächen in tieferer Lage bereitstellen. Ehe nun die Besiedlung an den von Schalen entleerten Plätzen wieder eine Verschwemmungsmasse geschaffen hat, deren beginnende chemische Zerstörung und Bewegungszerreißung auch wieder der Ablagerung reichlichen Kalk zuführt, findet eine an Masse geringere Verfrachtung mehr tonigen Sediments statt; es sind das Pausen der Kalkbildung inmitten von Tonen und Mergeln, welche von den stetigsten Unterströmen verfrachtet werden.

Andere Faunenbestände bedürfen weichen Grundes weniger; Brachiopoden und Krinoiden siedeln sich lieber auf festerer Unterlage an. Ein Nachlassen des Schlammnachschiebens an solchen Stellen schafft andere Gas-, Lösungs- und Lichtverhältnisse, läßt Tiere nicht gedeihen, welche meist den Schlamm aufwühlen und ihn locker halten und ermöglicht daher ein rascheres Erhärten des vorher gebildeten Grundes, welches wieder die Faunenanlagen beeinflußt. Zugleich sind es aber wieder die angeführten Momente der eingetretenen Wasserverschiedenheiten, welche die vorher unter anderen Ablagerungsumständen abgesetzten Sedimente chemisch angreifen und dies um so mehr können, als hier eine Zeit relativer Ruhe in der Heranführung von tonigen Massen angenommen ist. Die Entstehung oft sandreicher Ockerkalke in dünnen Einschaltungen und Nestern mit auch recht reichlichen Vertebratenresten in den Zerstörungsvertiefungen der Liegendregion der streng marinen Bänke¹⁾ scheint auf eine Süßwasserzuströmung hinzudeuten, welche etwa stärkere Salinität zu normalerer Zusammensetzung für eine marine Fauna herabsetzt (S. 161); — in einem Formationsgebiet, das selbst mächtige salinische Lager enthält, aus salinischem Liegenden sich entwickelt und andererseits im Hangenden in eine Süßwasserformation übergeht, dürfte das Zusammentreffen beider Umstände nicht wundern. — Während sich große Wassermengen auf der Meeresoberfläche verbreiteten, ohne sich zu vermischen, konnten sie sich nur in verhältnismäßig geringeren Mengen in Unterstromführung auf dem Meeresboden selbst verbreiten; bei noch längerer Einstromung mußten nach einer vorgeschrittenen Zersetzung der Bodenschicht auch jene Geschiebekalke entstehen, welche zugleich die Ansiedlungen der am Boden angehefteten Krinoiden und Brachiopoden, wenn sie nicht sehr widerstandsfähig waren, zerstörten, ohne daß stürmisch einbrechende Wasserbewegungen, wie sie ja auch bei „Pseudokonglomeraten“ (S. 163) fehlen, mithalfen. Wo aber die Zersetzungswirkungen weniger stark

¹⁾ Es sei z. B. an das Auftreten der Terebratelbänke über dem verbreiteten Bonebed der Trigonodusschichten erinnert, an die Cykloidesbank über einer ockerigen Fischschuppenbank, an das Auftreten von Glaukonit und Sandbeimengungen mit Vertebratenresten in gewissen Konglomeraten und Fossilbänken des Wellenkalks, sowie der Haupttrochitenbank.

waren und sich gleichzeitig auf weite Flächen hin spezialisierten, konnten sich daselbst höchst einseitige Faunen, auf welche die Krinoiden-Brachiopodenbänke schließen lassen, in der erstaunlichen Individuenzahl entfalten. Der oben erwähnte Zerstörungs- und Zersprengungsvorgang in der chemisch und biologisch durchsetzten, ungleichmäßig und unzusammenhängend gewordenen Grundsicht kann auch als im Zusammenhang mit den unregelmäßigen Detritusverschiebungen und mit den Verrutschungen durch Wasserdruckvermehrungen in Verbindung stehend erachtet werden. Nach deren Ausgleichung trat dann die erwähnte, an eine gewiß nicht sehr beschränkte Örtlichkeit gebundene, auffällige Individuenentwicklung ein, welche in Vermengung mit Schalenzerreißel, schlammigen Breimassen etc. zum „Bankkörper“ ausgeglichen und aufgebaut wurde.¹⁾ In der die Bank abschließenden Bivalvenflur konnten diese zum großen Teile selbstverständlich nicht autochthon (z. B. auf dem Terebratelhaufen) gelebt haben, sondern sind nur hierher verschwemmt worden; eine wie in vielen Fällen ungemischte Terebratelschalenmasse bildet keinen günstigen Boden für vorwiegenden Aufenthalt von Lamellibranchiaten; das leitet auch zu der Annahme, daß die Terebratelmasse selbst — ohne gewisse Bodenfeste gibt es keine Gelegenheit zum Dasein massenhafter Individuen — ein mehr verschwemmtes, zusammengeführtes Haufenlager sei, daß somit der Aufbau der Bank ein sehr langsamer gewesen und die Sedimentation von nicht organogenen Baumaterialien eine recht geringe, stellenweise auf lange Zeit völlig stockende gewesen sei (S. 113, 11).

11. Diese Ermittlungen sind nun auch wichtig für den tiefsten Teil fast aller dieser Fossilienbänke, für das Bohrwürmer-Liegende. In den meisten Fällen befinden sich die Bohrröhren in einer von der Fossilbank völlig getrennten Liegendbank; trotzdem sind sie entstanden nach dem Abschluß letzterer Bank und vor dem Absatz der Ockerkalk-Einschaltung, welche die weitere Einschwemmung einer Fossilmasse einleitet; dadurch, daß diese Einschaltung schon Krinoiden- und Brachiopodenreste (letztere zwar oft fragmentär) mit Geschieben führt, erweist sich auch der Ockerkalk als Verschwemmungsmasse, welche in der Tat alle kleinen Vertiefungen ausebnet, und wenn auch aus dem Liegenden entstanden, doch am seltensten da gebildet werden konnte, wo er mächtiger auftritt.

Man kann nun nach den in diesem Kapitel dargelegten Anschauungen auch folgendes Bild von der Faunenzusammensetzung der Bänke (S. 180—181) entwerfen. Die Bohrwürmer siedelten sich auf jenen Meeresgründen an, welche zunächst keine Sedimentation mehr oder nur eine sehr geringe erfuhren, und von anderen, nicht schwimmenden Geschöpfen möglichst wenig bestanden waren, wohin aber von höherer Staffellage her pflanzliche und tierische Abfallstoffe durch flache Bodenströmungen zugeführt werden konnten; diese brachten aber auch bald den Ockerkalk, das Zersetzungsprodukt der Liegendbank, welches in höherer, den Lösungsänderungen durch den Saugstrom genäherten Böschungslage in größerer Menge entstand; damit kamen auch zuerst zertrümmerte Schalenreste und Geschiebe offenbar in geschlossenen Anschwemmungen, welche die Tubikolensiedlungen mechanisch begruben und zugleich die Anhäufungen von Brachiopoden etc. brachten, die in höherer Lage der Meeresböschung ausgedehntere Flächen bestanden hatten. Die schließliche Verschwemmung der Bivalven aus noch mehr der Litoralregion angehöriger Zone bildete den Abschluß der Verfrachtung.

Es ist auch hier noch einmal nötig darauf hinzuweisen, daß da, wo auf riffartigen, von Bohrwürmern durchsetzten Emporragungen festsitzende Schälchen sich

¹⁾ Vgl. z. B. M. SCHMIDT l. c. S. 35 bezüglich der Terebratelbank bei Freudenstadt.

ansiedelten und keine lockere Schalenmasse angehäuft ist, daß da die Tubikolen auch diese Schalenkruste noch durchbohrten, daß also das Wachstum dieses sonst zu tiefst und in gewisser Scheidung¹⁾ liegenden Faunenanteils während des antochthonen Wachstums der darüberliegenden Fossilbank andauert, wodurch die einheitliche Zusammengehörigkeit der durch das Bißchen Ockerkalk räumlich kaum geschiedenen Teile der faunistischen Zusammensetzung dargetan ist, wie sich ja auch die Tubikolensiedelungen während des Wachstums einer Bank mehrfach wiederholen und sie sogar nach oben abschließen können.

Hierdurch ist auch die Einheit der Bankbildung gegeben, ein Typus der für fast alle Fossilbänke des Wellenkalks und für viele des Hauptmuschelkalks gilt; für viele Fossilbänke der letzteren Abteilung besteht nur der Unterschied, daß die Tubikolen in der mergelig-weichen Vorverschwemmung, der „Schüssel“ der Fossil-„füllungen“, kurz lebten und ebenso in der Deckelschicht dieser selben Bänke, daß die Ockerkalkeinschaltungen in öfterer Wiederholung auftreten, wenn auch nicht stets mit der Bildung eigener Geschiebekalke verknüpft sind, obwohl Geschiebe in ihnen selten ganz fehlen. In kuchenartigen Einschaltungen mit den tubikolen Rhizokorallen bilden die Ockerkalkeinschwemmungen häufig sehr feine Wechselschichtchen mit Schalenfragmentschmitzen und bieten hier zugleich das Baumaterial der Rhizokorallen. — Mit der Geringfügigkeit ihres Auftretens sind auch die selteneren Anzeichen der Zerstörung von schon fester gewordenen Grundschichten vereinbar; die Zahl ihrer Einschaltungen ist aber außerordentlich viel größer, deutet auf viel häufigere und geringfügigere Wechsel hin als im Wellenkalk und auf eine raschere Umwandlung von noch nicht gefesteten Massen zu Ockerkalk; die Fossilführung ist dabei aber auch viel allgemeiner als im Wellenkalk, wo sie auf gewisse Bänke beschränkt und dazu recht einseitig ist. Somit ergibt sich auch hier als wichtiger Punkt für die Erkenntnis der Formationsentstehung die Notwendigkeit der Erklärung des fast azoischen Charakters jener Zwischenzonen mit den eigentlichen Wellenkalkgesteinen. Dieser wird ja wohl dadurch etwas eingeschränkt, daß an einzelnen Stellen in ihnen Ansätze zur Faunenentfaltung durch Tubikolensiedelungen vorhanden sind, welche aber nur vorübergehend blieben.

Wir haben die Ursache des azoischen Charakters des eigentlichen Wellenkalks in einer gewissen Salinität bzw. in einer einseitigen Mineralisierung gesehen, welche sich besonders in dem Zölestingehalt der fossilfreien Kalke und Kalkmergel äußert; was dem Wellenkalk der Zölestin ist, das ist in geringerem Maße dem oberen Hauptmuschelkalk der Baryt. Die tubikolen Anneliden, die sich sehr verschiedenen Tiefen und Temperaturen anpassen können, sind vielleicht auch unempfindlich gegen die Verstärkung des Mineral- und Salzgehaltes (Kap. 14 S. 135).

Was nun aber die Verringerung des Salzgehaltes betrifft, so finde ich die Bemerkung, daß selbst die strandliebenden Ringelwürmer in der Zeit, wo sich Regenwasser mit der oberen Wasserschicht mischt, tiefer hinab und weiter hinaus ziehen, daß auf viele Anneliden süßes Wasser todbringend wirke, sowohl augenblicklich tödend, als auch erst nach krampfartigen Verkrümmungen. Es würde mit unseren übrigen Ausführungen über den Ockerkalk wohl harmonieren, wenn die Unterbrechung der Tubikolensiedelungen durch eine vom Saugstrom niedergeführte

¹⁾ Obwohl die übrigen Faunengruppen auch voneinander geschieden sind, so wird die Scheidung der Tubikolenflur doch dadurch etwas prägnanter, daß sie antochthon in der Liegendschicht gelebt haben, das gesamte Hangende aber ein gewisses Maß der Verfrachtung erleiden mußte.

süße Wasserströmung mitverursacht wäre. Die Würmer hatten sich zuerst vielleicht als Vorboten einer biologisch günstigeren Wassermischung auch in noch tieferem Wasser angesiedelt, waren aber dann der am Boden eingeführten, vorübergehenden Ansüßung zum Opfer gefallen, während in einer etwas späteren Zeit nach völliger Vereinheitlichung der sehr verschieden gradigen, sich nicht sofort vermischenden Wasserzusammensetzungen, welcher Frist die Ockerkalkbildung und die Geschiebeaufbereitung angehörten, erst eine weiter verbreitete Faunenentwicklung möglich war. Es unterliegt ja keinem Zweifel, daß zwischen der Umwandlung der Bodenschicht in Ockerkalk bzw. der Verschwemmung dieses Produkts und der übrigen Molluskenbesiedlung ein kleiner Zeitunterschied besteht, denn einerseits ist die Ockerkalkumwandlung auch gelegentlich, wenn auch selten, von den Bohrröhren aus sogar in die Hüllen vorgedrungen, andererseits sind aber auch die durch die Hofringe gestärkten Stellen von den Umwandlungen verschont geblieben; überhaupt hat auch vor Ablagerung der hangenden Fossilkalke ganz zweifellos eine weitverbreitete Abtragung oder Abschleifung eines Teiles der Oberfläche der Würmerschicht stattgefunden.

Wenn nun zwar letzteres (wie in allen Linsen ohne Ockerkalk) durch die an der Böschung niedergebrachte Schalen- und Geröllmasse geschaffen ist, deren Beginn ganz zweifellos ungünstig auf die Tubikolenansiedlung gewirkt haben muß (vgl. Kap. 38), so mögen doch auch schon plötzliche, stoßweise erfolgende Verringerungen des Salzgehaltes jene nicht gerade günstig beeinflußt haben. Es ist nicht zu vergessen, daß die Niederführung von Böschungsschutt aus höherer in eine tiefere Staffel eine sehr allmähliche sein muß, in letzterer unterdessen umfangreiche Vorgänge an der freiliegenden Oberfläche stattfinden konnten.

12. Hiermit ist auch die Entstehung der stets etwas dolomitischen, gelegentlich sogar durch Dolomitschmitzen ersetzten Ockerkalke selbst zu behandeln; die Resultate über die Dolomitbildung der Gegenwart, welche E. PHILIPPI zusammengefaßt und durch eigene Untersuchungen bereichert hat, lassen erkennen, daß Umwandlung von Kalk in Dolomit und Neubildung von diesem offenbar an den Bereich des organischen Lebens und seiner Abfallprodukte gebunden sein können, weiter, daß sie ebenso in verhältnismäßig flachen wie in größeren Wassertiefen vor sich gehen (vgl. hierzu H. FISCHER neuere Forschungen und S. 232.¹)

Nun ist es wohl anzunehmen, daß bei allen Grundströmungswirkungen zuerst und am leichtesten „Lösungen“ als Vorboten der groben Bestandteile verfrachtet werden, welche dann die durch die örtlichen Ansiedlungen selbst geschaffenen Lösungen von Lebensabfällen stellenweise so sehr verstärken mögen, daß eine noch intensivere Umwandlung stattfinden kann; diese wird besonders da Platz greifen, wo durch die inneren Vorgänge in den besiedelten Schichten Substanzunterschiede geschaffen wurden, wobei die Möglichkeit von Ansaugungen die Wirkungen des Drucks sehr steigert.

Die Umwandlung findet auf im Grunde gleichartiger Vorbereitung in doppelter Art statt, es tritt entweder eine Verkiesung oder Karbonatumsetzung ein.

Da, wo erstere stattfand, wurde eine Karbonatumsetzung verhindert und es stellte sich höchstens noch eine Verockerung des Kiesgehaltes ein; wo aber letztere eintrat, wirkte sie andauernder zermürbend auf den Gesteinskörper; wo beide nebeneinander wirkten, gab es verkieste, gerundete Kerne in mürberer Ockerkalk-Bankmasse. Die fortdauernd weiter wirkenden Wasserbewegungen hatten während dieser Zeit keinen eigentlichen Materialtransport, bis die Schichtumwandlung so weit vorgeschritten war, daß Ockerkalk und Geschiebe von ihnen erfaßt wurden und mit ihnen die

von und zwischen den Kalkbrocken zertrümmerten Schälchen. — Ob nun erst diese Anhäufungen die Tubikolenkolonien zerstörten (Kap. 38) oder schon eine frühere Schadenwirkung der niedergebrachten Lösungen, das ist schwer zu entscheiden; sicher hängen sie aber engstens mit der ganzen faunistischen Episode zusammen und wiederholen selbst im kleinen unregelmäßigere Bankeinschaltungen mit großer Gleichartigkeit, sind also notwendig mit der Möglichkeit der Faunenentwicklung im ganzen Muschelkalk überhaupt verbunden und ein integrierender Bestandteil des Bankaufbaus, so geringfügig oft die Anzeichen davon sind. Es ist kurz dahin zusammenzufassen: Pause in der Sedimentierung des zum Teil mineralisierten Schlammes mit fast azoischem Charakter; reichlichere Entwicklung von Tubikolenkolonien auch in tieferer, Brachiopoden und Krinoidenansiedlungen in etwas höherer Lage der Meeresböschung auf rasch gehärtetem Grund; Umsetzung und Zersetzung dieses durch den gesamten niedergeführten und örtlichen organischen Fäulnisstoff; weiter Niederführung von Ockerkalk und Geschieben durch die Grundströmungen, als Zersetzungsprodukte in etwas höherer Lage der untermeerischen Böschung, dabei andauernde Zerstörung der Brachiopoden- und Krinoidensiedlungen und Vermengung mit dem Ockerkalk; endlich allmähliche Niederführung der noch höher gelegenen Bivalvensiedlungen, was zugleich einen Abschluß der faunistischen Episode kennzeichnet. Es müssen sich hierbei die Vorboten einer erneuten faunenfeindlichen Schlammesedimentierung äußern. Ich bin zu der Schlußfolgerung geneigt, daß es sich bei diesem Wechsel von Ton und Kalkschlick in starken Anschwemmungen und bzw. den Faunen günstigen, detritusarmen Einströmungen um die Abgabe von zwei verschiedenen Kontinentalmassen her handelt, von welchen die letztere die Uferregion des nicht sehr ausgedehnten vindelizischen Kontinents ist.

Zusammenfassung zu Kap. 29. Der Aufbau der meisten Bänke des Oberen Muschelkalks ist nach der Folge geordnet, welche z. B. auch für ganze Schichtenpäckchen im Buntsandstein gilt: Das Liegende bildet die vorlaufende feinkörnige Verschwemmung, die Mitte der großteilige Hauptabsatz (hier von Schalen), das Hangende die nachziehende feinkörnige Verschwemmung; in noch weiterer Entfernung vom Ausgangsplatz des Verschwemmungsvorgangs kann die mittlere Schichtflur auch feinkörnig werden und mit dem verminderten Hangenden und Liegenden einen innerlich einheitlichen Schichtkörper bilden. Es sind auch die Ursachen dieser weitverbreiteten Verschwemmungsanzeichen zu deuten; es wirkten hierbei keine eigentlich konstanten Strömungen, welche die ganze Wassermasse erfaßten, sondern lediglich unbeständige, sich vielfach und stoßweise wiederholende Grundströmungen, deren Entstehung eine sehr vielseitige sein kann, deren Wirkungen aber darin eins sind, daß sie nach der Tiefe zu streben, so stoßweise, vereinzelt und kleinzügig an Weglänge sie auch sein mögen; die Zahl tut es. Sie entstehen überall da am Grunde des Meeres, wo an dessen Oberfläche eine Wasserstauhöhe, ein Tiefstand neben einem Hochstand eintritt; überall wird besonders das Bodenwasser von dem Bereich des Hochstands nach dem des Tiefstands bewegt, sei die Tiefe noch so groß; es tritt ein Sog- oder Saugstrom ein. — Hierbei spielt noch die Lagerungsart der Sedimente eine Rolle; jeder Ruhestand der Sedimente auf dem Boden des Meeres ist ein relativer, ein Gleichgewichtstand zwischen Wasserdruck und Böschungslage; bei jeder Druckvermehrung und Druckverminderung findet eine Störung dieser vorläufigen Gleichgewichtslage statt, welche erst dann eine stabile wird, wenn Horizontalität des Sediments erreicht ist.

So lassen sich auch andere Erscheinungen im Schichtenaufbau, in den chemischen wie mechanischen Wirkungen auf den Untergrund, in der Faunenfolge dadurch verstehen, daß ein ständiger, sehr langsamer Transport von Lösungen, von feinem organischen und anorganischen Material, von größeren Teilen aus gewissen festen, höher liegenden Regionen reicheren autochthonen Lebens nach abwärts geht. Der Abschluß solcher einzelner Bänke ist nicht durch das Aufhören der bewegenden Wirkungen zu erklären, sondern eher dadurch, daß örtlich nichts mehr zu bewegen war, daß alles Bewegliche von den einzelnen Ausgangsplätzen der Siedlungen wegwaschen wurde, die Abschwemmung schon auf festeren Grund kam und vorher dies Besiedlung, welche einen großen Teil des Baustoffes lieferte, schon infolge Übervölkerung eine Flächenverlegung erfuhr. Dieser öd gewordene Platz wurde bei einer Übervölkerung anderwärts wieder Brut- und Hutplatz für eine neue Besiedlung, während welcher die verlassenen Nachbarkolonien abstarben und verschwemmt wurden. Diese biologischen Wechsel in höherer Böschungslage scheinen mir, in tiefere Böschungslage, die eigentliche „Ablagerungsflur“, vertragen, die Ursachen der stratigraphischen Wechsel von Kalkbänken und Fossilienbänken zu sein.

Zur Ergänzung ist noch dieses hinzuzufügen, daß durch ähnliche Bewegungswirkungen auf dem Meeresgrunde auch die Ernährung tiefer liegender, nicht nur sedentärer Organismen stattfindet mit festen, flüssigen und gasförmigen Bestandteilen, die Durchlüftung des tieferen Grundes, sondern auch sogar die Besiedlung selbst, mindestens zu einem großen Teil. Man kann nicht nur die Ansicht vertreten, daß ein großer Teil der Besiedlung der Tiefsee durch solche Wasserbewegungen ein erzwungener war, daß dabei auch ein großer Teil der Faunen durch solche erzwungene Tieferlegungen zu Grunde gingen, sondern daß auch nach faunenarmen oder azoischen Perioden eine rasche Besiedlung des Meeresgrundes selbst in geringerer Höhenlage durch Larvenschwärme gerade den Grundströmen zuzuschreiben ist, die am Meeresgrunde die Stelle des Windes auf dem Festland vertreten, in der Tat zum großen Teil nur letzte Abkömmlinge des Windes sind. — Über den großen Tiefen verringern sich natürlich diese Wasserbewegungen, diese Sogströme, besonders wegen der zunehmenden Entfernung von den Stauwirkungen der kontinentalen Widerlager; sie können aber auch dort nicht fehlen.

Mit diesem allgemeinen Kapitel war beabsichtigt, dem Verständnis mariner Ablagerungen als Wirkung von Grundströmungen mehr Raum zu schaffen; diese gelten gar zu oft als einfache Folge niedergedrückter Suspensionen aus Einströmungen in höheren Meeresschichten, so daß man sehr häufig da, wo Bewegungsanzeichen in marinen Schichten sich klar ankündigen, sogar eher geneigt ist, wenn nicht gar eine äolische Entstehung, so doch Fließwirkungen in ganz seichten Meeresgebieten anzunehmen.

Als eine allgemeine Folgerung darf auch herausgegriffen werden, daß, wenn, auch alle diese Bänke, welche in ihrem Aufbau eine solche Verschwemmungseinheit bilden, auf ein autochthones Leben in höherer Staffelage der Böschung hinweisen, diese Bänke weder der Tiefsee angehören, noch ausgeschlossen sein kann daß Siedlungen verschiedenster Art noch in tieferer Staffelage der Böschung auftreten! Auch das ist wichtig! Nur durch eine lebensvolle Auffassung der kleineren Vorgänge auf Grund der Vertiefung in Einzelheiten wird man zu einem der Naturwahrheit sich möglichst nähernden Gesamtbild der Entstehung besonders jener Formationen gelangen, deren sachliche Erschließung eine Ehrenaufgabe der deutschen stratigraphischen Geologie ist. Hierin sind die Bemühungen von JOH. WALTHER vorbildlich.

Kap. 30. Einige Schlußfolgerungen über die Entstehungsart von mächtigen Schalenrümmerbänken im Muschelkalk.

Wir haben im vorhergehenden besonders den Aufbau jener schwächeren Fossilbänke im Auge gehabt, welche eine einfache, auf Wassertransport eindeutig zurückzuführende Dreiteilung erkennen lassen. Dabei zeigte sich eine Einheit der Bankbildung, welche auch auf die Einheit einer selbständigen und zum Teil nur örtlichen Entstehungsperiode hinweist, auch für den Fall, daß gewisse schärfere Grenzen oder sogar Annagungsspuren zwischen einzelnen Abteilungen erkennbar wären; letztere treten vor oder mit dem Eintreffen jeglicher Schalenablagerung über dem feinkörnigen Liegendteil einer Schicht und zwar selbstverständlich an letzterem auf. Der Aufbau der Linsen erweist die Zusammengehörigkeit, auch wo in der schüsselartigen Liegendflur Bohranzeichen von Tubikolen vorhanden waren, auch wo an deren oberer Grenze gegen die Schalenfüllung der auffällige Ockerkalk — das Kennzeichen der Umwandlung des Grundes durch die chemischen Einflüsse der Abfälle des organischen Lebens, daher auch der unmittelbare Vorbote der Zusammenschwemmung ihrer Hartgebilde — eine schärfere Grenze zu bilden scheint; dieser Aufbau erstreckt sich auch auf ganze, weit flächenhafte, wenn auch nicht zu dicke Bänke; eine feinkörnige Liegendflur ist immer vorhanden, besonders ist sie im Oberen Muschelkalk da inniger mit der Schalenbruchmasse des Schichtkörpers verbunden, wo die Ockerkalkgrenzlage nicht oder nur schwach ausgebildet ist, sich wie häufig vielleicht nur noch im Füll- und Aufbaustoff der Wohnröhren von Tubikolen äußert.

Sobald aber die Anhäufungen der Hartgebilde stärker werden, wird einerseits die Liegendflur der Schicht, der Fußteil, sehr vermindert und unregelmäßig angelegt oder es erscheint die Ockerkalklage — das Anzeichen starker Einwirkung der organischen Invasion und ihrer Abfälle auch da, wo jene durch Schalenreste nicht selbst vertreten ist — stärker, oder es zeigt sich beides zusammen. Wenn nun noch im Liegenden zahlreiche Bohrröhren von Würmern auftreten — ebenfalls Vorboten von möglichen Schalenanschwemmungen — und so die Liegendflur ganz durchsiebt sein kann, so werden, besonders da, wo eine rasche Erhärtung des Grundes eingetreten war, wo die Annagungen und die organischen Eingriffe in den Bestand des Schichtkörpers des Bodens ihren Beitrag geliefert haben, Teile dieses erhärteten Grundes als Geschiebe in den Ockerkalk gelangen, es wird zwischen der Liegendflur und der Schalenbruchmasse des Schichtkörpers eine Grenzbildung entstehen, welche schärfer gegen unten abgesetzt, den Anschein eines gegensätzlichen, mit dem Vorhergehenden nicht gut zu vereinheitlichenden Vorgangs, den Anschein großer zeitlicher Unterschiede und eines grundsätzlichen Wechsels in den Bildungs-umständen erwecken kann. — Und doch ist der Unterschied nicht groß, bei weitem nicht so groß, wie der, mit dem sich die gesamte Liegendflur der Fossilienbank gegen das konkordante und lithologisch scheinbar weniger scharf abgesetzte, schalenfreie Liegende im allgemeinen abhebt.

Im Oberen Muschelkalk haben wir im Liegenden der Fossilbänke meist Schiefer-tone; da ist der Unterschied zwischen beiden stark ausgeprägt; im Wellenkalk ist aber das Liegende im allgemeinen wieder Kalk und der Unterschied ist nicht so auffällig; jedoch zeigt sich im Liegenden der tiefen Crinoidengeschiebekalke, der Ecki-Oolithbank, der Terebratelbank, der Spiriferinenbank, der Schaumkalkbänke nicht unmittelbar der Wellenkalk in typischer Entwicklung, sondern ein dichter

Kalk von gleichmäßiger Struktur, oft in mehreren Bänken, mächtig, aber auch nur handhoch; dieser ist es, der die Wurmdurchbohrungen trägt; ja! da, wo in der tiefsten Konglomeratlage nur Kalkfladen mit zahllosen Wurmdurchbohrungen vorliegen, zeigt sich, daß auch deren Kalk kein dünnplattiger Wellenkalk ist. Andererseits sind auch jene Schichten, welche nichts weiter zeigen als Tubikolenbauten in irgend einer Form, keine eigentlichen Wellenkalke, sondern mehr dicke, dichte Kalkbänke oder weichen nach dieser Richtung hin erheblich von dem durchschnittlichen „Wellenkalk“typus ab. Auf diese Liegendbänke macht schon R. WAGNER l. c. S. 70—71 in zutreffendster Weise auch für die Gegend von Jena aufmerksam.

Diese Liegendkalke sind also trotz der scharfen Abgrenzung nach oben mit dem Fossilkalk genetisch fast enger verbunden als mit den „Wellenkalken“ im Gesamtliegenden; sie sind die „Vorverschwemmungsbänke“ der ihnen nachfolgenden Schalenhaufenbänke; diese Bänke können auch etwas mächtiger werden, da sie als tiefer liegende Verschwemmungsfortsetzungen einer in höherer Böschungsstaffel des Meeres vor sich gehenden Entwicklung, eines schon beginnenden Massentransportes und der Zertrümmerung einer autochthonen Konchylienfauna auch größere Mächtigkeit aufweisen müssen; besonders mengt sich ihnen der Abfall des beginnenden Pflanzenbestandes des Bodens (die Voraussetzung der Tubikolenbesiedlung) bei, des sich noch entwickelnden Planktons, von dessen Vorhandensein die Wellenkalkplatten im engeren Sinne so geringfügige Anzeichen bieten, der beginnenden Larvenschwärme, welche EB. FRAAS für das unvermittelte Auftreten der Fossilbänke annimmt, wobei ich aber glauben möchte, daß jene faunistisch sehr vielseitig sind und erst eine gewaltige Auslese erfuhren bis sich die recht einseitigen Faunenbestände der Fossilbänke festsetzten. Dieses Vorspiel wickelte sich während des Absatzes der Liegendbänke ab, wodurch diese eine besondere morphologische Gestaltung, eine Strukturanlage besonderer Art erhielten. Sie werden dabei infolge der beigemischten organischen Zersetzungsstoffe zum Teil erreicher werden, zum Teil karbonatreicher, das Korn des unter gasförmigen und flüssigen organischen Beimengungen fortgewälzten Schlammes wird rascher und besser zusammengeschlossen, die Viscosität der Masse wird eine andere werden, es entsteht keine Wellenskulptur, wie auch die Fortbewegungsart eine etwas andere gewesen sein dürfte. Dieser Vorgang kann außerordentlich langsam fortschreiten, er kann in kleinen Zwischenstadien unterbrochen werden, es können in einer einzigen Liegendflur mehrere Bankfugen entstehen, von denen aber die hangendste die unmittelbarste Vorbereitung zum Fossilkalk bedeutet, hie und da mehrere Generationen Bohrröhren zeigt oder auch schon ganz vereinzelte Schaleneinschlüsse bringt (Liegendes der Ecki-Oolithbank, Liegendes der Schaumkalkbank).

Wenn wir daher oben verschiedentlich von einer Pause der Ablagerung im Bereich der Grenzockerlage zwischen der Bohrwürmerflur und dem Schalenkörper der Schicht sprachen, so gilt diese Pause nicht als eine Unterbrechung der marinen Bildungen überhaupt, sondern als eine solche der feinkörnigen Massenzufuhr, als eine Folge des Abbrechens der großen Schlammströmungen der Wellenkalkbildung im engeren Sinne, deren letztes Material von Strömungen anderer Art erfaßt, gemischt und umgewandelt eben als die Liegendflur der Fossilbänke abgesetzt wird.

Hierin zeigt der Aufbau der beiden Schaumkalkbänke durchaus keine Unterschiede mit jenem z. B. der Terebratelbänke; zwischen ersteren liegt auch noch einmal typischer Wellenkalk und nicht selten folgt noch einmal auf die obere Bank ein schwacher Komplex von solchem.

Was die Anschwemmung des Materials der Schaumkalkbank betrifft, so ist diese auch nicht anders zu verstehen als die der Terebratelbank, wenn nicht der Schalengrus zertrümmert ist, kleinere Detritusmasse vorherrscht oder Krinoidenglieder in Lagenschmitzen angehäuft sind. Die Entstehung solcher Detritusmassen von Schalen und Stielgliedern, die Entstehung von brekziösen Trümmerhaufen wird häufig ausschließlich dem Brandungswellenschlag und ähnlichen enger littoralen Erscheinungen zugeschrieben, wahrscheinlich mehr in Ermangelung anderer Erklärungen, als wegen des Nachweises der typischen Äußerung eines solchen Vorganges.

Schalenhaufen, wie sie der Abfall gesellig lebender Konchylien etc. ergibt, werden aber wieder als Haufenmassen verlegt; Schalen sind vorzüglich geeignet, steile Böschungen zu bilden und zu erhalten, beim Nachschub die Böschungsfirste stets zu erhöhen; jeder Sogstromanstoß bricht aber solche Böschungen und wirft einen neuen Haufenwall auf, der mit den abflauenden Nachwirkungen des Stromstoßes wieder erhöht werden kann. Man weiß, daß z. B. der Sogstrom der Brandungszone so Reihen von höheren Sandriffen wie Riesen-Ripplemarken hintereinander aufbaut. Schalen werden in Massen gleichzeitig gehoben und gesenkt.

Nun werden durch diese Böschungsbrüche und ihre Folgen die Schalen nicht nur abgeschliffen nach der Tiefe geführt, sondern es werden bei ihnen auch Schalenrümmer gebildet; kleine Organismen wachsen an der Oberfläche der Schalen verbindend auf, andere Schalen werden zementiert, die entstehenden Böschungsbrüche wirken hierbei ebenso zertrümmernd auf die entstandenen Zusammenhänge, wie jene Böschungsbrüche in nicht mehr genügend plastischen Wellenkalkschichten, welche die dünnen „halbharten“ Platten zertrümmern und die höchst charakteristischen Geschiebe-Wellenmergel bilden. Auf solche Weise entstehen beim Transport von einem beschränkten Wohnort nach der Tiefe Schalengesellschaften, Brekzien, und zwar auf dem entgegengesetzten Wege wie die Brekzien des Strandwalles.

Auf gleichem Wege entsteht aber auch die typischste diagonale Schichtung der Schaumkalkbänke.

Ich kann so dem Bilde, welches J. WALTHER in Geschichte der Erde und des Lebens 1908 S. 379 von dem Schauplatz der Schaumkalkentstehung entwirft, nicht zustimmen. Er sagt, daß die Struktur des Gesteins „wohl niedrigen Dünen aus Muscheltrümmern und Oolithkörnchen entspricht, die der Wind zwischen den eindampfenden Schlamlacken aufwirbelte“. Die Verbreitung des fränkischen Schaumkalks bietet mir nichts, was diesem Bilde entspricht. Die Wirkungen von Unterstromstößen in einem sonst windgeschützten Stillwassergebiet liegt für den Niederbruch und die Verschwemmung einer Seelilienkolonie gerade so nahe wie die Annahme, daß hier eine rasche Verlandung eines doch nicht flachen Meeresgebietes gewirkt habe. Der oolithische Trochitenkalk der linksrheinischen Verbreitungsgebiete des untersten Hauptmuschelkalks hat nur wenig veränderte „Schaumkalkfazies“; seine Entstehungsart kann nicht anders aufgefaßt werden wie die des Schaumkalks, der gar nicht selten, besonders nach dem Liegenden zu, in typischen Trochitenkalk übergeht, meist daselbst wenigstens mit Trochiten angereichert ist.

Man kann nun auch sagen, daß der Schichtenkomplex, der im Wellenkalk als Schaumkalk auftritt, in mehr als einer Hinsicht im Hauptmuschelkalk Frankens durch den Trigonoduskalk vorgestellt wird. Zum mindesten sind die Anzeichen der diagonalen Struktur an vielen Stellen ganz die gleichen. Die Anhäufung solcher Schalenmassen hat freilich zu besonderen Deutungen geführt. E. PHILIPPI hat eine örtliche

Ausbildung des Trigonoduskalks bei Schwieberdingen mit guten Gründen als Strandbildung bezeichnet, einerseits wegen des sehr fragmentären Zustandes der einzelnen Schalen, dann auch wegen der ungleichartigen Verteilung der rechten und linken Klappe, wie sie am rezenten Muschelstrand zu beobachten ist. Dies sind aber auch nur Auslesegruppierungen, welche durch die Tätigkeit des Wassers geschaffen sind und bei einem Transport unter Wasser nach der Tiefe auf einer flachen Böschung in seichtem Wasser gewiß ebenso geschehen können. Zugegeben aber, die Annahme ist für das bestimmte Gebiet richtig, so dürfte sie jedenfalls nicht auf das ganze Verbreitungsgebiet der Trigonodusschichten übertragen werden.

Ich halte den Trigonoduskalk gerade für ein Beispiel dafür, wie eine außerordentliche Schalenproduktion und die begleitende Anhäufung, durch verschiedene geologische Horizonte hindurchgehend, vergleichbare Verbreitungsbezirke einhält. Ein Südbezirk in Franken enthält im Trigonodus„riff“ beide Horizonte, Ostrakoden- und Semipartitusschichten, ein Nordbezirk enthält sie ebenso, von ersteren allerdings nur einen Teil im unteren Hauptkalk, während eine obere Schalenbank noch in der oberen Hauptmasse der Ostrakodenschichten steckt. Plötzlich brechen beide Gruppenvertretungen ab. Die Zackeneinschaltung von Ostrakodonten und Semipartitusschichten in das Trigonodusriff wird dadurch besonders drastisch gekennzeichnet, daß eine Terebratelbank, welche in dem Bereich der riffreien Fazies mit den „fettesten“ Schalenexemplaren vorliegt, auch mitten in der Riffazies als von dieser völlig absorbierte Bankfortsetzung mit besterhaltenen Exemplaren auftritt und einen Trigonoduskalk über sich und unter sich hat. Dies noch in einer südlichsten Ausbildung, wo diagonal geschichtete Sandsteinbänkchen nach Art des Lettenkohlsandsteins, ein Bonebed mit reichlichstem Glaukonit auf wirklich größere kontinentale Nähe nach Süden zu (vindelizische Barre) schließen läßt.

Diese Terebratelbankeinschaltung unter den Ostrakodonten und in den Semipartitusschichten hat in Franken eine recht weite Verbreitung, ich habe sie aber nirgends so stark in mehreren Bänken sowohl mit sehr guter Schalenerhaltung als in sehr kleinbrüchiger Zerreibung entwickelt gesehen, wie in Sommerhausen im Trigonoduskalk selbst; sie erinnert hier an die gleiche Entfaltung dieser Schichten, welche H. THÜRACH, (Erl. Blatt Sinsheim 1896 S. 17) zwischen Ostrakoden und Semipartitusschichten beschreibt. Bezüglich dieses Vorkommens vermutet nun D. HÄBERLE (Verhandl. d. math. med. Vereins zu Heidelberg 1908 IX. Bd. S. 568) beiläufig, daß es sich um einen durch Strandverschiebung flächenhaft ausgestreckten Strandwall handeln könne. Das müßte aber dann in Franken für die ganze Fläche des Trigonoduskalks gelten — dadurch, daß der Strand nach dem offenen Meere im Norden¹⁾ vorrückte, wurde der Strandwall flächenhaft —, ein Gedanke, den man nur auszusprechen braucht, um für Franken das Gegenteil davon einzusehen. Wie wären die Septarien, ihr Mineral- und Erzreichtum, die regelmäßige Ockereinschaltung, die Anastomosen, die regelmäßige Bankeinteilung, die Liegend-, Zwischenlagen und Überlagerungen mit autochthonen Würmerbauten (Rhizokorallen etc.), die nach S zunehmenden Glaukonitsandeinschaltungen mit dem Bonebed (welches auch die riffreie Fazies kennzeichnet) je mehr man in die älteren Strandgebiete vorrückt — wie wäre aber vor allem das zu erklären, daß man die Strandwallvertretung der höheren Abtei-

¹⁾ Für die nächst tieferen Sedimente muß der Strand noch mehr im Süden angenommen werden; man kann ja die Nodosenschichten nicht für mehr litoral halten, als die mit den Ostrakodonten verkeilten Trigonodusschichten.

lungen, ja sogar der gesamten kleineren und größeren Abteilungen der Nordfazies des Obersten Muschelkalks dichter, vollkommener antrifft, je weiter man nach den älteren Stadien des sich annahmsweise nach Norden verschiebenden Strandes zu sich bewegt, während doch bei solcher Strandverschiebung die Schalenfazies von Süden nach Norden in die höheren Schichten der Tonfazies vordringen, also das Umgekehrte eintreten müßte von dem, was tatsächlich der Fall ist. Außerdem müßte doch dieselbe Fauna in der Tonfazies autochthon gelebt haben und es müßten darin von ihr die Reste zu finden sein, wenn sie auch im Strandwall eine höhere Anhäufung gehabt hätten. Dagegen verschwindet aber die Fauna in der Tonfazies vollkommen und Fortsetzungen in der Riffaziesbank sind nur als Fortsetzungen der feinkörnigen Einschaltungen mit der Tonfazies zu erkennen. — Zudem dürfte es keinen Strandwall der Brandung geben, ohne daß die Brandungsunterströme auch untermeerische Schalenbänke der gleichen Faunen bilden müssen; umgekehrt wird es keine durch Unterströme ausgebreitete Schalenmasse geben, ohne daß auch Strandwälle aufgeworfen werden. So mag das von E. PHILIPPI und HÄBERLE betonte örtliche Vorkommen derart erklärt werden, wobei allerdings nachgewiesen werden müßte, daß die Brandung auch ihre erosiven Wirkungen auf den Strandboden etc. ausgeübt hätte. — Wir haben aber auch erwähnt, daß die Oberfläche der Trigonodusbänke mit eben solcher großzügiger, breitgestellter Wellenskulptur ausgestattet sind, wie die des Schaumkalks und sehr häufig auch die des Ecki-Ooliths; ohne Wasser ist eine solche Wellenstellung bei so schwer transportabler, an Widerständen so reicher Schalenmasse nicht denkbar.

Also mit der Anschauung von Anhäufungen in Strandwällen und von Strandverschiebungen solcher können wir die Wachstumsart und die Ausdehnung des fränkischen Trigonodusriffes nicht erklären. Wir haben hier nur die Erklärung von Wirkungen der Unterströme zur Verfügung und haben auch hier mit den Hauptbänken im Hangenden und Liegenden örtlich sehr eng verbundene feinkörnige Lagen als Liegendfluren mit Wurmgängen, Bohrröhren und Bauten von Tubikolen.

Zusammenfassung zu Kap. 30. Als Fortsetzung und Anwendung der Ergebnisse des vorigen mehr analytischen Kapitels gedacht, dient dieses der mehr induktiven Darstellung der Einheit des Aufbaus der einzelnen Gesteinsschichten, um zum Verständnis ganz besonders wichtiger Bankbildungen des Muschelkalks, denen des Schaumkalks und des mehr riffartigen Trigonoduskalks zu kommen, dessen verkeimerte Analogien wir in mancher Hinsicht im Wettersteinkalk zu finden haben. Es wird darzulegen gesucht, daß der Aufbau dieser Bänke von dem der übrigen Muschelkalkbänke im eigentlichen Grunde nicht abweicht. Ihre Entstehung, besonders die des Trigonoduskalks, ist auf eine außerordentliche Schalenproduktion in offenbar lösungsreichen Gewässern zu gründen, deren Abfallstoffe ohne sonstige Detritusbeteiligung durch einen meereinwärts von Süden nach Norden zu gerichteten Grundströmungsabsatz ausgebreitet wurden — bzw. auf einen in gleicher Richtung fortschreitend stattfindenden Vorgang stetiger langsamer Böschungsverlagerung von höherer Staffelage nach tieferer, bei starker, fast ununterbrochener Nachproduktion an bloßgeschauerten Wohnplätzen in höherer Staffel; daß sich an diese marinen Ausbreitungen auch Strandwallbildungen in ganz randlicher Lage anschließen können oder müssen, bedarf keiner Betonung, verlangt aber wegen Feststellung der Ufergrenze eingehendste Ortsuntersuchung.

Kap. 31. Allgemeine ozeanographische Kennzeichnung und Herkunft der Muschelkalkablagerungen.

Aus den von anderen Autoren gegebenen Darstellungen über den Charakter der Muschelkalkablagerungen erhält man den Eindruck, als ob diese Ablagerungen allzusehr als eng litoral angesehen würden. Ich würde sie nach der Einteilung von O. KRÜMMEL als halbpelagische bezeichnen; ihre topische Orientierung würde ich, im Bann der allerdings zufälligen Verhältnisse der Gegenwart, am nächsten an den Begriff der Schelfe anschließen und zwar eher dem der tieferen Schelfgebiete um 400—500 m Tiefe, bzw. dem der kleinen Mittelmeere bis 500 m (vgl. O. KRÜMMEL, Ozeanogr. 1907 S. 104 bzw. 144) annähern, als zu flaches Litoral zum Vorbild nehmen.¹⁾

Was man bisher gerne für enger gefaßte litorale Kennzeichen ansah und nach meinen weiteren Mitteilungen noch so bezeichnen könnte, Geschiebeschichten und andere Anzeichen gewaltsamer Prozesse, das erwähnt auch O. KRÜMMEL l. c. S. 179 unter den sonst feinkörnigen hemipelagischen Sedimenten besonders an Schelfrändern oder Schelfstufen, als submarine Bergschlippe bzw. als Gleitschlippe, welche außerordentlich leicht an Böschungen von vom Wasser durchtränkten steilen Schuttkegeln auftreten, hierbei besonders an die Versuche von J. THOULET erinnernd. Daß solche Erscheinungen auch — in der Kabeltechnik in unliebsamer Weise bekannt geworden — periodisch an tropische Regenzeiten sich anschließen, ist für unsere obigen Ausführungen in mehrfacher Hinsicht von bestätigender Wichtigkeit.

Was die Herkunft der verschiedenen Gesteinsmaterialien, welche den Muschelkalk aufbauen, anlangt, so scheint die große Masse des Kalkschlammes eine Differenzierung zu sein auf dem Transportweg der gesamten Materialien aus Südwesten und Westen, welche noch in der Rheinpfalz vorwiegend Dolomit und Sand in die tieferen bis mittleren Abteilungen des Wellenkalks brachte. Andere Teile der Ablagerung, z. B. des obersten Muschelkalks sind in gewissen Faziesbezirken deutlich von dem südlichen (bzw. von Nordosten nach Südwesten hinziehenden), wohl gering ausgedehnten Kontinentalgebiet beeinflusst, welche Einflüsse während der Zwischenpausen der zum anderen Teil westlichen Einschwemmung auch im Wellenkalk und Mittleren Muschelkalk auffälliger werden. Zugleich scheint dieser südliche Bezirk im allgemeinen tonärmer zu sein und enthält nicht nur das Trigonodusriff, sondern im ganzen Oberen Muschelkalk stärkere Kalkbildungen, die sich gleichzeitig in den Trochitenschichten äußern.

Die ozeanographische Kennzeichnung des Muschelkalkmeeres gipfelt in der Charakterisierung der Bildungsverhältnisse der Anhydritgruppe.

Über dem Bereich und nach der Ablagerung der den tieferen, gleichfalls zum Teil oolithischen Fossilbänken des Wellenkalks gleichgebildeten Schaumkalke mit ihren den fossilfreien Wellenkalkschichten völlig identischen hangenden und liegenden Schichten beginnt eine Verflachung des Meeres, welche durchaus nicht allmählich schon vorbereitet erscheint. Damit zeigt sich nach und nach ein Zurücktretten der Kalksedimentation, ein sie nur zum Teil ersetzender Tonnieder-schlag mit zunehmenden chemischen Ausscheidungen. Es beginnt eine Periode, in welcher die Verdunstung größer ist als die Wasser- und Sedimentzuführung. Das alte Meer wird mehr kontinentalen Bedingungen und zwar einem niederschlagsarmen, trockenen, windigen und heißen Klima ausgesetzt, worauf JOH. WALTHER

¹⁾ LIEBETRAU und R. WAGNER l. c. 1897 S. 70—71 denken für den Wellenkalk an die Tiefenverhältnisse der Nordsee; vgl. auch oben S. 201¹⁾ und unter „ZIMMERMANN“ im Literaturverzeichnis

in Hinsicht auf Analogien mit abflußlosen Kontinentalbecken des Wüstengürtels der Gegenwart besonderen Nachdruck legt; das alte Meer wird aber auch durch die Verflachung an Rauminhalt sehr verringert; es verdampft so ein großer mariner Kessel von außen nach der Mitte zu und allmählich in die Tiefe, worauf allein EBERHARD FRAAS die Steigerung des Salzgehaltes und die Entstehung der mächtigen Salzlager zurückführte. Es bestand aber offenbar, mit OCHSENIUS gehalten, noch eine aktuelle Verbindung mit dem Meere, welche beim Fehlen von Süßwasserzufuhr noch stetigen Nachschub von stark salzigem Wasser benachbarter flacher Meeresgebiete, welche ebenfalls unter stärkeren Verdunstungseinflüssen standen, beibrachten. Dieser Nachschub mag durch starke auflandige Windperioden, durch die Fluthebung tieferer salinisch angereicherter Meerwasserschichten, welche Ereignisse auch aufgewühlte Tonsuspensionen bringen konnten, gegeben, nicht lediglich eine Folge des Verdunstungsnachschubs, der Niveauausgleichung, sein.

Der Hauptmuschelkalk, der sich wie der Wellenkalk aber in anderer Beziehung zur Anhydritgruppe übergänglich verhält, scheint eine weiter ausgespannte Flächenverbreitung gehabt zu haben; seine lithologische Charakterisierung muß den großen Tonreichtum gegenüber dem Wellenkalk betonen.

Die oben gegebene Kennzeichnung des Muschelkalkmeeres läßt die Periode der Anhydritgruppe wohl ohne Annahme großer Umwälzungen den beiden anderen Abteilungen in völliger Kontinuität anschließen.

Kap. 32. Kurze Beschreibung einzelner Oolithvorkommen aus dem Muschelkalk Frankens.

Die Frage der Entstehung und Umgestaltung der Oolithe hat durch eine interessante Ausarbeitung von KALKOWSKY eine neue Anregung erhalten; es ist wichtig, im Anschluß an die oben besprochenen Stromatolithen auch einzelne Muschelkalkoolithe einer kurzen Besprechung zu unterziehen.

Zuvörderst seien die von dem Verfasser im Profil von Bergrheinfeld und Kleinlangheim schon beiläufig besprochenen, aber nicht abgebildeten Oolithe von gewissen Gesichtspunkten aus behandelt.

1. Oolith des Mittleren Muschelkalks zwischen Hauptanhydrit und Hauptsalz von Bergrheinfeld (Geogn. Jahresh. 1901 S. 36), Taf. XI, Fig. 25 u. 26.

Die Oolithkörner haben oft einen Kern mit einer häufiger stark pigmentierten, etwas feinkörniger als das Zement beschaffenen, oft auch dichter gefügten ungerichteten Grundmasse. Die Struktur besteht hauptsächlich in sehr feinen konzentrischen Schalen von zum Teil glasheller dichter, zum Teil pigmentierter und weniger dichter Substanz; feine radiale Bälkchen von nicht ganz scharfer Begrenzung sind im Innern weniger häufig treten aber, hauptsächlich in Pigmentanreicherungen hervorstechend, in einer äußeren Ringzone deutlicher und häufiger auf; hier zeigen sich radial die gleichen Unterschiede der Substanz wie in den inneren konzentrischen Schalen; besonders fallen hier auch zwischen den gelben, struierten Massen vereinzelte Ringe der völlig glashellen, zu einheitlicher Substanz geschlossenen Kalzitmasse auf. Der zwischen den gelben, oft mit glashellem Rand erhaltenen Balken und den Schichtbändern orientierte Abteil gleicht sehr dem Zement, leuchtet aber im polarisierten Lichte wohl etwas heller auf. Die im gewöhnlichen Lichte hellen Massen, welche aus den umgewandelten zementartigen Balken und Ringen entstanden sind, gewinnen oft eine einheitliche kristallographische Orientierung, sie werden gleichzeitig hell

und dunkel; sie zeigen auch, wie ich l. c. S. 36 erwähnte, spiegelnde Spaltflächen. Dieser geringe Grad der Metamorphose hat die nicht pigmentierten Schalen und Balken betroffen; die mehr pigmentierten größeren Flächen haben das Verhalten des unveränderten Zements; das geringe Maß der Beimengung hat also hier die die Umwandlung zurückgehalten. Neben der Zone mit wohl erhaltenen Oolithkörnern ist eine fast ohne Übergang sich im Hangenden anschließende Lage zu beachten, wo die Oolithkörner nicht nur eine Metamorphose, sondern auch eine Druckdeformation erlitten haben, was jedenfalls darin seinen Grund hat, daß die Metamorphose keine vollkommen raumersetzende war und so Hohlräume entstanden. Die Körner sind unregelmäßig flachgedrückt und zeigen Umriss, wie sie FRANTZEN, Jahrb. d. Kgl. Pr. geol. L.-A. 1887 Taf. III Fig. 2—4, als „deformierte“ Oolithe darstellt. Da in derselben Schicht bei Bergheinfeld auch Geschiebe und kleine Körnchen psammitischer Natur vorkommen, ist es notwendig, darauf hinzuweisen, daß diese Gebilde nicht wohl Pseudoolithe nach BORNEMANN genannt werden können, sondern daß hier FRANTZENS Deutung Platz greifen muß; es gilt dies jedenfalls für die von ihm abgebildeten „Pseudoolithe“, daß sie also deformierte, zuvor regelmäßige Oolithe seien; bezüglich der Ursache der Deformation kann ich aber mit FRANTZEN nicht übereinstimmen, daß sie noch in einem gewissen weichen Zustande durch Wasserdruck gestörte und unterbrochene Bildungen seien; somit scheint mir auch der Terminus Empedoolithe nicht zutreffend und spreche ich von Umwandlungsoolithen.

Daß unsere Gebilde der zweiten Art wirklich umgewandelte Oolithe sind, das geht daraus hervor, daß die äußere gelbe Hülle um einen großkristallinen Kern, sogar oft noch mit den hellen Radialbalken bestehen blieb. Die ringsum annähernd gleich erhaltene Breite dieses in das Innere des deformierten Kerns hereingedrückten Ringes beweist auch, daß Lücken im Kern die nächste Ursache der Deformation waren. In einer Anzahl von Fällen fehlt ja auch nun diese Hülle; als letztes Stadium der Umwandlung erkennt man eine Konzentration des mehrfach erwähnten Pigments an der Außenseite der unregelmäßig gedrückten Kalzitkorngruppen gegen das ziemlich unveränderte Zement hin. Ein gelegentlich in den Oolithen ebenso wie im Zement eingeschlossenes, von Kalzit verschiedenes Mineral bestimmte Herr Dr. SCHUSTER als Anhydrit.

Einzelne zugleich größere Einschlüsse eckiger Gestalt sehen aus wie ausgebrochene Stücke eines mit stärkerem Erzpigment versehenen, zerstörten Schichtabsatzes, an welche als Kerne sich schwache oolithische Inkrustationen anschließen.

Das Zement ist offenbar in noch ziemlich ursprünglichem Zustande erhalten; entfernt von den Oolithkörnern ist es nicht anders beschaffen in Korngröße und Anordnung, als unmittelbar um die Oolithkörner herum; es enthält vereinzelte Einschlüsse von Anhydrit und Gips und sehr selten ganz kleine Oolithkörnchen, welche, wenn in größerer Menge vorhanden, darlegen würden, daß man es hier mit der Bildungsstätte des Ooliths zu tun hätte. Diese ist aber jedenfalls in jener Gegend zu suchen, wo das gleichzeitig gebildete Sediment sehr viel pigmentreicher war. Das die Oolithkörner umgebende Zement besteht aus einem höchst gleichmäßigen Gemenge sehr kleiner Rhomboederchen, die wohl in primärer Lösungsausfällung bzw. Anwachsvergrößerung ohne großen Verfrachtungsweg abgesetzt sind.

2. Oolith aus den Schichten zwischen dem Hauptanhydrit und dem Hauptsalzager von Kleinlangheim. Taf. XI Fig. 28 u. 29 (vgl. Geogn. Jahresh. 1901 S. 51 bei 5,50 u. 5,80 m).

Die Beurteilung der Struktur dieses Vorkommens muß in allem auf die Verhältnisse des Bergheinfelder Vorkommens zurückgreifen. Wenn man von den vielen der einzelnen Körner ein gemeinsames Bild zurückverfaßt, so kommt man auf das Bild des Bergheinfelder Vorkommens, als dem Urtypus einer ziemlich großen Umwandlung, deren Vergleiche man in den auch daselbst schon bemerkbaren Änderungen der Struktur zur Verfügung hat; es ist also trotz verschiedener Fundpunkte eine enge Verbindung der Tatsachen möglich.

Das Innere des Oolithkorns, Kern und die ihm zunächst liegende randschalig angeordnete Masse, sind meist durch eine Gruppe unregelmäßig stark vergrößerter Kristalle ersetzt, welche im Laufe einer Umwandlung mehr und mehr nach der Peripherie vordringen, endlich auch die äußerste, am längsten widerstehende Ringlage bis auf ganz geringe Reste aufzehren; diese Lage zeigt noch häufig das radiale Balkenwerk, wobei die dem Zement ähnlichen Zwischenbalken ebenfalls in eine größer körnige Masse verwandelt sind. Die primär struierte Masse dagegen, welche an manchen Stellen noch Schalenringe und feinere Strahlenanordnung erkennen läßt, ist dunkel und feinkörniger geblieben. Die Innenmasse ist sehr oft zu einem einzigen Kristalle verschmolzen, da, wo der Vorgang der Umwandlung nach der vorhandenen Urstruktur so regelmäßig nach außen stattfand, daß das Pigment sich gleichmäßig nach außen verdrängen ließ. Wo dieses nicht möglich war, da blieb die Vereinheitlichung der Kernkristallisation aus; man hat mehrere größere Kristalle oder Kristallgruppen mit für sich bestehenden peripheren Pigmentanreicherungen, selten eine gleichmäßigere, großkörnige Füllung.

Diese ungleichmäßige Umwandlung hat aber auch gelegentlich eine andere und besondere Ursache; es liegen von Kleinlangheim größere Oolithkörner vor von nicht ganz regelmäßiger kugelig Gestalt; es läßt sich leicht erkennen, daß dies mit einer einheitlichen letzten Oolithschale versehene Viellinge waren; bis zu fünf Körner verwachsen dabei. Da zeigten sich sowohl für sich bestehende Umwandlungsfüllungen, aber auch beinahe völliges Aufgezehrtsein der innerhalb der Gesamtschale liegenden, sonst widerstandsfähigeren Einzelhüllen und endlich eine Erfüllung mit einem einheitlichen Kristall. Auf diese Viellinge führe ich auch einzelne sehr große, unregelmäßig bauchig umrissene, einheitliche Kristalle in der Masse zurück; sie haben nicht mehr die periphere oolithoide Hülle, stoßen aber an das Zement mit einer mehr und weniger starken Pigmentschicht an, wobei sich das Zement wie bei den übrigen Oolithkörnern verhält.

Das Zement ist nun hier gleichzeitig auch stark verändert; an Stelle der feinkörnigen Masse aus gleichmäßigen Rhomboederchen, welche eine dicht gefügte Grundmasse ermöglichen, ist eine dicht geschlossene, groß kristallisierte Zwischenmasse gebildet, deren Raumabschluß durch die regellosesten Verwachsungsgrenzen der vergrößerten Kristalle geschaffen ist; nur in der Umgebung der Oolithkörner sind sämtliche Kristalle etwas kleiner, radial orientiert und gleichförmig verlängert.¹⁾

Hier ist trotz der großen Umwandlungen im Zement keine Zerdrückung der

¹⁾ Diese strahlige „Richtung“ ist nicht eine Folge der vorherbestehenden radialen Faserung, sondern nur ein Beweis, daß die Umbildung an dem Umfang des Oolithkerns nach außen vor sich ging, nachdem jene im Innern des Kernes ihr Ende gefunden hatte; sie findet, wie dies auch LIEBETRAU feststellt, ebenso um die Geschiebe herum statt (vgl. S. 222, 5 u. 6 und l. c. 1889 S. 755). Ich bin nicht der Ansicht LIEBETRAUS, daß diese „Ränder nur Teile des bindenden Kalzits darstellen, welche als primärer Niederschlag zu Boden fielen“.

Oolithkörner eingetreten, wohl ein Beweis, daß die Umwandlung der Oolithkörner eine ältere und vollständigere war.

Dies scheint mir deswegen von Wichtigkeit hervorzuheben, weil auch ein anderes Mineral außer Kalzit sich an der großkristallinen, oft einheitlichen Ausfüllung des Innenkörpers beteiligt, nach der Bestimmung Dr. SCHUSTERS Anhydrit; es ist anzuführen, daß im Zement keine oder nur geringe Ausscheidungen von Anhydrit beobachtet wurden. Es scheint sich darin auch die sonderbare Separierung der in den Lösungen vorhandenen Genossen zu äußern, die Konzentration einer früher beginnenden Ausscheidung auf einen bestimmten Ausgangspunkt und eine Verdrängung der Lösungsgenossen nach anderen Stellen, welche gleichzeitig deren Konzentration nach diesen letzteren bedeutet. Eine hiermit zusammenhängende Erscheinung ist aber auch die Lokalisierung der Umwandlung selbst, so daß völlig umgewandelte Oolithkörner von sehr gering umgewandelten umgeben sind. Hierbei spielt allerdings auch die größere und geringere Zugänglichkeit eine große Rolle, da ich glaube, daß nicht die ganze Schichtmasse in völlig gleichmäßiger Weise von der zersetzenden Feuchtigkeit durchdrungen war (vgl. S. 224 u. 228) oder wenn sie ursprünglich durchtränkt war, Züge größerer Möglichkeit des Ab- und Zuzugs die Umwandlung von anderen Stellen ablenkten.

3. Oolith aus den Myophorienschichten von Hochhausen (vgl. oben S. 39 und Taf. XI Fig. 27).

Eine größere Anzahl von selten walzenförmigen, meist kugelrunden Körnchen besitzt hier noch eine ziemlich gute primäre Erhaltung in einer die Radialanordnung zwar nicht ganz aber doch meist fast ganz entbehrenden, sehr feinen ringschaligen Struktur; diese ist noch in ihrem außerordentlich feinkörnigen, auch die Pigmentbeimengung in feiner Verteilung zeigenden Urzustand erhalten; dabei sind die Körnchen außen oft sehr scharf umrissen, oft haben sie aber auch eine ganz gleichmäßig verschwommene Begrenzung, welche ihrer Gestaltung nach jedenfalls primär ist und auf eine rauhe, im Wachstum befindliche Oberfläche, nicht auf eine glatt geschlossene und etwa momentan abgeschlossene Bildung schließen läßt. Auch hier erkennt man den Beginn der Umwandlung im Zentrum des Kornes, ganz in der gleichen Weise stattfindend, wie dies von den Oolithen von Bergreinfeld und Kleinlangheim ermittelt wurde. Der oft großkörnige, häufigst aus einem einzigen Individuum bestehende Kristallersatz des Oolithkerns geht vor sich bis zur völligen Aufzehrung der schaligen Anlage und bleibt gegen das Zement dann scharf begrenzt, wenn die völlige Pigmentverschiebung eine letzte Hülle bildet. Bei unregelmäßiger Verteilung des Erzpigments im unberührten Oolithkorn bleibt auch die Verdrängung oft einseitig; da, wo an der Peripherie eines umgewandelten Kornes kein Pigment ist, verschwimmt der Umriß des Kornes (vgl. Fig. 27). Ein viel späteres Eindringen von Lösungen in entstandene Spaltflächen setzt den Eisenkarbonatgehalt der Füllungskristalle um, wie dies Fig. 27 an mehreren Körnern zeigt; die Körner haben dabei aber keine Gestaltveränderung erlitten.¹⁾ Nach einer Prüfung von seiten Herrn Dr. SCHUSTERS ist zu bemerken, daß hier die Oolithkörper im Innern auch gelegentlich von zum Teil in Gips verwandelten Anhydrit ersetzt sind.

Was das Zement zwischen den Oolithkörnern betrifft, so ist es ungleichmäßig großkörnig; im allgemeinen in den größten Entfernungsmitten von den umgebenden

¹⁾ Das Bild erinnert an den von BORNEMANN Jahrb. d. k. pr. geol. L.-A. 1885 Taf. X Fig. 5 abgebildeten Triaskalkstein.

Oolithkörnern am stärksten großkörnig; eine radiale Verlängerung der Kriställchen in dem Kreisumriß der Körner ist nur an wenigen Stellen in schlechter Ausbildung nachzuweisen; darnach hätte wohl dieses letzte Stadium der Umbildung des Kornes schon ein ziemlich geschlossen unregelmäßig umgewandeltes Zement vorgefunden.

4. Oolith aus dem Schaumkalk von Bergrheinfeld (vgl. Geogn. Jahresh. 1907 S. 45).

A. Untere Schaumkalkbank.

Dieser Oolith wurde l. c. als ein solcher bezeichnet, dessen Körner „sehr wohl eher für Rollstücke eines großkristallinen Kalkes gelten könnten, als nach der Hypothese der Entoolithe für Kristallausfüllungen von mit einer tonigen Hülle umgebenen Bläschen, obwohl das Bild ein zutreffendes ist“. Letzteres muß eingeschränkt werden; die Umrisse der Körner sind doch zu unregelmäßig, sehr häufig lang oval, walzenförmig, und nicht gar zu selten zeigt sich eine Neigung zur Ausbildung von allerdings stark gerundeten Ecken zwischen Seiten von größerem Krümmungsradius, als ob stark abgerundete Rollstücke mit ursprünglich 3 bis 5 Ecken vorlägen. Daneben finden sich eigentümliche Einbiegungen der Oberfläche nach innen, welche aber nicht aussehen wie jene bei Oolithviellingen (S. 218).

Der Oolithkörper zeigt sich in den meisten Fällen aus 1—2 Kalzitindividuen zusammengesetzt und ist in unregelmäßiger Stärke von einer tiefschwarzen tonigen Hülle umgeben. Diese ist aber nicht an allen Stellen des Umfangs vorhanden, wobei übrigens zu bemerken ist, daß viele starke Verdickungen dieser Hülle nur scheinbare sind, wenn die betreffende Stelle des unregelmäßigen Kornes mehr tangential getroffen ist. Wo diese Hülle fehlt, verschwimmt der feste Umriß des Kornes und es scheint eine der Zementkörnelung entsprechende kleinere Körnelung nachträglich in das Innere des Kornes zu dringen, wie dies bei dem Vorkommen von Hochhausen zu erwähnen ist. Neben Kalzit stellte Herr Dr. SCHUSTER noch Anhydrit in kleinen Partikelchen und daraus hervorgegangenen Gips fest (vgl. l. c. S. 45); diese Stoffe sind jedenfalls in später Metamorphose eingeführt.

Das Zement ist hier nicht mehr einheitlich; es ist jedenfalls umkristallisiert und eine Anzahl von Oolithkörnern ist in ihm aufgegangen, da man die verschiedensten Stadien des Eindringens einer kleiner kristallisierten Masse in die Oolithindividuen beobachten kann; wir erwähnten die Erscheinung an Stellen, wo die Pigmentkruste nicht stark oder sehr gering war. Ich bin überzeugt, daß dies eine späte Erscheinung ist und glaube, daß sie mit vorherigen Lockerungen und Ablösungen zusammenhängt, da sie da am stärksten ist, wo auch Spältehen das Gestein durchsetzen. Eine „strahlige Richtung“ der Zementkristallisation senkrecht zum Kreisumriß der Körner ist hier nicht zu beobachten.

B. Oolith der Oberen Schaumkalkbank von Bergrheinfeld (vgl. Geogn. Jahresh. 1901 S. 41).

Ganz vereinzelte Oolithkörner, besonders solche mit noch gleichmäßigen runden Umrißen, haben auch Anzeichen einer rundschaligen Struktur; erstens eine helle, außen gleichmäßige, höchst feinkörnige und dichte Hüllage, wie solche häufig bei den Oolithkörnern von Kleinlangheim und Hochhausen als Reste der Umwandlung verblieben; zweitens findet sich eine Anzahl von Körnchen mit einer ziemlich scharf begrenzten dunklen Pigmenthülle und einer helleren, regelmäßig begrenzten Innenzone, ebenso mit einem stärker pigmentierten Kern, der wieder in einer Außenzone dunkler, in einem Innern heller ist.

Auch hier zeigt sich überall, daß die größten Kristalle im Innern der Oolithkerne auftreten; hie und da liegt ein größerer Zentralkristall, besonders von Gips vor. Dieser Gips scheint in eine bestehende Höhlung eingewachsen zu sein, weil die benachbarten Kalzitkristalle, deutlich vergrößert, mit guten freien Kristallenden nach innen vorragend vom Gips umwachsen sind (vgl. S. 220, 4. A. 2. Abs.).

Im allgemeinen ist das Kalzitkorn gleichmäßig im Innern des Ooliths und die Verteilung der oft größeren Pigmentkörner ist ebenfalls ziemlich gleichartig an der Grenzfläche der Kristalle; nach dem Umfang der Oolithe zu findet wohl eine Verdichtung des Pigments statt, aber in kleineren Körnchen, wenn in größerer Dichte, dann auch in geringerer Dicke der Lage. Ich schließe daraus, daß die Schärfe der strahligen Struktur, welche ja z. B. bei den oben beschriebenen Formen 1—3 nicht zum mindesten in der Verteilung des Pigments beruht, bei den noch nicht umgewandelten Oolithen hier nicht so groß war. Ob hiermit die Unregelmäßigkeit des Umrisses der Oolithe zusammenhängt, oder ob, was mir wahrscheinlicher ist, das eine Folge der sekundären Umwandlungen (Hohlraumbildungen und Zusammendrückungen) ist, das ist nicht ganz sicher zu sagen; ich neige zu letzterer Auffassung.

Das Zement ist gleichmäßig grobkörnig gegenüber dem Kristallkern der Oolithe; da es offenbar in einer gewissen Zeit im Innengefüge stark gelockert war, so sind vor Erfüllung der zahlreichen Lücken mit Gips die Körner des Zements stark vergrößert und nach den Lücken hin in regelmäßigen Rhomboedern vorragend entwickelt, so daß im Schriff ganze, wie freie Rhomboeder vom Gips eingeschlossen erscheinen; der Gips gehört dem Schaumkalk nicht primär an.

5. Verschiedene Proben aus der Unteren Schaumkalkbank bei Würzburg.

Bezüglich der hier häufig mit einer sehr dünnen, schwach gelb gefärbten, dicht und sehr fein kristallisierten Kalzithaut umgebenen Oolithkörner selbst ist nichts wesentliches Neues zu betonen gegenüber dem Vorhergehenden. Nur scheint es hier deutlich, daß die ins Innere des Ooliths von den Stellen der fehlenden Tonhülle eindringende Kristallisation nicht erst nach völliger Umwandlung des Oolithkornes stattgefunden hat, sondern annähernd gleichzeitig mit ihr, doch so, daß die von innen heraus stattfindende einen Vorsprung hat. In einer äußeren, ockerig gefärbten Randverwitterungszone der Bänke zeigen sich höchst fragmentäre und zusammengedrückte Körner, wobei die ockerige Zersetzung sich an das Innere der soweit erhaltenen Oolithkörner hält. Das Korn des Zements ist unregelmäßig und ist entfernt von der Peripherie der Körner am meisten großkristallinisch.

Zwei Schriffe zeigen auch das Verhalten der Geschiebe, was wegen der „Pseudoolithfrage“ von Wichtigkeit ist; diese dunklen Geschiebe von mergeligem Kalk stehen hier in dem gleichen Gegensatz zu den Oolithkörnern, wie bei BORNE-MANN (Jahrb. d. Kgl. Pr. geol. L.-A. 1885 S. 277 Taf. IX Fig. 5) die „dunklen Mergelkörner“ und die gleichfalls „durch Friktion in bewegtem Wasser abgeschliffenen Fragmente kristallinisch körnigen Kalksteins“. Es sind dieser Pseudoolith von Eisenach und der fränkische Schaumkalk strukturell völlig gleichartige Gebilde, so daß ich der Deutung BORNE-MANN'S nicht beipflichten kann; ein Teil der Geschiebe bietet Querschnitte von Bohrröhrchen von 0,1—0,8 mm Durchmesser. Diese dunklen Geschiebe zeigen eine Randzersetzung, eine nicht ganz regelmäßige Pigmentanreicherungszone von flockigem bis flockigkörnigem Erz, welcher auf der Außenseite eine hellere Zone entspricht, die wenigstens heller ist wie der Innenkörper

des Gerölles; an einzelnen Stellen zeigt sich eine etwas größer kristallinische Umwandlung einer „Außenzone“ und eine Pigmentanreicherung unmittelbar am Rand des Gerölles; diese Umsetzung scheint also bald mehr nach außen, bald mehr nach innen vorzudringen; letzteres ist häufiger und das natürlichere; wir kennen das auch bei Oolithen in geringem Umfange, woselbst aber der umgekehrte Vorgang der verbreitetere ist. — Eine Verschiedenheit der Pigmentverteilung zwischen Zement und den Geschieben zeigt sich da, wo schwache Styolithenverzahnungen beide berühren; die Grenze zwischen Zement und Geschiebe hat eine dickere Ansammlung schwarzen Pigments (Ton, Limonit und Organisches), jene zwischen Zement und Zement lediglich eine aus der Umsetzung des beigeschlossenen Eisenkarbonats entstandene Limonitanreicherung, wie jene in der braunen Außenzone der oben erwähnten Schaumkalkbänke; genau die gleichen Anreicherungen bilden auch die übrigen Pigmentanhäufungen und -Verdichtungen; es sind Mischungen von Ton, Organischem und Brauneisen.

Fast alle Einschlüsse, wie Schalen, Geschiebe und Oolithkörner, haben hier einen Kranz strahliger gestellter Kalzitkriställchen.

6. Oolithe aus den Trochitenschichten der bayerischen Rheinpfalz (vgl. Geogn. Jahreshfte 1902 Taf. IV Fig. 9—10, S. 158).

Die Oolithkörner zeigen fast durchgängig einen sehr feinkörnigen und dichten Kalzitkern von unregelmäßig rundlicher, länglicher, oft fast eckiger, walzenförmiger Gestaltung, der jedenfalls keinen Anlaß zur Annahme einer vorhergegangenen Umwandlung gibt; in seltenen Fällen erkennt man im Innern großkristallisierte helle Spatmasse. Meist sind diese großen Kerne von einer im Verhältnis hierzu zurücktretenden, häufig dichteren, gleichmäßig strahlig-faserigen Hülle umgeben, welche seltener dick-kreisschalige Struktur erkennen läßt; die unregelmäßige Form des Kernes wird durch dieses Schalenwachstum etwas gerundet. An dieser unregelmäßigen Gestalt der Oolithkörner ist auch die nicht seltene Zusammensetzung als Viellinge schuld. Hier und da zeigt sich um einen kleinen Oolith einseitig oder allseitig ein Anhang einer neuen kernartigen Masse, welche nebst einem anderen Korn wieder von einer einheitlichen Hülle umgeben ist. — Die Masse ist von kleinen Styolithenzügen durchsetzt, welche öfters jene eigentümlichen Formen bei den Oolithkörnern erzeugen, die FRANTZEN l. c. 1887 Taf. III Fig. 2—4 als durch Wasserbewegung zerbrochene, zerquetschte und auseinandergezogene Oolithkörner, BORNE-MANN l. c. 1885 als eine Folge der „Corrosion in situ“ darlegt, welche die einzelnen Kalksandkörner erlitten hätten, „bevor noch die Zwischenräume vollständig von dem später eingedrungenen kalkigen Bindemittel erfüllt waren“. Beiden Deutungen kann ich nicht beistimmen. Die deutlichen Verbindungen der einzelnen Körnchen durch fast senkrecht zu deren Verlängerung stehende Linien, welche den nach BORNE-MANN entfernt §-ähnlichen Zug der Körnchen erzeugen, was l. c. in Taf. VII Fig. 1 gut erhalten ist, lassen es unzweifelhaft erscheinen, daß hier Styolithenverzahnungen vorliegen, welche die Körnchen in jener Richtung verschmälern, in der auch die senkrechten Verbindungen deutlich sind. KALKOWSKY bezeichnet derartige Wirkungen chemischer Auflösung nach der Erhärtung als Impressionsstruktur (vgl. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1908 Bd. 60 und N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1908 Bd. II S. 114).

Das Zement ist meist völlig umkristallisiert; es ist auch bis auf geringe Zwischenfugen strahlenförmig zu der Oberfläche der Oolithkörner orientiert. Die Entfernung der Körnchen ist nicht gering; Prismenschichten von Bivalvenschalen

und Enkrinitenfragmente zeigen gute Erhaltung, während Aragonitschicht und Aragonitschaler alle körnig umgewandelt sind, auch im Innern der Oolithkugeln.

7. Oolith unter der Trochitenregion von Rothenburg o. d. T. (vgl. oben S. 30).

Es zeigt sich große Ähnlichkeit mit dem eben beschriebenen Oolith, der nur etwas feinkörniger ist; der Kern der nicht immer ganz kreisrunden Körnchen ist öfters ein Schalenfragment oder ein Schälchen; es sind gelegentlich auch mehrere kleine Oolithkörner. Sehr häufig ist aber der Kern auch hier ein außerordentlich feinkörniges Aggregat ungeordneter Kalzitkörnchen, welches derart in allen verschiedenen Auftreten übereinstimmt, daß es offenbar in ursprünglichem Verhalten überliefert ist; diese Masse ist auch die Zwischenklemmasse der Viellinge; die Oolithkruste ist oft nur eine ganz dünne, radialstrahlige Haut; die Faserung ist sehr deutlich, aber unterbrochen durch geringer deutliche oder unrein erscheinende, nicht struierte Strahlen; gleiches gilt von dem hier ebenfalls recht scharfen Schalenaufbau. Beide Bauelemente, Fächerung und Schalung machen, wie der Kern, den Eindruck sehr ursprünglicher Erhaltung; nur vereinzelt zeigt sich in diesem eine körnige Umkristallisation. Auch hier ist der Zwischenraum zwischen den Körnern klein und das Zement ist zum Teil körnig-strahlig nach den Oolithen gerichtet, zum Teil in der Mitte weiterer Zwischenräume feinkörniger umkristallisiert. Bei bester Erhaltung ihrer beiden Bauelemente sind aber doch die Aragonitschalen im Innern der Kugeln völlig umgewandelt; im Innern diese Schalen zeigt sich größeres Korn. — Das Vorkommen vereinzelter Kriställchen nach Art von Zölestin oder Baryt im Kern der Kugeln wird unten besprochen.

8. Oolith aus der Trochitenregion von Ravensberg bei Veitshöchheim.

Dieses Gestein enthält neben den Oolithkugeln nicht selten Fischrestchen und Baukörperchen von *Rhizocorallium*, welches Korn sich nicht viel von dem des Kerns der Oolithkugeln unterscheidet; der letztere nimmt durchschnittlich zwei Drittel des Halbmessers der Kugeln ein und ist von der feinfaserigen Hülle scharf abgegrenzt; die Faserung zunächst des Korns verhält sich ganz gleich jener zunächst des Umfangs, das Korn des Kernes ist auch in den meisten Fällen innen und außen höchst gleichmäßig klein und dicht gesetzt. Das gleiche gilt vom Zement, das sich etwas leichter aufhellt wie die Oolithkörner. Unregelmäßige Aderzüge stärkerer Metamorphose gehen durch die Masse, ohne an nahe gelegener Umgebung Umwandlungen ausgelöst zu haben.

9. Oolith aus der Region des Trochitenkalks in der Umgegend von Kissingen (Taf. XI Fig. 30).

Die Oolithkörner sind schalig und strahlig gebaut; doch ist bei großer Ähnlichkeit mit den vorhergehenden beiden Strukturen der Bau etwas weniger regelmäßig und scharf; das Korn ist sehr feinteilig und dicht; es hat die gleiche Dichte wie die etwas weniger deutlich oder nicht struierten Partien im schalig-strahlig äußeren Abschnitt der Kugeln, welche Partien sich gegen das hellere Zement abheben; dieses ist auch stellenweise fast ebenso feinkörnig und bietet keine Anzeichen, die darauf schließen lassen, daß es umkristallisiert sei. An einzelnen Stellen ist in der Umgebung des Oolithkorns haubenartig ein Teil des Zements größer kristallisiert. Diese Hauben haben meist im Innern gröbere Kristallisation, außen nur ein weniger großes Korn, sie verbinden sich öfters mit aderartigen, ebensowenig scharf begrenzten Zügen gleicher Beschaffenheit; sie haben auch Fortsetzungen um die Oolithkörner herum, die wie Zersprengungswirkungen aussehen;

dies deutet auf eine Sprunglockerung des Gefüges, welche sich wie stets an die eingeschlossenen größeren Partikel hält und von einem zum andern springt. — Ein anderer Schriff von etwas anderem Gestein zeigt daneben noch Neigung zur Umkristallisation des Kerns in unregelmäßiger und größer körniger Ausfüllung. Auffälligerweise sind einzelne Oolithkörner miteinander durch eine dicke Brücke verbunden, welche die Beschaffenheit des Kerns hat oder die der Zwischenmasse (vgl. oben 6) der Viellinge; diese Brücke hebt sich gegen das Zement stark ab; es liegt also nicht allein an der Geschütztheit der Innenlage, welche den Zementkern von der Umsetzung hier und anderwärts mehr ausschloß, sondern auch in den Unterschieden in der Dichtigkeit zwischen beiden Massen; dieses Vorkommen beweist eine Entstehung der Oolithe an einem anderen Ort als dem der jetzigen Lage, dessen Sedimentierung auch der **Kern** der Oolithe entstammt. — Schalenreste sind, wie sonst meist, aber hier etwas weniger umkristallisiert.

Von Interesse sind Schriffe aus einer gleichalterigen Oolithschicht vom Staffelberg bei Kissingen; die Oolithkugeln zeigen häufig einen wechselnd ausgedehnten Kern dichter Struktur, doch füllt die radiale und schalige Struktur auch oft fast die ganze Kugel oder Walze, welche letztere dann stets einen länglichen, völlig umkristallisierten Schalenfremdkörper enthält; eine den Kernen ganz gleichartige Kornstärke zeigen auch die Füllungen kleiner Muschelschälchen. Viellinge sind häufig. Die Kugelkerne sind auch öfters großkristallisiert umgewandelt, wie die eingeschlossenen Schalenfragmente, die auch gelegentlich in ihrer Prismenschicht etwas bessere Strukturhaltung zeigen. Das Zement ist ebenso vorwiegend unregelmäßig großkristallisiert umgewandelt, jedoch zeigen sich auch weitgestreckte Partien in völlig ursprünglicher Kleinkörnigkeit in einem und demselben Schriffe. Häufig ist nun das Auftreten von sehr hellen Kristallen, deren Begrenzungsformen und Durchschnitte ganz an die oben Kap. 13 besprochenen Kristalleinschlüsse, vermutlich Zölestin oder Baryt, erinnern. Herr Landesgeologe A. SCHWAGER hat aber weder Strontium noch Baryum nachweisen können, dagegen im Rückstand einen starken Kieselsäuregehalt. Dr. M. SCHUSTER untersuchte die Dünnschiffe und den Rückstand unter dem Mikroskop und fand der Analyse entsprechend gehäuftem Neuquarz, der durch reichliche Kalziteinschlüsse in den optischen Verhältnissen etwas ungewöhnlich erscheint.

Ich habe hierzu ein höchst auffälliges Verhalten dieser Kristalle und ihres Vorkommens anzuschließen; sie treten sehr häufig in den noch nicht umkristallisierten Resten der Bindemasse auf und ragen unberührt in die umkristallisierte Masse hinein. Es offenbart sich auch, daß sie vorzugsweise in solchen Partien des Zements auskristallisierten, die durch gewisse Dichtigkeit oder durch Isolierungen eine Stauung der Lösungen und somit auch eine Erhöhung der Adsorption verursachen; so finden sich auch größere Täfelchen in Masse in einer tonigen Schliere (vgl. Profil Sommerhausen S. 24 Abs. 6); hierfür scheinen auch die Füllungen der kleinen Gastropoden und starkgewölbter Bivalvenschälchen zu sprechen, in denen die Kriställchen sich häufig anreichern; andererseits wirken so in gleicher Weise auch die Kerne der Oolithkugeln, wo die Kristallausbildung besonders reichlich ist. Von diesen dichteren Stellen inmitten und in der Umgebung der Kügelchen durchsetzen nun auch die Kristalle die faserigen und strahligen Strukturen, doch so, daß nicht die geringste Störung dieser Bildungen zu bemerken ist und der Kristall haarscharf an den Fasern und Schichtlinien absetzt. Wie das möglich ist, das geht daraus hervor, daß bei genauer Prüfung

der sonst sehr hellen Kristalle die Spuren der Faserung und Schichtung des Oolithaufbaus noch im Innern des Kristallkörpers deutlich zu erkennen sind; es sind das jene Einschlüsse in den Schalen und zwischen den Fasern, welche nicht oder unreiner, mit Pigment umhüllter Kalzit sind, also bei völlig metasomatischem Ersatz der Kalzitmasse durch das Kristallwachstum mit umschlossen wurden. So werden auch die kleinen Quarzkristalle sofort trüber, wenn sie aus der kalzitischen Binde- masse in die Oolithkörner eintreten; in größeren tafelförmigen Kristallquerschnitten eingeschlossene, völlig aufgezehrte Oolithkörner lassen sich noch in einer runden wolkenartigen, gelbbraunen Trübung ganz deutlich nachweisen. Da, wo die erwähnte tonige Schliere hindurchgeht und sie durchwachsen wird, da ist das Wachstum der Kristalle im Innern skelettartig zellig, wobei die seitlichen Ränder bis auf einen Strich verdünnt sein können, der aber völlig glashell bleibt; sehr viele Quer- und Längsschnitte zeigen im Innern körnige Einschlüsse von Kalzit bei völlig glashellem äußeren Rand; auf andere ähnliche Erscheinungen kommen wir noch zurück.

Von hohem Interesse sind die Kalziteinschlüsse besonders an jenen Stellen des hauptsächlichsten Zuwachses der verlängerten Kristalle, wo Teile des Zements oder die Molluskenschalen umwachsen werden. Es entstehen zuerst kleine Zwischenräume zwischen den Zementkörnern, zwischen welche die Substanz des umschließenden Kristalls hineinzufließen scheint; nach dem älteren Teile der Kristalle zu werden die Einschlüsse kleiner und erhalten oft walzige, wurmförmige, schlauchartige, mehrfach eingeschnürte Gestalt; ihre Oberfläche ist im ganzen glatt gerundet, hat aber vielfach rundlich-knollige und warzige Unregelmäßigkeiten. Diese Gestaltungen weisen auf starke Korrosionserscheinungen hin bei der Umwachsung und metasomatischen Verdrängung des Kalzits, welche unmittelbar am Rand des wachsenden Kristalls erst stattfindet, unmittelbar außerhalb davon aber noch keine Spuren erkennen läßt. — Es zeigt dies auch für die Oolithumbildung wichtige Resultat, wie örtlich eine Lösung erst an der Stelle einer Ausscheidung sich wirksam erweisen kann, daß eine beginnende Ausscheidung an einer bestimmten Stelle erst jene Steigerung ihrer Wirksamkeit erzeugt, welche dann auch die Umwandlungen selbst einleitet, die zum Vorwachsen der ausscheidenden Masse nötig sind; zugleich sind aber dadurch die übrigen Stellen vor diesen Umwandlungen geschützt, so daß völlig unberührte Stellen neben völlig umgewandelten liegen (S. 167). — Es hat den Anschein, als ob eine mit einem Lösungsgehalt beschwerte Flüssigkeit an der Stelle der Ausscheidung dieses Gehalts frei wird für andere Auflösungswirkungen, die Moleküle hier eine außerordentliche Wirkungskraft zu neuen Lösungsvorgängen erhalten.

Von Interesse sind die Aufschlüsse über den Zeitpunkt der Ausscheidung dieser Neuquarze. Daß die schon metamorphosierten Aragonitschalen und der völlig umgewandelte, zum Teil großkörnige Zement von den Quarzen umwachsen wird, d. h. die Umwachsung durch die Einschlüsse den schon älteren Umwandlungsprozeß deutlichst verraten ist, das darf nicht wundernehmen. Wir haben zwar diese Umwandlungsform allgemein als das Werk der Metamorphose angenommen; die von E. PHILIPPI nach SKEATS und seinen eigenen Untersuchungen dargelegten Resultate über die Karbonatumwandlungen an vielen der Gegenwart angehörigen Riffvorkommen lassen erkennen, daß derartige Umbildungen von Aragonitschalen und von Kalzitschlamm in verhältnismäßig früher Diagenese auftreten kann. — Hierzu tritt aber noch, daß in dem Oolithkalk vom Staffelberg ausgesprochene Kalzitgängen und Spitzen(Druck)suturen mit ihrer limonitischen Bestegen von den Quarzen

durch- und umwachsen sind, daß sich besonders letztere schön in der Quarzmasse erhalten haben. Die Ausscheidung ist also keine so frühe gewesen, sie gehört der Metamorphose des Gesteins an. Da sie in sonst Hornsteine führenden Schichten auftritt,¹⁾ das leitet darauf hin, daß diese die Urschubstanz des Quarzes sind. Da trifft es sich mit obigen Beobachtungen über die Spitzensuturen, daß ich in den gleichen Schichten, allerdings in den oolithischen Trochitenkalken der Rheinpfalz (Geogn. Jahresh. 1902 S. 166) reichliche Auflösungen großer Raumteile der Hornsteinknollen bei der Styolithen-(Zapfensuturen-)bildung nachweisen konnte. Herr Landesgeologe SCHWAGER erinnert mich hierbei daran, daß Quarz in Kalksteinen allmählich durch NaCl-haltiges Wasser unter Bildung von Natriumkarbonat aufgelöst werden und ebenso wieder unter Auflösungserscheinungen von Kalk zur Ausscheidung kommen kann; daß diese Möglichkeit in den Trochitenschichten sehr nahe liegt, braucht nur berührt zu werden; habe ich doch auch l. c. 1912 auf gewisse gemeinsame Färbungseigentümlichkeiten der Tonkappen der Styolithen der Trochitenschichten der Rheinpfalz mit jenen in den anhydritischen und salzhaltigen Kalkmergeln von Bergreinfeld und den Anhydritknottenschiefer von Mellrichstadt hingewiesen.

Ich teile hier noch die oben einleitend erwähnte Analyse, die Herr Landesgeologe A. SCHWAGER ausgeführt hat, mit:

Oolith	Der Rückstand nach Essigsäurelösung:
aus dem Unteren Hauptmuschelkalk	80,07 SiO ₂
von Staffelberg bei Kissingen	Spur TiO ₂
92,92 CaCO ₃	10,15 Al ₂ O ₃
1,68 MgCO ₃	4,32 Fe ₂ O ₃
6,68 Quarz, Ton, Org. etc.	0,09 MnO
<u>101,28</u>	0,55 CaO
	0,16 MgO
	<u>4,72 H₂O + Org.</u>
	100,06

Das Zement ist in einem Teil der Schiffe der Oolithe vom Staffelberg und Wendelinusberg recht feinkörnig und wenig umgewandelt; an anderen Stellen finden sich in allmählichem Übergang Umkristallisationsanzeichen, welche Reste primären Zements umgeben und diese in weiterem Verlauf allmählich ganz verdrängen. Es ist unverkennbar, daß diese Umkristallisation in der Umgebung selbst völlig intakter Kugeln beginnt und nach innen vordringt; hierbei sei auf die vorher erwähnten Erscheinungen an dem Oolith vom Wendelinusberg verwiesen. Ebenso deutlich ist, daß in den großkristallisierten Partien die mittleren Teile am stärksten verändert sind. Das gleiche gilt für die eingeschlossenen Schalenreste; die Aragonitschalen unter diesen Schalenresten sind am stärksten verändert wie stets; die Prismenlagen sind wohl auch etwas umgewandelt, aber nicht viel. Auch die von der Oolithbildung umwachsenen Schalen verhalten sich gleich denen, die frei im Zement liegen; die Aragonitschalen sind sämtlich im Kerne der Oolithkugeln verändert, ohne daß der Oolithaufbau auch nur geringste Anzeichen der Umwandlung erkennen ließ.

Diese Beobachtungen über die wechselnde Umbildung des Zements gilt nicht von einzelnen Ansammlungen von Oolithkörnchen und Schalen, welche in runderlicher Begrenzung, mit einem viel dichteren Zement verbunden (dem Kern der

¹⁾ H. FISCHER führt diese Quarzneubildungen auch (Geogn. Jahresh. 1908 S. 7 u. 35 in den Hornsteinschichten an.

Oolithe und der Füllung der Schalenhöhlungen gleich), mitten in der übrigen Masse liegen; ich halte sie für transportierte Massen und denke hierbei an die primäre Bildungsstätte der Oolithe, die jedenfalls nicht die ihrer jetzigen Fundlage sein kann.

Kap. 33. Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse der Untersuchung der Oolithe des Muschelkalks.

Die Oolithkugeln haben fast durchgängig einen Kern, der entweder ein Schalenfragment ist oder ein wohl abgegrenztes rundliches Agglomerat feiner Kalzitkörnern, die sich nur durch ihre etwas größere Feinheit und Dichte der Zusammenfügung von dem umgebenden Zement etwas unterscheiden; in ganz einzelnen Fällen, wo aber nachweislich der Kern der Kugeln etwas verändert ist, erscheint das Verhältnis umgekehrt, jedoch ist auch da das Korn des Bindemittels für sich sehr fein und dicht, woraus sich die erhaltene Ursprünglichkeit erklärt. In einem für sich stark „umgewandelten“ Zement können endlich umgewandelte Oolithkugeln fast aufgehen. Spuren davon, daß etwa der feinkörnige Kern der Kugeln durch Zerfall von Oolithstruktur, als ob etwa das feinkörnige Zement durch Zerfall von Oolithkörnern entstanden wäre, haben sich nirgends finden lassen; vielmehr erscheint der Ausgangspunkt der Erklärung aller Umwandlungserscheinungen in diesen Gesteinen die sich natürlich aufdringende Auffassung der Ursprünglichkeit des feinen Kornes der Kugelerne und des feinkörnigen Zements. Für die Verschiedenheit dieser beiden aber lassen durch Zement verbundene Viellinge mit und ohne schalige Umhüllung die Anschauung aufkommen, daß die Kerne und die diesen gleichartige Verbindungsmasse der Viellinge der Schichtgrundmasse einer anderen Ablagerungsregion entstammen, wo sich die Oolithe bildeten und von wo her sie verfrachtet wurden. Entweder sind sie an der Stelle ihrer jetzigen Auffindung mit anderer Schichtgrundmasse verschwemmt worden oder ihre zuerst feinkörnige Schichtgrundmasse hat schon bei der langsamen Verfrachtung eine geringe Kornvergrößerung erfahren, von welcher das Korn des Oolithkerns ausgeschlossen war. Eine häufig der Zersetzung widerstehende äußerst dichte Hülle der Oolithkugeln könnte vielleicht als eine Parallelbildung zu dieser Kornvergrößerung betrachtet werden. Ich möchte beinahe eher an erstere Möglichkeit glauben, da für einzelne Oolithvorkommen mit ihren oft reichlichen Pigmenteinschlüssen gewiß eine eigene Umgebung anzunehmen ist; ich sehe diese Umgebung in einer schwerflüssigen, trüb-muddeligen Kalkschlamm-Masse, in der die Ausscheidung unter allseitig möglichen Einschlüssen von jenen die Struktur radial und schalig unterbrechenden und durchdringenden Unreinigkeiten denkbar ist, ebenso wie örtliche, nicht struierte Erhärtungen kleinster Massen, welche die Kerne bilden, für sich entstehen können. Ich habe schon bezüglich dieser Ähnlichkeit auf die Auskristallisation der Nagelkalke und Tutenmergel aufmerksam gemacht (vgl. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1908 S. 134).

Alle Umwandlungen, welche die Oolithe erlitten haben, lassen sich als großkörnige Umkristallisation kennzeichnen, welche in ganz gleicher Weise struierte und nicht struierte Teile der Oolithkugeln, das Zement oft gleichzeitig ebenso wie auch die beigemengten Schalenfragmente ergriffen hat; hierbei zeigt sich auch die gleiche Erscheinung der seitlichen Verdrängung der pigmentierenden Unreinigkeiten, wie solche BECKENKAMP bei ähnlicher Gelegenheit der Besprechung von Umkristallisationen des ursprünglichen Kalks zu etwas großkörniger Kalzitmasse er-

wähnt. Die Lage der Verdrängung solcher Massen könnte auch als leitend für die Richtung genommen werden, aus welcher die Umkristallisation begann und in der sie fortschritt.

Für die Oolithkörner ist es nach den Struktureigenheiten gar kein Zweifel, daß die Umkristallisation von der Mitte der Kugeln aus stattfand und gegen die Peripherie vorrückte; so wird eine mehr und weniger regelmäßige Pigmentanreicherung nach dem Umfang der Kugel verlegt. Diese Anreicherungszone bildet dann, wo die oben erwähnte äußerste dichte Hülle fehlt, die blasenartige Hülle der sogen. Entoolithe. Die Tatsache, daß die Entoolithe aus typischen Oolithen hervorgehen, hat schon KALKOWSKY kurz mit Recht behauptet. Was den Begriff Pseudoolith betrifft, so hat er insofern seine Berechtigung, als es ja wirklich in den Geschiebekalkbänken Körnchen gibt, welche nichts weiter sind als sehr verkleinerte ovoide Geschiebe (vgl. z. B. auch Geogn. Jahresh. 1904 S. 23 Fig. 1); ein großer Teil aber der z. B. von BORNEMANN als Pseudoolithe bezeichneten Gebilde, „Geschiebe“ eines kristallinen Kalksteins, sind von entoolithartiger Entstehung.

Was nun den Vorgang bei dieser Umwandlung betrifft, der eigentlich einer anerkannten und oben bei der Besprechung der Durchsinterungstreifen eingehend erörterten Tatsache, der Umwandlung von außen nach innen entgegensteht, so sind hier Gesichtspunkte zu vertreten, welche auch zum Teil für jene gelten, und welche es ermöglichen, beide scheinbar widersprechenden Tatsachen einheitlich zu betrachten.

Die Oolithkugeln werden offenbar von irgend welchen umwandelnden Lösungen allseitig gleicherweise umgeben; bei dem Umfang der Einwirkung in einer dicken Schicht ist der Oolithkörper so gering, daß jener allseitig gleich angenommen werden kann. Hierdurch findet in dem Mittelpunkt der Körner bei einer vielleicht sonst nicht zur Ausscheidung geeigneten Durchsetzungsfeuchtigkeit eine Gesamtstauung unter Druckerscheinungen statt, welche zu Auflösungen und zur Umkristallisation führt. Hierfür dürfte eine der Literatur entnommene Tatsache von Wichtigkeit sein, auf welche mich, als zu meinem Interessenkreis gehörig, Herr A. SCHWAGER aufmerksam machte. Nach dem Chem.-techn. Repert. d. Chem. Zeitg. 1909 S. 632 fand man bei der Reparatur eines Piltz'schen Ofens einer Bleihütte die feuerfesten Steine in Bleiglanz umgewandelt und zwar im Innern der Steine am stärksten, weniger vollständig nach außen zu und an der Oberfläche gar nicht. Um die Analogien vollständig zu machen, muß noch erwähnt werden, daß der Mörtel der Steine, der aus feuerfestem Ton bestand, ebenfalls seiner ganzen Masse nach in Bleiglanz verwandelt war!

Das letztere ist nämlich häufigst bei den Oolithgesteinen der Fall, daß das Zement ebenfalls völlig umkristallisiert ist und zwar auch wieder von den intakten Oolithhüllen aus nach den Innenräumen des Zwischenmittels hin; dies ist aber auch bei Gesteinen häufig, welche lediglich Schalenreste enthalten.¹⁾

Dies führt zu der Anschauung, daß die Durchleitung der verändernden Flüssigkeit nicht ganz gleichmäßig die ganze Masse ergreifend durch das Gestein hindurchgeht, sondern sich an die kleineren und größeren, allerdings gleichmäßiger verteilten Einschlüsse hält, welche jedenfalls bei Druckerscheinungen und Erschütterungen, welche die Gesteine erleiden, sich von dem Bindemittel (S. 224) etwas lockern; hierdurch wird auch eine rasche, zum mindesten gleichmäßig verteilte

¹⁾ LIEBETRAU l. c. S. 755 erwähnt auch, daß mit der Zunahme der Einschlüsse auch die Kristallinität des Bindemittels wachse; er bringt dies in Zusammenhang mit dem Begriff vom „ergänzenden Zement“.

Durchtränkung des Gesteines möglich. Im Falle der Durchsinterungsstreifen in dichteren Gesteinen tritt diese gleichmäßige Massendurchtränkung nicht ein, infolge davon ist das Vordringen immer ein streifig-flächenhaftes. — Von Wichtigkeit ist aber, daß die Durchsinterungsstreifen da sofort unterbrochen werden, wo sie die reichlich Fossilien führende Bank durchsetzen und seien es auch millimeterdünne Schichtchen mit Ostrakodenschälchen.

Hierdurch werden auch die im Laufe des Vorhergehenden mehrfach erwähnten Lokalisierungen der Metamorphose klarer, entweder die Beschränkung auf das Zement oder jene auf die Oolithe.

Diese innerlich zerstreute Ortsbeschränkung der Umwandlung gilt allerdings nicht für alle Oolithvorkommen; der Schaumkalkoolith hat sie seltener; wenigstens ist für einen Fundort die Metamorphose viel gleichmäßiger. Daß der Schaumkalkoolith so häufiger gleichartige Entoolithe erhalten hat, das könnte vielleicht im Zusammenhang mit den stark drehrunden Gestaltungen für BORNEMANN'S Ansicht angeführt werden, daß man es hier gar nicht mit echtem Oolith zu tun habe, sondern mit einem „Pseudoolith“; es ist aber auch aufrecht zu halten, daß die obere Schaumkalkbank vom Bergheinfelder Profil Anhaltspunkte genug bietet, die Abstammung von einem Schalenoolith festzustellen. Ich sehe die in den Schalenbänken des Wellenkalks so häufigen Entoolithumwandlungen nur als eine Folge des in diesen Bänken (den Einschlüssen als auch der geringen Dichtigkeit nach) stärkeren Lösungsdurchzuges an, der wie beim Trigonoduskalk die Gesamtkristallinität außerordentlich vermehrt und dabei auch alle primären Schalen- und Faserstrukturen organischer Reste zerstört hat.

K. KRECH hat in einem „Beitrag zur Kenntnis der oolithischen Gesteine des Muschelkalks um Jena“ (Jahrb. d. Kgl. Pr. Geol. L.-A. zu Berlin 1909. XXV. T. I H. 1 S. 59—133) wichtige Untersuchungen über die Oolithbildungen bzw. Umbildungen veröffentlicht, welche hier am Schlusse der gegenwärtigen Abhandlung noch etwas eingehender als andere inzwischen erschienene Untersuchungen berücksichtigt werden können. Er unterscheidet „Oolithoide“ (unsere Entoolithe) und Oolithe; erstere sind nach seiner Ansicht Aragonitoolithe gewesen, letztere sind nicht so wesentlich veränderte, primäre Kalzitoolithe. Er stützt diese Ansicht darauf, daß gleichzeitig mit der Umwandlung des nicht mehr erhaltenen, aber hypothetisch geforderten Aragonits in den Oolithen auch die Aragonitschalen in Kalzit oder Dolomit umgewandelt seien, dagegen die kalzitische Grundmasse und kalzitischen Schalenreste bzw. -Teile dies nicht zeigen.

Wir wollen nachträglich prüfen, wie diese Anschauungen mit den tatsächlichen Verhältnissen bei den geschilderten Oolithbildungen Frankens stimmen.

Wir haben eine Anzahl „Kalzitoolithe“ beschrieben, wo die eingeschlossenen Aragonitschalen völlig umgewandelt sind, die Oolithstruktur dagegen gar nicht; mit den ersteren aber zugleich ist das ganze Zement umkristallisiert; nicht nur das Zement des Gesteins, sondern auch jenes der Oolithbeutel und Viellinge! — Man müßte darnach schließen, daß das Zement ebenfalls ganz aus Aragonit bestand (Trochitenkalk der Rheinpfalz, Oolith dieser Region von Rothenburg). Andere „Kalzitoolithe“ zeigen die stärkste Kernumwandlung und Metamorphose der Grundmasse, welche dem Grad der Umwandlung der Aragonitschalen ungefähr entspräche, selbst innerhalb eines Schliffes in höchst und stets völlig übergängiger Weise, so daß gar kein Anlaß zu einer grundsätzlicheren Änderung innerhalb der Zusammensetzung der Grundmasse vorliegt; gleichzeitig sind die Aragonitschalen verwandelt

und Kalzitschaler nicht (Staffelberg). Von ganz nahegelegenen Fundpunkten in dem gleichen Horizont ist die Grundmasse völlig intakt, die Aragonitschalen aber im höchsten Grade der Umwandlung; die Kalzitoolithe sind zum Teil ebenso intakt, sowohl an gleichen Schliffen als an mehreren Schliffen des gleichen Handstückes, zum Teil aber auch wie in einem Zerfall der Radialstruktur, in allen Stadien innerlich zu einer mittelkörnigen bis fast grobkörnigen Masse umgewandelt, deren größere Körner entweder im Mittelpunkt des ganzen Kerns liegen oder Mittelpunkte verschiedener Umwandlungspartien bilden (Wendelinusberg).

In diesen beiden Fällen verbietet sich die Annahme, daß die grobkörnigeren Teile des Zements und auch gleichzeitig die einzelnen Teile der umgewandelten Oolithstruktur Aragonit waren, wie die gleichartig umgebildeten Aragonitschalen, ganz von selbst. Wir glauben aber auch, die große Wahrscheinlichkeit dargelegt zu haben, daß Oolithoide, wie die des Schaumkalks in der Unteren Schaumkalkbank von Bergrheinfeld gar nicht aus radialstrahligen Oolithen entstanden sind, sondern aus unregelmäßig randschaligen Kugeln.

In dieser Hinsicht ist nun auch das Vorkommen des Übergangs von tatsächlich mehr randschaligen Oolithen zu richtigen Entoolithen oder Oolithoiden in der den obigen Vorkommen zeitlich äquivalenten Oolithen aus den Salzlagern Frankens von Wichtigkeit; hier tritt auch noch ein Oolith aus den Myophorienschichten ergänzend hinzu, der bemerkenswerterweise weniger den Typus des Ooliths der die Fossilien führenden Schichten an oder über der oberen Grenze des Mittleren Muschelkalks hat, sondern jenen des in dem Salz-Anhydritstock eingeschlossenen. Auch hier überwiegt die kugelschalige Struktur sehr stark, die ganz primär erscheinende strahlige Anordnung zeigt sich in einer zum Teil nur schwachen und sehr feinen Anordnung von Kalzitkörnern und Pigment, nur in der äußeren Zone findet sich eine grobe Speicheneinschaltung; beide Anordnungen stehen überhaupt stets im umgekehrten Verhältnis zueinander. Die zahllos vorhandenen Übergänge zu Entoolithen zeigen, wie ganz allmählich durch Vergrößerung und Verschmelzung der Kalzitkerne von innen nach außen der Entoolith wird, ohne daß irgend eine ältere Struktureigenheit entschieden und unzweideutig auf Aragonit verwiese.

Dann ist noch zu erwähnen, daß erstens eine außerordentliche in vielen einzelnen Körnern sich äußernde Strukturfeinheit erhalten ist, trotzdem bei Hochhausen die Aragonitschalen völlig umgewandelt sind; daß 2. an diesem Fundort eine von innen nach außen abnehmende grobe Strahlenstruktur nur in den auch anderseits umgewandelt erscheinenden Kugeln auftritt, also eine Folge der Umwandlung ist, welche auch mit einer Höhlenbildung im Innern sich verbindet und mit ihr endet; drittens ist es eine wichtige Tatsache, daß die Oolithkörner von Bergrheinfeld, die sich zweifellos in salinischen Gewässern bildeten und sich hier und in dem Kleinlangheimer Vorkommen unter ständiger Anreicherung von zugeführtem Solewasser umgebildet haben und zum Teil auch durch salinische Ausscheidungen ersetzt wurden, daß hier, jedenfalls unter dem Einfluß des Fehlens von Kalzit-lösenden und wieder absetzenden Flüssigkeiten, der ganze Oolithkern offenbar unter Verbleib der ursprünglichen Substanz in einen einheitlichen Kristall verwandelt wurde, ohne daß die Struktur etwas von ihrer großen Feinheit verloren hätte. Diese Umwandlung in Kalzit als aus Aragonit hervorgehend anzunehmen, ist nicht angängig, da jede Umwandlung eines Aragonitschalers eine Umkristallisation und eine völlige Verheerung oder Vergrößerung mindestens der feineren Strukturverhältnisse mit sich bringt. Nun könnte ja wohl die Masse

selbst noch Aragonit sein, und es ist nicht zu leugnen, daß, wenn irgendwo die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit zur „fossilen“ Erhaltung von Aragonit gegeben sind, sie in einem Oolithlager inmitten eines salinischen Stockes, also hier vorliegt.¹⁾ Herr Dr. MÜNICHSDORFER hat nun auf meinen Antrag hin die Oolithmasse, zugleich mit einem anderen sicheren Aragonitschaler zum Vergleich, nach dem MEIGEN'schen Verfahren und zwar sowohl den Dünnschliff als das Pulver untersucht; es hat sich aber als Kalzit erwiesen. Die Feinstrahligkeit der Kalzitelemente der Oolithe von Bergtheinfeld ermöglichte also, ohne weitere Änderung der Struktur, die Umwandlung des Oolithkorns in einen einheitlichen Kalzitkristall; das kann aber für einen ursprünglichen Aragonitoolith nicht wohl angenommen werden.

Ich komme daher zu der Schlußfolgerung, daß für unsere fränkischen Vorkommen die Entstehung von Oolithoiden aus Aragonitoolithen nicht angenommen werden kann. Für die Umwandlung der Oolithe von innen nach außen haben wir (S. 228) eine andere Erklärung gegeben; ich halte den Vergleich mit hohlen Geschieben, welchen SCHELLBACH für die Umwandlung der Schaumkalkoolithe wählt, für nicht unangebracht. Auch die von uns mehrfach und eingehend besprochene Auskristallisation von Neuquarz inmitten von Oolithen, Schalenfüllungen und anderen rundlichen Zusammenballungen, die Ausscheidung von Erzen, von Zölestin und Ockerkalk im Innern von rundlichen eingeschalteten Körpern (seien es nun kleinste Baukörperchen von Wurmröhren oder große Stengelgebilde) oder von Höhlenfüllungen meist mit feinkörnigerer Füllmasse, verweisen auf dieselben Umstände einer unter allseitigem Druck geschehender, mineralisch-chemischer Zentralisation im Innern für sich bestehender, von der Zuleitungsmasse einer Gesteinsbank geschiedener Einschaltungskörper. Dieser eigentümlichen Mittenwirkung steht andererseits wieder eine höchst merkwürdige Ortsbeschränkung der Ausscheidungen zur Seite, für welche wir in den Umwandlungsformen der Ockerkalke und Oolithschichten mehrfach bemerkenswerte Beispiele (S. 167, 219, 225) angeführt haben.

Eine zweite ganz neuerdings erschienene Abhandlung von FR. GAUB behandelt die Jurassischen Oolithe der schwäbischen Alb (KOKENS Geol. und Pal. Abhandlungen N. F. Band IX, H. 1, 1910) in sorgfältiger und wertvoller Bearbeitung der Tatsachen mit zehn schönen Tafeldarstellungen. Nach GAUBS Ansicht sind die hier in Betracht kommenden Kalzit-, Brauneisen- und Chamositoolithe alle zuerst Kalzitoolithe mariner Entstehung gewesen. Obwohl zugegeben wird, daß gewisse der Brauneisenoolithe sehr wohl als primäre Bildungen betrachtet werden könnten, und überhaupt die Möglichkeit der Entstehung primärer Brauneisenoolithe nicht bezweifelt wird, glaubt GAUB, daß diese jurassischen Oolithe einer späten Metathese des Kalzits durch die Zersetzung des dem Gestein reichlich beigemengten Pyrits eingeleitet und unterhalten sei. Trotzdem das Für und Wider von dem Autor sorgfältig behandelt ist, glaube ich, daß den vielen Gründen für seine Ansicht manches an Gewicht genommen, den Gründen dagegen manches an Bedeutung zugeschlossen werden könnte. Man könnte aus der Fülle des Gegebenen auch zu folgender Ansicht ohne Zwang gelangen: Es handelt sich um einen außerordentlich feinschalig angelegten Limonitoolith, dessen Ausscheidung aus kolloidaler Lösung auch durch den Einschluß von amorpher Kieselsäure und die wichtige septarienartige Zersprengung (Erhärtungsrisse) nahegelegt wird. Das ausgiebigste Dickenwachstum der Kugeln zeigt sich da, wo

¹⁾ Vgl. KRECH l. c. S. 97: Kalk scheidet sich als Kalzit in salzarmem oder salzfreiem Wasser aus; im Süßwasser geht die Paramorphose von im Meer gebildetem Aragonitoolith in Kalzitoolith relativ rasch vor sich.

wenig gröbere Skelettfremdkörper im Sediment sind; die Anzeichen eines Transportes sind unverkennbar, hierbei werden die Oolithkörner längs ihrer Trockenrisse zertrümmert, die sektorenartigen Teile werden von neuem mit Limonitschalen umhüllt, wo sich auch Viellinge bilden. Die Kontraktion der Körner wirkt nun nach der Einbettung noch immer fort und so entstehen in der Peripherie Lücken, die später mit Kalzit und Pyrit erfüllt werden. Die Karbonatlösungen dringen nun auch von außen nach innen in den Oolithkörnern vor, sowohl nach den strahligen als nach den schaligen Zersprengungsfugen und bilden nachträglich einen undeutlich struierten Karbonatoolith, wobei Lamellengrenzen gerade so undeutlich werden, wie die radialen Spaltfugen; die Verwitterung dieses Kalzitooliths läßt infolge des Einschlusses von Eisenkarbonat die Körner sich nachträglich bräunen, wie im Laufe der Metamorphose das Gelgemenge von Brauneisen und Kieselsäure sich dem stabileren Chamosit nähert. Der Ersatz dieses Gelgemenges durch Kalzit mit zum Teil beigeschlossenem Eisenkarbonat ist jedenfalls ein seltener, meines Erachtens kein allzu schwierig vorzustellender Vorgang; man muß sich nur vor Augen halten, daß wohl ganz ursprünglich der Limonitoolith noch nach der hohen Adsorptionsfähigkeit für CO_2 , außer fein verteiltem Eisenkarbonat auch dieses Gas reichlich neben organischen Hydrogelen beigemischt enthielt, daß nach der Zersprengung nicht nur die Wirksamkeit der ein- und beigeschlossenen Stoffe, sondern auch der Zuführung von außen in hohem Maße gegeben war; das Eisen, das hierbei aus dem Oolithkorn entführt wurde, konnte zum Teil in dessen nächster Umgebung als Schwefeleisen niedergeschlagen werden.

Im Anschluß hieran sei noch ein Überblick über die neuesten Auffassungen bezüglich der Entstehung der Oolithe beigefügt.

SCHADE hat (vgl. Heft 5 1909 der Kolloid-Zeitschrift) auf die große Ähnlichkeit der Harnsteine mit den Karlsbader und anderen Erbsensteinen hingewiesen und deren Schichtung mit guten Gründen als eine Eigenart der Kolloidfällung angesehen. DITTLER hat (Kolloid-Zeitschrift Heft 6 S. 277) die Kolloidnatur der Erbsensteine durch Färbeversuche bestätigt und CORNU und LEITMEIER erkennen an, daß SCHADES Hinweis auf die Brauneisensteinoolithe mit Kieselsäurebeteiligung an der Oolithbildung völlig zuzustimmen sei, l. c. S. 290. Ich habe gleichfalls in meiner Bearbeitung der Brauneisenoolithe vom Kressenberg auf die Karlsbader Entstehungen ausführlich hingewiesen und andererseits gewisse stockartige Kalkgewächse aus dem Permkarbon, aus dem Tertiär der Rheinpfalz und dem englischen Rhät ähnlichen Gewächsen des Karlsbader Sinters gleich gestellt, dabei aber schon betont, daß die fossilen Gebilde mit den ihnen vergesellschafteten Oolithen auf einem „an faulenden pflanzlichen Organismen reichen, muddeligen Grunde“ entstehen (Geogn. Jahresh. 1902 S. 269). In einem Referate über weiter hierher zu rechnende Entstehungen aus dem belgischen Kohlenkalk nach GÜRICH und aus dem Unteren Buntsandstein nach KALKOWSKY habe ich weiterhin noch wichtige Parallelen mit den Karlsbader hervorheben können und nach einer Ergänzung über die permischen Oolithe (Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1908 II. S. 138) betont, daß diese Entstehungen wohl in dickflüssigen colloiden Lösungen stattgefunden hätten, welche nach den mir von LEDUC¹⁾ bekannt gewordenen Tatsachen auch eine gewisse zellige Anord-

¹⁾ Vgl. Monatsschrift für den natw. Unterricht I Bd. 2. H. 1908 S. 494; desgl. bezüglich der Entstehung von Sphärolithen in organischen Flüssigkeiten die HARTING'schen Experimente (1873 Verhdl. der Kgl. Akad. v. Wettensch. Amsterd.) und meine Feststellungen in fossilisierter Muskulatur l. c. 18 S. 569. H. FISCHER veröffentlicht in den Monatsber. d. D. G. Ges. Nr. 3 1910 S. 247 inter-

nung in dem Kalkabsatz zu erzeugen imstande wären. Diese Vergleiche und Vermutungen zeigten sich sehr kurze Zeit darauf von den Kolloidforschern SCHADE, CORNU, LEITMEIER und DITTLER durch eingehendere Untersuchungen bestätigt. — Hierbei wird nun auch die primäre Entstehung von Brauneisenstein-Kieselsäure-Oolithen begründet, welche ich 1895 und 1897 darlegte und l. c. 1908 S. 124 oben Zeile 4 und Anm. 1 gegen die Annahme, daß hier eine Substitution, sei es nach oolithoiden Kalkalgen (POMPECKJ, Geogn. Jahresh. 1901 S. 58 Anm. ¹) u. ²), sei es nach Aragonitoolithen (LINCK) vorläge, unbeirrt festgehalten habe.

Kap. 34. Über *Rhizocorallium*.¹⁾

Dieses problematische Fossil kommt im Wellenkalk Frankens in dem tiefsten Ockerkalk selten, häufiger in der Region der tieferen Enkriniten-Geschiebeebänke in fossilarmen Mergelschiefern, seltener in der Region der Terebratelbänke in den Schichten mit Pseudomorphosen, häufiger wieder im Liegenden und Hangenden der Schaumkalke in einer großen und einer kleinen Art, ebenfalls in den eigentlichen Wellenkalken vor. In den Myophorienschichten und im mittleren Muschelkalk scheint es zu fehlen. Eine Hauptverbreitung hat es aber im Hauptmuschelkalk; es kommt schon in den tieferen oolithischen Schichten, allerdings seltener, vor, dagegen tritt es häufigst unter und über der Spiriferinenbank durch die ganzen Nodosenschichten hindurch meist in fossilärmeren bis fossilfreien Mergelkalken, in den fossilärmeren Hangend- und Liegendpartien von Fossilbänken und -linsen, selten in stark tonigen Mergelplatten dieser Schichten auf. In den Trigonodusschichten und ihren Äquivalenten habe ich es seltener, endlich in der Unteren Lettenkohle noch nicht beobachtet.

Wir haben bei der Besprechung der Bohrröhren in den Liegendkalken der Versteinerungen führenden Bänke des Wellenkalks schon darauf aufmerksam gemacht, daß diese ganz zweifellos als „Bohrröhren“, d. h. als gebohrte Wohnräume eines schalenlosen Besiedlers zu deutenden, nach dessen Absterben alsbald mit dem Material des Hangenden erfüllten Höhlungen mit *Rhizocorallium* nicht nur in der U-förmigen Gestalt, sondern auch in einer gewissen Streifenskulptur, die allerdings selten erhalten ist, sehr große Ähnlichkeit haben. Ich habe schon l. c. 1901 S. 46 im Hinblick auf den bekannten lebenden *Chaetopterus* die Besiedler und Bohrer mit den Bohrwürmern, den tubikolen Anneliden, verglichen.

Die äußeren Unterschiede, die zwischen *Rhizocorallium* und jenen Röhrenbildungen bestehen, liegen eben vor allem darin, daß bei jenem ein wohl sedimentär gebildeter Gesteinskörper mit eigener organischer Form, eine „Versteinerung“ vorzuliegen scheint, während hier nur eine Höhlung da ist, die im Abguß mit jener Versteinerung allerdings eine sehr auffällige Ähnlichkeit hat (vgl. hierzu TH. FUCHS, Studien über Fukoiden und Hieroglyphen, Denkschr. d. math.-phys. Klasse der Kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1895 S. 50).

Die nächste Aufgabe liegt nun bezüglich *Rhizocorallium* in erster Linie darin, zu sehen, wie sich der Körper dieses Fossils zu der Frage der sedimentären Aus-

essante experimentelle Studien über die Oolith- und Dolomitbildung; seine Ergebnisse in letzterer Hinsicht sind für unsere Darstellungen in Kap. 25 S. 183—185 und Kap. 27 S. 193—194 von Wert.

¹⁾ Bezüglich der orientierenden Literatur über diese Einschlüsse verweise ich besonders auf die inhaltsreiche Abhandlung von TH. FUCHS „Studien über Fukoiden und Hieroglyphen“ in Denkschr. d. K. K. Akad. d. Wiss. Wien 1895 und auf die soeben erschienene Schrift von TH. FUCHS: Über neuere Arbeiten zur Aufklärung der Natur der Alectoruriden in Mitt. d. Geol. Ges. Wien III 1910 S. 336.

fällung einer etwaigen, vorgebildeten Höhlung verhält; solche wäre also durch die fortlaufende Anschwemmung geschehen. Wir können dem auf doppelte Weise nachgehen; zuerst auf dem Wege, auf dem hauptsächlich TH. FUCHS zu der allgemeinen Ansicht gekommen ist, daß alle sogen. Fukoiden durch Einfüllung der im Hangenden einer Bodenschicht sich ablagernden feineren Sedimentteilchen (Ton im allgemeinen) in die Bohrröhren im Liegenden dieser Anschwemmung entstanden seien und derart ihre mineralischen Körper erhalten haben (vgl. hierzu auch die von TH. FUCHS l. c. S. 54 mitgeteilten Beobachtungen von LOMNICKI über den *Rhizocorallium* ähnlichen Körper *Glossifungites saxicava*). Der andere Weg ist der von A. ROTHPLETZ zur Lösung der gleichen Frage betretene, der der mikroskopischen Untersuchung. Seit langen Jahren sammle ich im Muschelkalk der Pfalz und Frankens günstiges Material, um beiden Methoden der Untersuchung möglichst gerecht zu werden.

Was das allgemeine Verhalten der Rhizokorallien nach Lagerung und Gesteinshabitus betrifft, so ist, trotzdem die Versteinerungsmasse eigentlich nicht von dem allgemeinen Typus der Muschelkalkgesteine abweicht, in denen sie vorkommen und deren Kalkarten sie, z. B. im Wellenkalk besonders auffällig, nachahmen, doch hervorzuheben, daß der Körper sehr verschiedenartig erhalten ist und sich trotzdem stets etwas von der Umgebung abhebt, wodurch er sich überhaupt von dieser mechanisch abspalten und ablösen läßt.¹⁾

Das *Rhizocorallium* ist enthalten:

a) in hellgelbgrauen, mürb schieferig verwitternden Kalkmergeln; hier ist sein Körper meist dichter kalkig, wenn jene zwischen Kalkbänken liegen; dann wittern die Rhizokorallien leicht als geschlossene massive Körper aus;

b) in gelbgrauen tonig-mergeligen Platten oder in fester gebundenen feinsandigen Mergeln, wie solche im oberen Muschelkalk hie und da auftreten und meist mit graugrünen Schiefertönen vergesellschaftet sind, findet sich sein Körper durch sehr feinen grünen oder grüngrauen Ton gebildet, wobei die Tonmasse relativ gering zu sein scheint und der Körper stark komprimiert ist;

c) in festen Kalken ist der *Rhizocorallium*-Körper nur in Quer- und Flächenbrüchen deutlich zu erkennen und es ist sein Zug entweder durch etwas anders gefärbten, meist hellgrauen Kalk oder auch in auffälligerer Weise durch Ockerkalk in mehr oder weniger dichter Masse deutlich angezeigt. Dieser Ockerkalk spielt in der Versteinerungsart vom *Rhizocorallium* im oberen Muschelkalk keine geringe Rolle, auch da, wo die ockerige Zersetzung nicht so weit vorgeschritten ist und eine hellgraue Kalkmasse (wie wir dies S. 171—174 erwähnten) seine Stelle vertritt. Oft münden diese Ockerkalk-Rhizokorallien an der oberen Schichtfläche aus und treten direkt mit dem ockerkalkigen Liegenden einer versteinerungsführenden Hangendschicht genau in dieselbe Beziehung, wie wir dies von der sedimentären Füllung der Bohrlöcher im Liegenden der Fossilsschichten des Wellenkalks besprochen haben (vgl. Taf. IV Fig. 5).

Ein sehr häufiges Verhalten äußert sich in den Pflastersteinplatten des oberen Muschelkalks (Nodosenschichten); hier wechsellagern bis 12 cm dicke Kalkbänke

¹⁾ TH. FUCHS gibt l. c. 1895 S. 48—49 eine Darstellung des Vorkommens von *Rhizocorallium* an der Grenze vom Röth und Wellendolomit von Jena, welches sehr instruktiv ist und zeigt, daß der Muschelkalk mit in den Gipsmergel eingesenkten Rhizokorallien beginnen kann. Die tiefsten Ockerkalke in Franken führen auch als einzigen Einschluß neben Knochenresten *Rhizocorallium*.

mit geringer mächtigen Schiefertönen und jene Kalkbänke sind meist voll Rhizokorallien. Oft entsprechen diese Kalkbänke einem einfachen Zyklus: fossilfreier Kalkmergel, Fossilkalk, fossilfreier Kalkmergel; oft fehlt der erstere, oft wiederholt sich aber dieser Zyklus mehrmals in einer einzigen festgeschlossenen Bank, wobei aber die inneren Grenzen fast stets einen scharf abgeschnittenen Gesteinswechsel ohne Fugen darstellen. Da zeigt sich das *Rhizocorallium* stets von dieser Gesteinswechselfläche ausgehend, und ist fast in allen Fällen mit einer hellgrauen Masse petrifiziert, welche offenbar sehr leicht verockert, sich darin sowohl von der umgebenden Gesteinsmasse als von der abgesetzten hangenden Lage unterscheidet; wie auch die Farbe der unzersetzten Masse sich schon von beiden Teilen gut abhebt.

Da sich nun außerdem in den meisten Fällen zeigt, wie der Körper von *Rhizocorallium* von der Hangendlage sozusagen in allen Stadien angenagt und bis zum Verschwinden weggetragen und verschnitten ist, so liegt die Ansicht mehr als nahe, daß da wo die Hangendbank kein Ockerkalk ist, diese Petrifikationsmasse als Schichtlage vorher weggeführt wurde. Der Ockerkalk oder dessen Muttersubstanz, die ja auch sonst nicht sehr stark sind, dürfte hier in recht geringer Menge rasch verschwemmt und vermengt worden sein.

d) Im eigentlichen Wellenkalk zeigen sich die Rhizokorallienkörper meist in mehr tonig schieferigen Massen eingesenkt und haben immer den Typus des eigentlichen Wellenkalkgesteins, so daß man ein *Rhizocorallium* aus diesen Schichten sofort erkennen kann; sie sind zugleich recht klein und sehen aus wie in ihrer Entwicklung gehemmte junge Stöcke.

e) In tieferen Lagen des Wellenkalks sind sie in tonreiche, feinschieferige Kalkmergel eingesenkt und haben immer die Festigkeit und den Gehalt eines jener kompakteren Mergelkalke oder Kalke, wie sie zwischen und über den Mergelschiefern vorkommen; hier ähneln sie dem unter a) bezeichneten Vorkommen. Recht selten ist im Wellenkalk das Vorkommen von Rhizokorallien, wie wir das unter c) aus dem Hauptmuschelkalk besprochen, d. h. als ein fest in den Kalk eingeschlossener Aufbau aus einer Substanz, die dem Ockerkalk gleich ist. Große Exemplare finden sich auch im Liegenden der Schaumkalkbänke.

Für alle Fälle ist hinzuzufügen, daß die gerundet-abgeschlossene Endigung des Körpers, von welcher Seite sicher kein Zugang an Versteinerungsmaterial möglich ist, meist schief nach unten gerichtet ist, daß aber die entgegengesetzte, keine so scharfe Abtrennung gegen außen zeigende Schmalseite, gerade immer an der Oberfläche der Schicht ausmündet; diese ist es auch, welche meist keine gute Erhaltung zeigt und sogar oft eine Art Gesteinsübergang zu der Umgebung erkennen läßt, wenn sie nicht an einer scharfen Grenzfläche liegt, woselbst auch andere Anzeichen einer vorhergegangenen Gesteinsabtragung zu erkennen sind, wie dies oben erwähnt wurde.

Es läßt sich also schon nach diesem Überblick nicht verkennen, daß eine gewisse Beziehung des petrographischen Aufbaus der Rhizokorallienkörper nicht nur zu den Gesteinsarten im allgemeinen bestehe, in welchen sie vorkommen, sondern auch im einzelnen eine Beziehung zu jenen Gesteinszwischenlagen, in welchen die Stoffe häufigst in selbständigen Gesteinszonen vorkommen, aus denen eben die Rhizokorallien, wie später geschildert, zusammengesetzt scheinen.

Da weiterhin die Rhizokorallien höchst selten in Fossilienlagen selbst zu finden sind, sondern häufigst in solchen feinkörnigen Bänken, welche diese Fossilien-

ansammlungen unterteufen oder nach oben abschließen, so ist auch hierdurch die Beziehung zu den besagten Grenzflächen deutlichst gegeben.

Wir behandeln nun die Struktur der Rhizokorallien.

SANDBERGER hat noch l. c. 1890 S. 211 betont, daß früher von niemandem eine unzweifelhafte organische Struktur an *Rhizocorallium* nachgewiesen werden konnte. TH. FUCHS l. c. S. 427 (59) Taf. VII Fig. 4—7 gibt gewisse Strukturverhältnisse, welche aber damals nicht weiter auszubeuten und an dem einzigen Exemplar wohl auch nicht weiter zu verfolgen waren; wir kommen darauf zurück. Bekannt sind auf der Außenfläche vom *Rhizocorallium* die eigentümlichen Netzstreifen, welche nicht nur den dicken U-förmigen Randwulst, sondern auch die U-förmig gewulstete „Spreite“ bedecken; aber auch diese Bildungen sind von oberflächlicher Natur und lassen im Innern keine eigentlichen, ihnen entsprechenden Strukturmerkmale zurück.

Ich fand nun im oberen Muschélkalk und Wellenkalk in der Umgegend von Würzburg und Main-abwärts bis Wertheim im Wellenkalk nicht gerade häufig, aber auch nicht selten ausgewitterte Exemplare, welche eine höchst eigentümliche, gleichmäßig gekörnelte Oberfläche zeigen (vgl. Taf. IX Fig. 5, Taf. X Fig. 1 vergr.); nicht selten ist aber auch diese Oberfläche angewittert, wobei zu beobachten war, daß die neue Oberfläche nur bis zu einer gewissen Tiefe die Körnelung aufwies. Querbrüche zeigten nun gelegentlich auch, daß diese Körnelung keine Skulptur ist, sondern daß sie als wichtiger Teil des Körpers selbst zu erkennen ist. Weiter ergab sich, daß die Rhizokorallien, welche in den oben unter c beschriebenen festen Bänken eingeschlossen sind, meist in einem beträchtlichen Teile ihres Zuges noch fast völlig durch jene rundlichen Körperchen bezeichnet sind.

Anschliffe in Länge und Quere (vgl. Taf. IX Fig. 6—9) ergaben, daß die Körner rings abgeschlossene, länglich ovale Körperchen von bis 1 mm Breite und Höhe und 1—2 mm Länge darstellen, welche in der übrigen Gesteinsmasse mehr oder weniger dicht mit den Anzeichen einer bestimmten Ordnung zusammengehäuft sind.

Orientierte Schliffe geben nun in den meisten Fällen guter Erhaltung folgendes Bild der Struktur:

a) der reine oder etwas schiefe Querschnitt zeigt die Körperchen in den Wülsten in einer mehrschichtigen Hülle um eine zentrale mit Kalzit (Taf. IX Fig. 6 u. 7 bzw. Taf. X Fig. 4 u. 2 u. Beil. I S. 145 Fig. 3) oder mit Kalksediment erfüllte Höhlung ziemlich dicht herumgruppiert; öfters erscheint diese Hülle von oben eingebrochen, wie in Taf. X Fig. 2 u. 3, Taf. IX Fig. 9. Die Körperchen sind nun in der „Spreite“ weniger zahlreich und sind im Querschnitt zu jeder der beiden Innenhälften der Wulströhren konform nach innen (der Medianlinie der Spreite) konvex gereiht; die beiderseitigen Konvexitäten berühren sich in einer Mittelregion; dieses Bild zeigt auch in etwas der von TH. FUCHS gegebene Querschnitt (l. c. Taf. VII Fig. 6) in schwachen Streifen.

b) Der reine Längsschnitt durch eine Wulströhre bietet nichts, was das Bild des Querschnitts der Röhre ergänzen könnte. Der Längsschnitt durch die Spreite zeigt auch hier die Körperchen in bogiger Anordnung aber in viel weniger dichter Scharung. Auffällig ist, daß die bogige Anordnung nicht nach der Seite der U-Krümmung, sondern nach vorne (oben) konvex ist, also in entgegengesetztem Sinne gelegen ist, wie die äußeren Streifen der Spreite; sie sind natürlich auch auf diesen senkrecht orien-

tiert. Auch diese Tatsache, welche sofort und sicher stets über die Lage der U-Krümmung des Körpers Aufschluß gibt, ist in dem angeführten Bild bei TH. FUCHS (l. c. Taf. VII Fig. 5) in Streifenzeichnung zu erkennen. Die Spreite zeigt also im medianen Längsschnitt eine Aneinanderreihung dieser gebogenen Körperchenstreifen, die sich endlich ebenso an der Innenwand des U-Teils der Röhre konkordant anschließen, wie sich im Querschnitt die Streifen je an die Innenwand der Schenkelteile der Röhren anordnen (Taf. XI Fig. 24).

Dieses leitet zu der Grundanschauung, daß die Körperchen-Streifen der Spreite Reste der zerstörten Innenwandungen sind, welche von früheren Röhrenstadien stehen blieben, wenn die Röhre im Sinne der Richtung nach dem U-Teil darüber hinaus verlegt wurde. Diese Möglichkeit des Wachstumsmodus des Körpers hat schon TH. FUCHS l. c. 1895 S. 60 (428) allein aus der Betrachtung der Körperform als naturgemäß angenommen, wengleich erst aus der Feststellung einer dem Randwulst des *Rhizocorallium*körpers innerlich entsprechenden Röhre mit erhaltenen Wandungen diese Vorstellung als einzig richtige nachweislich¹⁾ darzulegen ist; FUCHS konnte daher damals nicht zu der sicheren Anschauung kommen, daß es sich bei *Rhizocorallium* um einen Röhrenbewohner handle (vgl. hierüber übrigens Jahrb. d. K. K. Geol. Reich.-Anst. 1909 S. 631 und die neueste Schrift von TH. FUCHS über *Alectoruriden*, s. oben 233¹⁾).

Was nun die Mikrostruktur dieses Körpers, besonders seiner Wandkörperchen betrifft, so geben darüber Taf. IX Fig. 10—15 Aufschluß.

Die Bilder 10—13 geben Schliffe von den Vorkommen in Fig. 6, 7, 8 der gleichen Tafel, wo die Körperchen der Spreite und des Wulstes im Anschliff als helle Masse in einem dunklen Kalk erscheinen, der unter und über dem *Rhizocorallium*körper wieder durch hellere Schichtungslinien gebändert ist, die für sich aus einer großen Anzahl recht kleiner heller Partikelchen von dem Aussehen der „Körperchen“ bestehen.

Die hellen und dunklen Lagerungsstreifen des Gesteins sind bei durchfallendem Licht im Dünnschliffe umgekehrt dunkel und hell; erstere zeigen eine große Anzahl kleiner fetzenartiger Partikelchen f ,²⁾ von feinerem Korn als die Umgebung, letztere sind durchaus größer und wechselnder körnig, schließen allerdings eine Anzahl noch kleinerer Partikelchen f_1 als f ein, die auch zugleich dunkler sind und außer feinerem Korn auch tonige Beimengungen haben. Diese dem normalen Lagerungsgefüge des Kalkgesteins angehörigen, so charakterisierten Teilchen kommen nun auch in den Schliffen der Spreite zwischen den Wandkörperchen des *Rhizocorallium* vor und zwar nun regellos, so daß es den Anschein hat, als ob sie bloß umgelagert wären und als Zement zwischen den Wandkörperchen lägen.

Die Wandkörperchen selbst haben ein sehr feines und gleichmäßiges Korn mit nur ganz schwachen Unregelmäßigkeiten; die Kalzitkriställchen sind dicht gefügt und scheinen etwas dichter als die f zu sein und etwas weniger dicht als f_1 , besonders sind sie ohne tonige Unreinigkeiten. Die Kalzitkörnchen sind offenbar sedimentär, unregelmäßig begrenzt, sind aber dicht raumfüllend aneinandergesetzt.

¹⁾ Die Struktur der Spreite beweist, daß hier nicht eine einfache Füllung der Röhre vorliegt, sondern daß hier bei der Verlegung des U-Teils der Röhre bestehen bleibende Teile einer Röhrenwand überliefert sind.

²⁾ Die Buchstaben sollen sich nicht auf die Tafel beziehen, sondern den Vergleich kürzend unterstützen.

Fig. 15 gibt die Wandkörperchen aus einem oolithischen Gestein; die dunklen Partien zwischen den Körperchen sind auch hier sehr feinkörnige Kalzitanhäufungen, offenbar noch mit feinen tonigen Beimengungen; sie bilden zu einer großen Mehrzahl der Fälle die Kerne, um welche sich die feinen Oolithschalen gebildet haben; dazwischen zeigen sich Schalenreste. Das Bindemittel der Oolithkörner ist da, wo diese in bester Rundung noch erhalten sind, stets sehr feinkörnig und ist entfernt vom Oolithkorn nicht anders beschaffen als unmittelbar daneben; an einzelnen Stellen zeigen sich Umwandlungen des Bindemittels, z. B. in der Nähe der Schalenfragmente, die stets in großes und größeres Korn überführen und auch oft die Oolithkörner durch radial vordringende Einwirkungen von außen förmlich wenn auch in geringem Maße zu zerfasern scheinen.

Gegenüber diesem Wechsel sind die Wandkörperchen von einem feinen gleichmäßigen Korn, zeigen keine Fremdkörper und fast keine tonigen Beimengungen; das Korn ist etwas stärker als das im Kern der Oolithkörner und etwas weniger stark als das primäre Zement zwischen diesen.

Fig. 14 zeigt eines der Wandkörperchen in einem Muschelfragmentkalk wie Fig. 16, woselbst die hellen Partien der Spreite der dichten Anhäufung dieser Körperchen entsprechen, die dunklen aber eine schön regelmäßige Anordnung von dünnen, meist in der U-Bogenform mit ihrer Rundung eingereihten Schalenfragmentchen zeigen. Dies ist ein sehr seltener Fall, da die Rhizokorallien, wenn sie von oben an eine solche Muschellage gelangen, meist nicht in der bisherigen Richtung weiter wachsen, sondern an der Fläche der Muschellage flach längs abbiegen.

Es finden sich hier auch unter dem Mikroskop andere, seltene Verhältnisse; das Zement der Schalenanhäufung ist ein sehr dichtes; die Wandkörperchen liegen hierin als eine hellere, etwas gröbkörnigere und etwas unregelmäßigere Masse. Wenn die Körperchen auch frei sind von den ringsum zahlreichen Schalenfragmenten, so zeigen sie aber doch Einschlüsse und zwar Einschlüsse von großen Kalzitkörnern, die in regelmäßigen Kristallen von rhombischem Querschnitt bestehen; es fanden an diesen Kriställchen auch Ockerumwandlungen statt, welche die Baukörperchen schon makroskopisch gelblich erscheinen lassen.¹⁾ Hier ist also der Fall gegeben, daß die Baukörperchen eine starke Umwandlung erlitten haben und umkristallisiert wurden.²⁾ Es scheint, daß die Zusammenfügung der Schälchen verdichtend auf das Zement gewirkt habe; die Baukörperchen sind aber eine eigene, von dem Zement der Schalen verschiedene Masse gewesen; die Baukörperchen sind auch jedenfalls von anderer örtlicher Herkunft als die Schalenfragmente, welche bei Fig. 16 auf das Liegende hinweisen, in welches dieses *Rhizocorallium* von oben her flach eingesenkt ist.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt also, daß die Baukörperchen der Rhizokorallien stets von einer etwas anderen Beschaffenheit sind als die Umgebung, daß sie ungleich dieser ein primäres, meist recht gleichmäßiges und feines Korn sedimentärer Kalzittelchen zeigen; in der Spreite hauptsächlich, weniger in der Röhren-

¹⁾ Hier zeigt sich also in einem auffälligen Vorkommen die Vergesellschaftung von Ockerkalk und von jenen Auskristallisationen.

²⁾ Dieser Vorgang besteht hier in einer schwachen allgemeinen Umkristallisation und in der Herausbildung der größeren, Eisenkarbonat enthaltenden Kalzitrhomboeder; er erinnert stark an die S. 221—222 beschriebene Umwandlung des Bankkörpers, andererseits an den häufig großen Wechsel in dem Maß und der Art der Umwandlung des Zements in Beziehung mit dem der Schalen- und Oolith einschlüsse (vgl. S. 226).

wand sind Beimengungen festzustellen, welche auf eine Umlagerung von Teilchen der Schicht selbst hinweisen, in welcher die U-Röhre angelegt ist. Die Spreite nun erscheint nicht als ein wesentlicher Teil des *Rhizocorallium*-Körpers, wenn sie auch meist fest und dicht mit ihm verbunden ist. — Auch hier hat sich im Längs- und Querschliff erwiesen, daß die Wandkörperchen ringsum freie Zusammenballungen sehr feiner Kalzitkörner sind; sie haben keine sehr scharfe organische Begrenzung, wenn sie sich auch in den meisten Fällen recht gut gegen die Umgebung abheben. Nur in Fällen ganz feinkörniger Umgebung ohne Fremdkörper erweisen sie sich doch so sehr dem Sediment in ihrer Zusammensetzung gleich, daß sie dann bei recht dünnem Dünnschliff (wo also die „Tiefe“ in der Zusammenhäufung nicht mehr zur Wirkung kommt) sich gegen die rein sedimentäre Umgebung nicht mehr abheben und völlig in ihr verschwinden.

Die im vorhergehenden betonte große Übereinstimmung des Baukörperchens mit gewissen, allerdings kleineren Elementen der Sedimentation äußert sich, wie kurz erwähnt, auch darin, daß viel kleinere fragmentäre Sedimentteilchen oder -flöckchen völlig von der Beschaffenheit der Baukörperchen als selbständiges Ablagerungsmaterial in fein stratifizierten dünnen Lagen oft in der nächsten Umgebung der Rhizokorallienkörper auftreten, besonders häufig in den Deckelschichten von Fossilinseln, aber auch oft in eigenen Fossilbänken in ähnlicher Folge über den Fossilagern vorkommen. Auch in etwas größeren Massen kommt das Material der Baukörperchen als feinkörnige hellgraue „Ockerkalklage“ besonders im Hauptmuschelkalk vor.

Baukörperchen typischer Gestaltung, ohne daß ein Zusammenhang mit Rhizokorallien selbst erkennbar gewesen wäre, habe ich isoliert in Kalkschichten nur in zwei einzelnen Fällen beobachten können, obwohl ich eifrigst, zugleich bei der Suche nach oolithoiden Einschlüssen darnach fahndete; es war das auch eine in weichem Zustande verrutschte, umgewälzte Schicht mit Rhizokorallien in wirrer Lagerung der aufgelösten und verquetschten Teilchen (S. 15, 18a—b).

Der äußeren Gestaltung nach ähnliche Teilchen erwähnt SANDBERGER im Profil von Sommerhausen l. c. S. 14 an zwei Stellen (vgl. oben S. 23) als „Koprolithen von Anneliden“. Dieses Vorkommen habe ich daselbst gesammelt: es sind auf den Schichtflächen von grauen Schiefertönen in großer Zahl und oft noch in einem unverkennbaren mosaikartigen Zusammenhang gelagerte, zusammengepreßte, runde und ovale Körperchen, die aus einem dunkelgrünen Ton, wie dieser mit den grauen Schiefer zusammen vorkommt, bestehen. Sie zeigen unter dem Mikroskop eine sehr feine Ringelskulptur, wie die einer gewickelten Fadenscheibe; oft ist ein breiteres peripheres Band stärker verdickt als die Mitte; sie zeigen also eine gesetzmäßige Formung, welche wohl eher auf die künstliche Zurichtung und Mischung mit einem organischen Zement mit Hilfe des Ösophagus und der Tentakeln nach Art der Arbeit von *Terebella figula* (vgl. Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. 1909 S. 628) hinweist, als auf Koprolithen, die lediglich durch den Enddarm ihre Formung erhalten.

Übrigens ist auch das Auftreten der Baukörperchen bei Rhizokorallien in der S. 234 unter b berichteten Petrifikation sehr ähnlich dem der fraglichen Koprolithen, wengleich ich die zarte Ringelung bei dem nicht so glänzenden Erhaltungszustand ihrer Oberfläche nicht beobachtete (vgl. unten S. 247).

Wir haben nun noch einiges hinsichtlich der Röhre bzw. des Wulstkörpers selbst nachzutragen (Taf. X).

Fig. 4 Taf. X zeigt die Röhre in ziemlich guter Erhaltung mit Kalzit ausgefüllt (vgl. Taf. IX Fig. 6); Taf. IX Fig. 7 gibt die Röhre (rechts) im schiefen Längsanschnitt desgleichen mit Kalzit erfüllt; Taf. X Fig. 3 (vgl. Taf. IX Fig. 9 rechts) zeigt die Röhre von oben eingebrochen und den Einbruchraum mit Kalzit erfüllt; in Taf. X Fig. 2 ist ebenso die Röhre mit Kalzit erfüllt, ein Teil der Oberwand ist eingebrochen und die Röhre mit der Spreite von oben angenagt und überdeckt. Das gleiche gilt von Fig. 5; hier ist aber die Röhrenwand selbst nur schlecht erhalten und das Lumen mit dichtem Schlamm erfüllt. Die Wandkörperchen sind hier überall noch durch ein Zement verbunden, das im auffallenden Licht dunkel, im durchfallenden heller ist.

Ein anderes Bild geben die Röhren, deren Oberwand nicht zerstört wurde. Fig. 7 zeigt eine normale sedimentäre Erfüllung einer flach liegenden Röhre; man erkennt eine schichtartige Häufung größerer Körnchen im Grunde der Röhre und oben im feinkörnigeren Füllmergel kleine, nur vereinzelte Schalenfragmentchen. Die Wandkörperchen sind nur an einer Stelle deutlich, im übrigen Teil der Wand ist nur eine unregelmäßige, großzügigere Individualisierung von Bauteilen zu erkennen.

Fig. 8 zeigt ähnliches, die Wand ist hier durch die Einschwemmung sehr stark angenagt und an Dicke verringert; es lassen sich in der unteren Hälfte der Füllung drei Schichtstreifen mit sedimentären Fragmenten erkennen, in welchen auch schon einige abgelöste Wandkörperchen liegen; der übrige Raum ist angefüllt durch eine Masse losgelöster und etwas verschwemmter Wandkörperchen als Schlußausfüllung der Röhre. Fig. 6 bedarf nach diesem keiner Erklärung mehr.

Fig. 9—11 (a u. b) stellen drei Querschnitte durch einen *Rhizocorallium*-Körper dar, die so übereinander geordnet sind, daß bei 9 und 11 die beiden Wulstquerschnitte einander entsprechen; bei 10 ist aber umzudrehen, um die Röhrenquerschnitte, die zu je einer Seite gehören, zu vergleichen.

Man sieht auch hier auf der rechten Seite, die durch 11b gekennzeichnet ist, neben Resten der Wand unten die sedimentäre Schichtung allmählicher Röhrenausfüllung; auch hier sind in der oberen Hälfte der Röhre die Wandkörperchen zusammengeschwemmt. Auf der linken Seite, mit 11a beginnend, zeigt sich darin eine Unregelmäßigkeit, daß in die sedimentäre Ausfüllung des Bodenteils eine keine Röhre eingebohrt ist; bei 9 und 11 ist sie mit anderer bräunlicher Substanz erfüllt, bei 10 aber hebt sie sich von der Umgebung infolge gleichartigerer Füllung nicht ab, ist aber mit der Lupe bei richtiger Beleuchtung sehr wohl als hindurchgehende Röhre mit eigener Füllung zu erkennen.

Es ist für dieses interessante Stück zu bemerken, daß die obere Außenfläche etwas angewittert ist, aber nicht so, daß eine völlige Bedeckung von Wülsten und Spreite mit Baukörperchen nicht noch sehr deutlich wäre, wenn sie auch im Querschnitt nicht mehr in bildlich ausgeprägte Erscheinung treten. Die Unterfläche des Gebildes zeigt sie nicht, weil ja nach obigem durch die Füllsedimentation der Boden der Röhre zum Teil bis zur völligen Entfernung der Wand angenagt, zum Teil durchweicht ist und dadurch die Grenzen der einzelnen Bestandteile verwischt wurden.

Man erkennt aus diesen Bildern, daß die Wand vom *Rhizocorallium* nicht nur aus wohl gerundeten, mit einem feinen Zement zusammengehaltenen Baukörperchen bestehen kann, sondern auch aus weniger regelmäßigen

Teilen, welche zu fladenförmigen Lagen verstrichen wurden und in mehreren Hüllen wie die Baukörperchen selbst angeordnet sein können. Der verschiedenartige Charakter der sedimentären Erfüllung der Höhle läßt übrigens die Eigenart der Wandbildung überall gut hervortreten.

In recht vielen Fällen des Erhaltungszustandes ist die Wand nicht mehr festzustellen, obwohl ihre Oberflächenskulptur von der Ausfüllung gut wiedergegeben wird; man könnte im Zweifel sein, ob hier überhaupt eine Wand gebildet war, wenn man nicht öfters im Oberraum der sedimentären Nachfüllung der Röhre, welche sehr häufig Lagerungsstruktur hat, noch vereinzelte Baukörperchen fände. In diesen Fällen fehlender Wand fand ich auch — vielleicht ist das Zusammenvorkommen nur Zufall —, daß die Füllung zahlreiche kleine, langstengelige Kalzitkriställchen enthält nach Art der vielerwähnten Pseudomorphosen von Kalzit nach Baryt oder Zölestin.

An mehreren Exemplaren konnte ich auch das Auftreten von späteren, eigens erfüllten, kleineren unpaarigen Röhrechen an der Unterseite oder Oberseite der Füllungen wieder beobachten.

Während die Oberseite mancher Rhizokorallien die bekannte Streifen-Netzskulptur zeigt, fand ich an einem Fundort eine höchst eigentümliche großwarzige bis rundwulstige Skulptur, welche eine gewisse Gesetzmäßigkeit zu haben scheint.

Dies führt auch zu den Querschnitten in Taf. X Fig. 13, 14, 15; es sind Vergrößerungen von Teilen der in Taf. II bzw. Fig. 3, 4 und 5 gegebenen Querschnitte durch Fossilinseln; Fig. 13 zeigt einen schiefen Röhrenquerschnitt; er hat noch die meisten Wandkörperchen; der Körper ist in die vorhandene Gesteinlagerung eingeböhrt und seine Höhlung nachträglich ausgefüllt; es läßt sich hier ein eigentümlich einseitiger Bau erkennen, der bei Fig. 14 und 15 noch deutlicher ist; die Wandschichten scheinen sich hier einseitig nach unten oder nach der Seite in die vorher ausgegenagte Masse einzusenken. Es handelt sich aber hier um eine Verlegung der Röhre in entgegengesetzter Richtung, woran offenbar der hangende Druck schuld ist, der von der Region des Fortwachsens der Schicht her das Tier veranlaßte, auch in dem schon älteren Teile der Röhre eine Verlegung zur „Ausrichtung“ des Gangs vorzunehmen. In sehr schöner Weise ist selbst bei diesen kleinen Gebilden die sedimentäre Erfüllung zu erkennen; auch sieht man kleine Störungen (Maulwurfsaufbrüche etc.), die durch die Bauverlegung in den noch nicht erhärteten Sedimenten der hangenden Umgebung hervorgerufen wurden. Ob diese Röhren gerade zu *Rhizocorallium* selbst zu rechnen sind, ist mir nicht unzweifelhaft; jedenfalls lassen sich die beiden Querschnitte in Fig. 15 in der gleichen Entfernung voneinander durch eine Linse von ca. 8 cm Länge hindurch verfolgen; sie könnten also wohl paarweise zusammengehören; eine „Spreite“ würde aber fehlen; dies besonders bestimmt mich, gegen die Zurechnung zu *Rhizocorallium* zu sprechen.

Jedenfalls beweist dies, daß ein sehr ähnlicher Bau von Röhren auch bei nicht zu typischem *Rhizocorallium* zu rechnenden Gebilden zu finden ist, deren Wachstumsunregelmäßigkeiten wieder für solche bei *Rhizocorallium* klärend sein können.

Die oben angedeutete Art von Röhrenausfüllung von einem Boden der Röhren aufwärts nach außen ist selbstverständlich nur dann möglich, wenn diese flach liegen, was dann sehr häufig der Fall ist, wenn die Schicht, in der sie liegen bzw. liegen können, dünn ist. Bei dickeren Lagen gehen die Röhren im Muschelkalk meist schief abwärts, stehen nie ganz senkrecht; bei schief abwärts gerichteten Röhren ist natürlich die Art der Füllung eine andere, mehr nach der in Taf. IV Fig. 5 dargestellten,

d. h. die Ausfüllung ist konkordant der Bodenrundung der Röhre. Übrigens zeigen Längsschnitte und besonders schön auch tiefer angewitterte Exemplare, daß die Füllstraten nicht die ganze Länge des Gebildes gleichmäßig durchsetzen, sondern meist bei einer gewissen Lageneigung des röhriigen Gebildes in Lageflächen von vorne unten nach hinten oben wie in schiefen Schnitten durch den runden Körper hindurchsetzen; bei der Anwitterung der Oberfläche zeigte sich dann ein eigenartiges Ausstreichen von streifigen Substanzunterschieden, welche nicht der Bauwand, sondern der Füllung angehören.

Daß die losgelösten Baukörperchen sich in den Röhren oben anzusammeln scheinen, das hat wohl darin seine Ursache, daß die besterhaltenen und auch nicht mehr infolge von Bewegungen und anderen Einwirkungen zerfallenden Baukörperchen diejenigen sind, welche sich erst gegen Ende der Erfüllung der Röhre durch langsame Erweichung und Entfernung des Zements in der Wand aus dieser loslösen und den Rest der Höhlung gleich so erfüllen, daß eine weitere Einwirkung auf die Wand nicht mehr gut stattfinden kann.

Diesen Fällen etwas unregelmäßigeren Vorkommens der Baukörperchen in der Sedimentfüllung der Wülste stehen viel zahlreichere entgegen, bei welchen nun die Baukörperchen ihre auf die Wand beschränkte Lage haben. Im Innern der Füllung ist auch das Auftreten der Körperchen ein ungleichmäßig sedimentär gehäuftes und zerstreutes, während in den Wänden die Anordnung, Einfügung und Einpassung ein hohes Maß von Regelmäßigkeit erreichen kann, wie dies sich auch in einem oft regelmäßigen Mosaikbild der Oberfläche in längeren reihenweisen Aneinanderlagerungen, z. B. Taf. X Fig. 1, äußern kann (vgl. hierzu auch *Taonurus procerus* HEER, Flora fossilis Helv. Taf. XLVIII).

Was nun die Deutung der problematischen Natur von *Rhizocorallium* betrifft, so ist kein Zweifel, daß das Wesentliche der ganzen Bildung die Röhre ist und daß diese Röhre eine eigene von dem Besiedler der Röhre geschaffene Wandung besitzt; diese Wandung besteht aus eigens geformten Baukörperchen und einem Zement, welche beide Bildungen aus sedimentärem Material geschaffen sind, das natürlich verschiedenes plastisches Verhalten besitzt und je nachdem zu Modifikationen in der Form der Baukörperchen Anlaß gibt. Das Vorhandensein dieser Wandungen beweist, daß die Röhrenbohrung in noch ganz weicher Bodenmasse stattgefunden hat, sonst wären sie unnötig.

Wie verhält sich nun das Wachstum der Röhre? Die Neubohrung fand immer an dem Beginn des U-Teils der Röhre statt, wo auch gelegentlich die periodischen Bauabsetzungen in der Spreite deutlich erkennbar sind; die äußere Röhrenwand wird hierbei zerstört und ihr Material mit dem Detritus der Nachbohrung auf die reduzierte Innenwand gesetzt, das gibt die Spreite. Da aber bei der Vergrößerung der Röhre mehr Material gewonnen wird, so kann die Spreite gelegentlich (S. 238) sehr verdichtet werden müssen, da hier der kleinere Bogen liegt. Die Tätigkeit der Bohrung besteht in einem Auskratzen in kurzen schmalen Zügen eines feinen scharfen Krallenorgans, das die Richtung des Kratzens öfter ändert und so die Netzstreifen erzeugt. Hierbei wird auch der entsprechende Teil der Spreitenwand offenbar stark mitgenommen, da hier die ohnehin an Zahl geringen Baukörperchen reduziert erscheinen.

Das durchgängige Vermeiden von Schalenlumachellen durch den Besiedler der Bohrröhrchen beweist, daß er gerne in noch weicheren, aber nicht zu weichen Schichten bohrt, wie er auch in Fossilienlinsen mitten in Schiefertonen, deren geodenartige Erhärtung erst nach der Bedeckung mit letzteren erfolgt, die oberen letztgebildeten Lagen vorzieht; dies wird auch sonst überall bemerkt. Charakteristisch dafür ist die Tatsache, daß der Besiedler auch höchst selten noch Schalenreste in das Innere der Spreite baut; tut er es doch, so sind die Schalen in größeren Fragmentchen benutzt. Beim Kratzen in schon festen Gesteinen würden bloß Schalen-splitterchen von sehr geringer Größe in der Spreite erscheinen; dies ist nicht der Fall. Auch bei Gesteinen, wie sie Fig. 6—8 Taf. IX darstellen, zeigen sich in der Spreite solche Fragmentchen, welche die benachbarten Lagerungsstreifen bilden, auch in der gleichen Größe und Beschaffenheit; sie müßten indes außerordentlich verändert und verringert sein, wenn das Material aus dem Harten entnommen wäre; aus dem Hangenden bzw. der gleichzeitigen Ablagerung allein kann es nicht gut hergenommen sein, da diese Linsen in Schiefertonen liegen und da es ganz selbstverständlich ist, daß das neu ausgebohrte Material bei der Vergrößerung des Baus in erster Linie für den zurückgelassenen Hohlraum verwendet wird. Es wird jedenfalls auch die alte Innenwand des U-Teils während des Umbaus der Außenwand zum Teil zerstört und Baukörperchen dieser von neuem verbraucht, da in der Spreite nur Reste der alten ohnehin weniger starken Innenwände verblieben sind.

Was nun die Beziehungen zwischen *Rhizocorallium* und dem mannigfachen Vorkommen von gebogenen, nicht gestreckten Röhrenhöhlen im Wellenkalk betrifft, so wurde schon S. 233 darauf aufmerksam gemacht, daß gewisse fundamentale Ähnlichkeiten vorliegen, unter welchen die U-förmige Umbiegung zu einer Röhre mit doppeltem Ausgang und die nicht allzuseitigen Kratzspuren an den Wänden in erster Linie zu nennen sind. Wenn nun noch hinzuzufügen ist, daß in sehr vielen Fällen der reine Querschnitt von solchen Röhrenhöhlen ungefähr dem von *Rhizocorallium* entspricht, d. h. doppelkeulenförmig ist, so kommen wir hiermit gleich auf einen Hauptunterschied, nämlich auf das Fehlen des gleichzeitig die individualisierte Röhre sowie die „Spreite“ verursachenden „Einbaues“. — Da taucht naturgemäß die erste Frage auf, sind etwa die Einbauten bei den Röhrenhöhlen in dem Liegenden der Fossilbänke nur ausgeschwemmt, besonders da es auffällt, daß da wo im Wellenkalk die Höhlen sind, die Rhizokorallien fehlen, Rhizokorallien aber scheinbar häufiger vorkommen, wo keine Fossilbänke im Hangenden darüber folgen, wo also die faunistische Invasion auf die Würmer beschränkt geblieben ist; hier sind auch die Rhizokorallienkörper meist mit einfacher Kalkmasse petrifiziert. Sind etwa beiderlei Gebilde im wesentlichen identisch und nur verschiedene Erhaltungszustände von unter gleichen Umständen gebildeten Wohnstätten?

Da ist nun in erster Linie als wichtig hervorzuheben, daß es zahllose Rhizokorallien gibt, in welchen der Einbau zweifellos vollständig aufgeweicht oder nur in Teilehen abgelöst und im Innern der Röhre mit eingeschwemmten Schälchen vermennt und regelrecht stratifiziert ist, in welchen sogar die Höhlung mit Ockerkalk erfüllt ist, ohne daß daraus irgendeine über das Maß der oben genannten allgemeinen Ähnlichkeit hinausgehende Annäherung an die Gestaltung der Bohrröhren im besonderen hervorspringen würde.

Wenn man weiter Gelegenheit hat, z. B. in dem Schaumkalk von der Obergrenze einer dichten Kalkeinschaltung in deren Körper eindringende Röhrenhöhlen in ihrem meist senkrechten Vordringen zu sehen, mit ihren mehr eckigen Verlauf, mit ihren unregelmäßigen äußeren und inneren Windungen und davon ausgehenden ganz schmalen Röhren, was dem Bild eines Dudelsacks nicht unähnlich ist, — wenn dabei im Liegenden dieser handhohen Schicht große, im mergeligen Mittel flach liegende, wohl ausgebreitete und normale, schön geschwungen gewachsene Rhizokorallen fast unmittelbar daneben sieht, so wird man eher glauben, daß beide Gebilde überhaupt gar keinen genetischen oder nur einen entfernt morphologischen Zusammenhang hätten. — Wenn man weiter daneben hält, daß die ohne Ringhöfe bestehenden Höhlungen sehr häufig noch quere und nicht sehr regelmäßige Verbindungen, zweigartige, blind endigende Seitenableger haben, die aus dem Typus der U-Röhrenanlage ganz herauszufallen scheinen, jedoch integrierende Bestandteile des Baues sind, daß sie bei dieser Typenänderung auch einer eigenen Form der Raumausnutzung zustreben, welche sie zu spitzwinkliger Zweigverteilung, zu eckigen Umbiegungen und sackartigen Erweiterungen zwingt, so wird man zugestehen, daß diese Vielgestaltigkeit nicht dem Erhaltungszustand, sondern den Umständen der Entstehung zuzuschreiben sei.

Man kann daraus folgern, daß im *Rhizocorallium* einerseits und den ohne Ringhöfe bestehenden Röhrenhöhlen nach dem Typus von Taf. IX Fig. 1 in Beil. II Fig. 1 die zwei Extreme von Bildungsmöglichkeiten vertreten sind, zwischen welchen die mit Ringhöfen versehenen eine ziemlich deutliche Mitte halten und nach beiden Extremen vermittelnde Übergänge bieten.

Man kann nun noch hervorheben, daß ein Teil der best erhaltenen und ausgebildeten Wellenkalk-Rhizokorallen in nie sehr stark erhärteten tonigen Mergeln und noch heute primär ziemlich mürben Mergelschiefern angelegt wurden, daß aber über jenen übrigen Röhrenhöhlen sich häufigst Geschiebekalke mit damals schon widerstandsfähigen Geschieben ablagerten, daß die in härteren Hauptmuschelkalkbänken liegenden Rhizokorallenröhren wiederum meist mit Geschiebekalkdetritus oder doch mit einem Abtragungsdetritus erfüllt wurden, der sehr feinkörnig ist, also von Schichten stammt, die wohl viel weniger stark oder fast nicht erhärtet waren; dies beides illustriert die Unterschiede in der Erhärtung der die Rhizokorallen und die Bohrröhren führenden Schichten.

Wir haben ferner oben angeführt, daß an einem etwas vorragenden Untergrundsriff eine Kruste aus anwachsenden und übereinander wachsenden Schalen von *Placunopsis* sich bildete, welche vor und während ihres Wachstums von dem kleinerem Röhrentypus durchbohrt waren. Die Urheber dieser Röhren konnten also jedenfalls harte Schalen durchnagen und gelangten ohne Unterbrechung in den Riffgrund der Schalenkruste, der auch als hart angenommen werden muß. Diese Röhren waren jedenfalls durch jene Bedeckung sehr geschützt, besonders da es ersichtlich ist, daß sie zum Teil zuerst wagrecht zwischen die Schälchen gebohrt wurden und dann vertikal eindringen. Trotzdem sie nun mit einem feinen Schlamm erfüllt wurden, ist es hier undenkbar, daß eine etwaige Bauhülle wie bei Rhizokorallen durch Auflösung und Fortführung verschwunden sein könnte. Treffen wir doch bei den flachliegenden Rhizokorallen dann immer noch wenigstens einzelne Baukörperchen an. Hier habe ich aber nichts Vergleichbares gefunden. Die bei *Rhizocorallium* beobachteten ausgelösten Baukörperchen stammen aber aus der Röhrenhülle und nicht aus der Spreite, die

ja stets noch besser erhalten ist. Von einer Spreite ist aber bei den U-förmigen Bohrröhren niemals etwas zu beobachten; ich habe die Überzeugung, daß sie hier aus sehr leicht zerfallender Masse, Schleim- und Hartteilchen gebaut war, daß sie wegen der Härte des umgebenden Schichtgrundes keine mechanische Bedeutung hatte; diese hat sie aber jedenfalls bei *Rhizocorallium* gehabt.

Wir haben also bei den „Bohrröhren“ eine Bohrung im Harten und ein Fehlen der Bauhülle, dagegen einen Umwandlungshof in dem die Röhren umgebenden Gestein; wir haben weiter keine wohl gefestete, sondern eine in hinfälligem Zusammenhang, wie bei manchen lebenden Tubikolen aufgeführte Spreite.

Für den Gebrauch zu geologischen Zwecken ist es von Vorteil, diesen Unterschied mit einer festen Bezeichnung zu betonen, wenn auch Übergänge und Ausnahmen leicht vorkommen mögen; die Extreme sind aber doch sehr verschieden; ich schlage dafür die leicht verständliche Bezeichnung Nudikolen und Tektikolen vor, oder nackt wandige oder hüll wandige Bauten, oder Röhren ohne bzw. mit Einbau.

Es dürfte also hierdurch mehr als nahe gelegt sein, daß ein großer Teil der Unterschiede, welche zwischen *Rhizocorallium* und gewissen Bohrröhren der Liegendschichten der Fossilkalke im Wellenkalk bestehen, auf der Differenz in der Härte der durchbohrten Schichten beruhen; es scheint ausgeschlossen, daß letztere auch eine eigengebaute Wandung hatten und diese nur völlig zerstört wurde, ich glaube vielmehr, daß die Besiedler härteren Bodens wegen der Härte der Schicht gar keiner Eigenwand aus festem Material bedurften. *Rhizocorallium* zeigt auch nie eine Hofhülle veränderten Gesteins, sondern verhält sich hier wie die wandlosen Röhren jener Liegendschichten, wie wir das oben S. 243 festlegten. Eine solche Hofhülle kann im Festen aber durch Imbibition leichter gebildet werden, da ganz weiche, noch recht durchfeuchtete Schichten nicht so lebhaft imbibieren, dagegen aber in diagenetischen Prozessen begriffene, sogar erhärtete Gesteine augenscheinlich Feuchtigkeit stärker ansaugen.

Von diesem Gesichtspunkt aus dürften sich aber auch die morphologischen Unterschiede beider Gruppen am ehesten erklären lassen. *Rhizocorallium* konnte in weichem Material lebend die einfachste Form des Wohnbaues schaffen und beibehalten. Es bedurfte aber einer gefesteten Bauwand, besonders aber einer Spreite, welche beide Röhrenschkel gegeneinander stützt, den Bau gegen Seitendruck schützt; es scheint die Struktur der Spreite darauf hinzuweisen, daß sie in besonderer Weise eine der Gesteinsumgebung gleichwertige Dichte durch die Anlage selbst erhalten habe, daß hier nicht bloß eine einfache Ausfüllung, sondern eine Festigung des Schenkelzwischenraums beabsichtigt war. Bei den noch mehr Rhizokorallien-artigen Ringhof-Höhlen in schon etwas festerer Umgebung war keine mit vorwiegend anorganischem Material gebaute selbständige Wand vorhanden, sondern eine jedenfalls nur organische Ausscheidung, welche auf die Schlammumgebung noch zu wirken vermochte. Die Spreite war hier offenbar nur ganz locker gebunden, hatte keine mechanische Bedeutung und konnte postum zerfallen. Die aber in ganz hartem Gestein zur Bohrung gezwungenen Würmer (? der gleichen systematischen Gruppe) waren nun häufigst zu Abweichungen von dem einfachen Bauplan genötigt; die sich sonst in einfacher Verlängerung der Bauröhre erschöpfende Bautätigkeit war oft zur Umkehr oder zur Abbiegung und dann erneutem Vordringen veranlaßt. Vielfach macht es auch den Eindruck als ob die nicht tief in die feste Schicht vordringende Bohrung sich auf flache Rinnen beschränkte und der Bau sich noch

über diesen Rinnen wie bei flach über dem Boden bauenden Terebelliden und Hermelliden aus agglutinierten Teilchen selbständig emporhob. Bei Terebelliden z. B. zeigen sich gewisse Unterschiede in der Bauweise, je nachdem sie tief in den Boden dringen können oder gezwungen sind, auf der Oberfläche in flach liegenden Röhren ihr Gehäuse zu errichten. Die einfachen Aussackungen, wie sie oben auch im Innern von Röhrensystemen erwähnt wurden, für die die Annahme einer nachträglichen erosiven Erweiterung als ausgeschlossen gelten kann, können ebenso auf Behinderungen während der Höhlenanlage bezogen werden.

Desgleichen haben wir oben S. 147 wahrscheinlich gemacht, daß der Ansatz der Röhrenanlagen senkrecht zur Oberfläche von oft unregelmäßig vorragenden Grundunebenheiten auf eine gewisse Festigkeit daselbst, auf Überwindung von Bohrwiderständen hinweise; dem entspricht auch die meist senkrechte Stellung der Bohrhöhlen im Liegenden des Fossilkalks. Umgekehrt ist aber zu betonen, daß *Rhizocorallium* im Muschelkalk höchst selten senkrecht in der Schicht steht, in der Mehrzahl von Fällen entweder ganz liegend die Schicht durchsetzt oder in einem noch recht spitzen Winkel schief nach abwärts geht.

Wenn es nun zwar Tubikolen gibt, die in feste Sandsteine und Granit bohren, so sind doch die Bohrtüchtigkeiten sehr verschieden differenziert und es steht nichts entgegen, verschiedene Formen der Bohrhöhlen auch mit der verschiedenen Härte des Untergrundes in Beziehung zu setzen.

Wie sehr feine Härteunterschiede wirken, scheint mir z. B. auch daraus hervorzugehen, daß nach DOUVILLÉ die in *Ostrea edulis* bohrende *Polydora* die Flachseiten der sehr Rhizokorallien-artigen Baue konkordant mit den Trennungsschichten der einzelnen Prismenlagen in letzteren anlegt; es haben also die in der Konsistenz etwas verschiedenen, die Prismenlagen trennenden, feinlamellosen Halbperlmutter-schichten die Polydoren gehindert, die Prismenlagen zu verlassen bzw. haben sie von sich in die Prismenschichten abgelenkt.

Letzteres Beispiel kann vielleicht dafür erklärend sein, daß *Rhizocorallium* vorzugsweise flache Lagerung des Baues erstrebt, wie es auch keinem Zweifel unterliegt, daß es Schalenlagern ausweicht; dadurch ist sein Besiedler auch gezwungen, sich gegen den Vertikaldruck zu sichern.

Es dürften somit die Bohrröhren im Liegenden der Fossilbänke des Wellenkalks und *Rhizocorallium* nur verschiedene Arten des Auftretens gleicher biologischer Äußerungen sein; ich will nicht behaupten, daß die Baue denselben Gattungen und Arten angehören, aber jedenfalls nahe verwandten Gruppen der tubikolen Anneliden.

Hiermit stimmt auch das geologische Auftreten: die Bohrröhren liegen im Wellenkalk wie die Rhizokorallien des Hauptmuschelkalks in versteinierungsfreien Bänken, sind meist erfüllt mit Ockerkalk, der auch sehr oft das Mittel des Aufbaus und der Röhrenfüllung von Rhizokorallien im Hauptmuschelkalk bildet; sie befinden sich im Liegenden von Fossilbänken, deren Untergrenze nach diesem Liegenden durch eine dünne aber höchst bezeichnende Zwischenschaltung von Ockerkalk gebildet ist.

Was nun den Besiedler der Röhre selbst betrifft, so glaube ich, daß er ebenso wie der der Bohrröhren (S. 156), den Bohrwürmern zuzurechnen ist; tubikole Anneliden sind die Schöpfer und Bewohner dieser Röhren, sie sind es auch, von

denen man seit langem weiß, daß sie in ihre Röhren eigene, aus Fremdkörpern und Schlamm gebildete, mit organischem Klebstoff gebundene Wände hineinbauen.

Für die oben erwähnte (S. 239) Möglichkeit ist nachfolgendes wichtig. Es ist auch bekannt, daß unter den Würmern gewisse Rotatorien wie *Melicerta* (vgl. K. LAMPERT, das Leben der Binnengewässer, Leipzig 1910 S. 396 Fig. 200) in Koloniebildung verzweigte Röhrenbauten und zwar mit ihren eigenen Kotballen anlegen. Da ihre Bauten frei aufsitzend über dem Boden emporragen und die Tierchen verhältnismäßig beschränkt beweglich sind, können sie Bodenschlamm gar nicht benutzen, sind also auf ihre Kotballen förmlich angewiesen. Diese verwenden sie aber nicht unmittelbar, sondern die länglichen bis kugelförmigen Exkrementmassen werden dem „Pillenorgan“ zugeführt, das sie erst ganz rundlich ausgestaltet, wahrscheinlich mit organischem Schleim verknetet, um sie kleb- und dauerhaftig zu machen.

Da es nun bekannt ist, daß Tubikolen auch gerne mit Schalenfragmenten bauen, so ist es auffällig, daß dies bei *Rhizocorallium* so sehr selten der Fall ist. Da ist nun wichtig, daran zu erinnern, daß die Verwendung dieses Materials vorzugsweise im „Vorbau“ stattfindet, nicht im Einbau. Hier hat die Schalenseite einen wichtigen Grund. Durch longitudinale Kontraktionen der Muskulatur sich bewegende Würmer und Schnecken meiden den in kleinen Teilchen beweglichen Boden. Vor allem wirkt Feuchtigkeit auf Gries- und Staubform bindend; fehlt das, so scheiden die Tiere einen die Körnermasse bindenden Schleim auf ihrem Weg aus. Die agglutinierende Eigenschaft solcher kolloidaler organischer Ausscheidungen ist aber auch wieder beschränkt (kann sogar unter Wasser durch dieses vermindert werden) und zwar durch die Größe der unausgefüllten und anders unausfüllbaren Zwischenlücken der verwendeten Baukörper; je kleiner und rundlicher die Teilchen, je sicherer die Bindung. Darum mögen wohl gewisse Gruppen der Tubikolen Schalenfragmente soviel wie angängig, wenigstens im Einbau, meiden und feuchten Schlamm vorziehen.

Die Form der Röhren allein, ein Eingang und ein Ausgang mit einer U-förmigen Umbiegung, dürfte nicht so sehr bei der Entscheidung der ganzen Frage in die Wagschale fallen, nicht einmal die „Spreite“, hat doch NATHORST auch eine dem *Rhizocorallium* täuschend ähnliche Formung mit Spreite als Kriechspur eines Wurmes erzeugt gesehen.

Ich lege somit den Nachdruck auf den Nachweis der Bauwand und der einheitlichen Bauröhre und in ersterer auf das Vorhandensein der sonderbaren Baukörperchen, zu deren näherer Beleuchtung ich noch auf meinen Aufsatz „Zur Fukoidenfrage“ in dem Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt in Wien 1909 S. 615—638 verweisen möchte, wo die mögliche Beziehung aller fukoidenartigen Gebilde zu den sedentären tubikolen Anneliden des weiteren erörtert wird, soweit jene mit Ton, Mergel und Kalk petrifiziert sind.

Es wurde oben S. 240 darauf hingewiesen, daß in einzelnen *Rhizocorallium*-röhren, d. h. einseitigen Schenkeln, vereinzelte Röhrenbildungen ähnlichen Aufbaus, aber unparigen Auftretens von viel geringerem Röhrendurchmesser gar nicht selten vorkommen. Es scheint mir sehr verständlich, daß verlassene Baue mit ihrer Sicherung gegen außen und ihrer fein geschlammten Erfüllung beliebte Zufluchtsstätten und Baustätten viel kleinerer Tubikolen werden. Sie halten sich dabei

häufig an den Tiefenpunkt der unteren Wand, offenbar einen Teil der Wand des Vorbesitzers noch ausnützend; so erkennt man öfters auf Steinkernen von *Rhizocorallium* eine seichte Furche, welche man auf diese nachträgliche Besiedlung als Abdruck eines Teils der kleineren Röhre beziehen kann; ich habe davon mehrere Exemplare gesammelt und glaube auch, daß es das gleiche ist, was schon von TH. FUCHS l. c. 1895 S. 49 an einem Stücke von *Rhizocorallium* aus der Tübinger Sammlung von Rimschweiler bei Zweibrücken beobachtet wurde. FUCHS deutet auch etwas Analoges in SAPORTA (Algues foss. Taf. VI Fig. 1) als feine Wurmgänge und l. c. S. 26 spricht er gelegentlich *Gyrolithes* die Ansicht aus, daß deren „Chondritenschicht“ darauf zurückzuführen sei, daß diese Gebilde als Wurmröhren eine Wand besessen hätten, welche von anderen kleinen Würmern miniert war. Die Ausfüllung der Wohnröhre habe den Steinkörper der Gyrolithen, jene der feineren Gänge die „Chondritenschicht“ gebildet; die Regelmäßigkeit spreche für eine Art Symbiose. Ich halte die Möglichkeit dieser Entstehung für gegeben; jedenfalls ist eine nachträgliche Kolonisierung verlassener größerer Röhren bzw. ihrer Füllungen durch kleinere Tubikolen sehr wahrscheinlich. Jene Auffassungen hat TH. FUCHS bei Gelegenheit der Untersuchung einiger im Mittelmeer gefundener Cylindrites-artiger Körper der Gegenwart (vgl. Denkschriften der K. K. Akad. der Wiss. Wien LXI 1894) geäußert.

Solche kleine Röhren bzw. Röhrenfüllungen habe ich nur ein einziges Mal in der Hülle von *Rhizocorallium* im fränkischen Muschelkalk gefunden und zwar in dessen Unterseite eingeflochten, ob sie der Röhrenhülle oder der Füllung angehörten, blieb freilich nicht klar. Ganz gleiche Gebilde fand ich aber auch frei und zwar in einer feinkörnigen Mergelmasse, welche sich unter eine hohl liegende *Lima* eingeschlänmt hatte; hier war die Breite dieser „Deckung“ ganz erfüllt von einem dichten Geflecht feiner bis 2 mm breiter sich hie und da verzweigender Röhrenfüllungen, welche an das Geflecht *Filigrana implexa* erinnern. Die Füllung war ein dichter härterer Kalk, der eine recht wesentlich verschiedene Beschaffenheit hat, als der das Geflecht enthaltende Mergel. Dieses Fundstück stammt aus dem Hangenden der Spiriferinenbank vom Neuenberg bei Retzbach. Bei Elfershausen sammelte ich sie in feinkörnigen, dem Schalenkalk des Ecki-Ooliths eingeschalteten Ockerkalkschmitzen, die fast wie Bohrröhrenfüllungen aussehen.

Es ist im nachfolgenden noch etwas über die oben erwähnten Streifen der äußeren Oberfläche und ihre Beziehung zu den Baukörperchen nachzuholen.

Es ist auffällig, daß bei Rhizokorallien entweder die Netzstreifen bzw. Längsstreifen vorhanden sind oder die Oberfläche ganz mit der Baukörperchenskulptur dicht besetzt ist. In gewissen Lagen und Gegenden zeigte sich entweder nur das eine oder nur das andere und zwar in der gleichen Schicht, wo an anderen Stellen das Umgekehrte der Fall ist. Oder es zeigen sich die Netzstreifen nur in einem, z. B. dem jüngsten Stadium des Wulstes, während in der Spreite nur Baukörperchen zu beobachten sind, oder im seitlichen Außerteile sind nur Streifen zu sehen und zunächst der Spreite oder in ihr zeigen sich Körperchen; in seltenen Fällen hat man in dem seitlichen Röhrenteile Körperchenreihen und Streifen. Es ist daher notwendig, bei solcher Wahrscheinlichkeit einer gewissen Stellvertretung auf die Anordnung der beiden Gebilde noch etwas einzugehen.

Die Anordnung und Ausbildung der Streifen ist je nach der Oberseite oder Unterseite verschieden. Auf der Oberseite, woselbst der Wulst etwas breiter ist

und sich weniger hoch über die Spreite erhebt, sind die Streifen oft sehr langgezogen (bis 12 cm lang), sitzen regelmäßig und in gleichmäßigem Abstand nebeneinander und zeigen seltener Neigung sich gegenseitig in sehr spitzem Winkel zu durchschneiden. Dies tritt aber schon beim Übergang auf die äußere Seitenwand rasch ein und ist auf der ganzen Unterseite, welche etwas weniger breit, aber etwas vorragender ist, viel mehr die Regel. Hier werden aber auch die Erhebungen oft etwas höher und breiter und die Zwischenräume etwas größer. Die Netzskulptur entsteht durch das über alle Wachstumsstadien ziemlich gleichmäßig und gleich gerichtet fortgeführte Übereinandersetzen zweier schief zur Längsachse gerichteter, mehr nach hinten innen und mehr nach vorne innen auslaufender Streifen, welche für sich ziemlich lang sein können, aber langgezogene, kleinere Rhombenmaschen bilden.

Wenn man nun TH. FUCHS und DOUVILLÉ zugibt, daß diese Streifen Scharr- und Kratzstreifen sind, so darf man nicht übersehen, daß sie nicht bei einem raschen und wühlenden Aushöhlen der Wohnröhre entstanden sein können, sondern (besonders wenn Tubikolen, d. h. bilateral gebaute, blinde Anneliden dafür in Betracht kommen sollen) in vorsichtigster Langsamkeit und Exaktheit als letzte Arbeit vor dem jedesmaligen Austapezieren entstanden sein müssen.

Ein Auskratzen und Ausbrechem aus ganz hartem Material ist hierbei ausgeschlossen; die Masse, in der gebohrt wurde, mußte noch so mürb sein, daß die Streifen in einem Zug, je einer gleichmäßig neben dem andern und nacheinander gesetzt werden konnten; sie durfte nicht zu weich sein, sonst könnten sich die Streifen bis zu der Bildung der Hülle nicht erhalten.

Aus diesem geht wohl hervor, daß die Anlage der Streifen noch eine gewisse Bedeutung haben muß; ich glaube sie darin zu sehen, daß hierdurch für den Einbau der anorganisch-organischen Röhrenhülle Rauigkeiten nicht nur zu ihrem Ansatz geschaffen werden, sondern auch zu ihrem ferneren Halt bei den von den Bewegungen des Tieres ausgehenden Zerrungen an der eingelegten Röhrenhülle.

Bei noch sehr weicher Beschaffenheit des Kalkschlammes hätten solche Streifen keine Dauer und keinen Zweck; da ist es nötig, im Gegenteil die eingebaute Röhrenoberfläche mit Rauigkeiten zu versehen, um die Röhreneinheit und ihre Stabilität zu erhalten. Hierbei wurden die Baukörperchen auch zu Vorragungen der Oberfläche angewendet. Hierzu eignet sich ein dichtes Mosaik von unter verschiedenen Winkeln zusammenstoßenden Vorragungen länglicher Gestalt bei breiten Flächen; bei schmalen Flächen (vgl. *Granularia* unter den Chondriten) unter den verzweigten Röhren sind die mit den Baukörperchen identischen Granulationen quer zur Längsachse gestellt und kennzeichnen hiermit eine mechanische Bedeutung der Form und Anordnung dieser Körperchen (vgl. Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. 1909).

Neben dem regellosen Mosaik macht sich nicht selten in der Spreite eine Anordnung der Längsachse der Körperchen konkordant mit der U-Biegung der Röhre und mit der entgegengesetzten Krümmung der Vorderwand daselbst bemerkbar; auch diese kann als senkrecht zur Längsachse des ganzen Gebildes wirkend angenommen werden.

Andere Reihungen der Körperchen sind auch zu beobachten und zwar in den Netzstreifen und Längsstreifen,¹⁾ wo beide in seltenem Falle nebeneinander vorkommen, die Streifen dabei aber recht zurücktreten.

¹⁾ Vgl. oben S. 242 und SAPORTA (*Algues fossiles*) und TH. FUCHS 1895 l. c. S. 45 unten.

Ebenso wie also den Kratzstreifen der Röhren in ihrer wohlberechneten Regelmäßigkeit eine mechanische Bedeutung zuerkannt werden kann, so auch der mehr oder weniger regelmäßigen Form und Anordnung der Baukörperchen. Ich habe Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. 1909 S. 628—629 auf den Wechsel in der Gestaltung der Baukörperchen hingewiesen und verweise hier bezüglich der Wurmformung und anastomosierenden Ausbildung auf eine Abbildung, welche TH. LORENZ in Ber. d. natf. Ges. in Freiburg i. Br. von einer *Granularia* sp. gibt.

Es ist hier nur noch die Stelle, auf einige Anomalien aufmerksam zu machen, welche unserer Deutung Schwierigkeiten bereiten könnten.

In Taf. IX Fig. 17 ist ein *Rhizocorallium* dargestellt, das sich in seinem jüngeren Teile gabelt und dessen Wülste sich kontinuierlich in die Wülste der auf den konkaven vorderen Seiten der Spielhahnschwanz-ähnlichen Seitenteile fortsetzen, welche jeder für sich eine Spreite haben; aber auch die äußere hintere Einbuchtung zeigt einen Röhrenwulst, der von der äußeren Seite der einen Feder nach jener der anderen hinüberzieht, wie dies besonders an der Gegenplatte deutlich ist; das Gebilde hat also dennoch einen einheitlichen peripheren Röhrengang. Die Erklärung dieser Form ist so zu geben: an der Stelle, wo jetzt die hintere konkave Einbiegung zwischen beiden Federn zu bemerken ist, da konnte die Bohr- und Bautätigkeit aus irgend einem Grunde nicht mehr gradlinig in die Tiefe fortgesetzt werden; dagegen aber seitlich, aber auch hier scheint die Hinderung sich von derselben „äußeren“ Seite bemerkbar gemacht zu haben, so daß 1. die Spreite nicht die Breite der ursprünglichen erhielt und 2. die Bohrung im unteren Verlauf in der Richtung auch nach oben wieder zurückbog. Die derart nach beiden Seiten sich versuchende Tätigkeit der Bohrung gelangte somit zu einer Zweiteilung, wobei eine große Ganglänge gewonnen wurde, deren Breite allerdings auf beiden Seitengängen reduzierter wurde, statt daß sie bei geradlinigerem Weiterarbeiten wie sonst größer wurde. Der Gewinnst an Ganglänge scheint biologisch überhaupt von Wichtigkeit für die Besiedler zu sein. Fig. 18 stellt eine Platte von 1,25 m Länge in der langen Diagonale dar; darauf ist z. B. ein *Rhizocorallium* von 70 cm Länge, dessen Röhre nicht viel dicker ist als die der Exemplare von bedeutend geringerer Größe auf der gleichen Platte. Diese Länge nimmt das Tier natürlich nicht ganz ein; es ist eben ein Gang und ein Versteck, dessen Einkrümmung auch eine Schutzbedeutung hat; ich schließe, daß, wenn das Tier selbst sich in dem Maße vergrößerte, wie der Bau sich verlängerte, auch die Breite des Ganges und die der Umbiegung viel stärker zunehmen müßte. Das Bau- und Bohrbedürfnis scheint ein gewisses, instinktiv gehaltenes Maß einzuhalten, das natürlich zu zweckmäßigem Erfolge benützt wird.

Auf diese Weise erkläre ich mir die Drei- und Vierbeine, welche HOSRUS beschreibt; auch hier scheint das senkrechte Tiefenwachstum in den weichen Ton der Unterlage der Schicht wegen des Druckes auf den Bau nicht unbeschränkt gewesen zu sein; das Tier suchte eine vermehrte Ganglänge dadurch zu gewinnen, daß es von einem der vorhandenen Röhrenschenkel eine zweite U-Röhre mit Röhrenschenkel und mit einem Ausgang nach außen baut, von dem anderen Röhrenschenkel eine Verbindung nach dem neuen Ausgang sucht. Dieses Verbindungssystem dürfte eher den Seitendruck auf die Röhren vermindern, besonders wenn zwei solcher Baue sich eng aneinander lagern; bemerkenswert ist hier die senkrechte Stellung.

Es ist zu betonen, daß bei weichem Schlamm durch derartige Einbauten als Substruktionen das Wohngebiet gegen die Wirkungen des Hangend-

und Seitendrucks gesichert ist; von diesem Standpunkt kann auch vielleicht die Zweiteilung im ersterwähnten Falle nicht als ein Ausweichen, sondern als eine zweiseitige gleichmäßige Substruktion der Wohnperipherie bei Verschmälerung der Spreite beurteilt werden.

In diese Gruppe von Ungewöhnlichem gehört auch die zweimal bei aus dem Oberen Muschelkalk des Maingebietes gesammelten Rhizokorallien beobachtete Erscheinung, daß der eine Wulst (bzw. die Wulststreifen der Spreite) sich auf der einen Seite nicht bis zum Ende des anderen Wulstes zurückbiegt und somit einen eigenen Ausgang gewinnt, sondern schon vorher nach innen hin zu einer zweiten U-Biegung abbiegt, welche sich erst bis zur ganzen Länge des ersten Wulstes mit Erreichung des zweiten Ausganges der Röhre rückwärts erstreckt. Der Bauplan ist hier der eines kursiven großen *W* oder zweier mit dem Unterende aneinandergelegter *J*, von welchen eines das Spiegelbild des anderen ist. Die Form des einfachen *J* haben auch die von den amerikanischen Forschern als *Daedalus* bezeichneten Einzelröhren, deren hakenartige Gestalt sicher der Befestigung dient, was auch noch durch das häufig noch spiralische Wachstum des Baus gefördert wird (vgl. TH. FUCHS l. c. 1909 S. 343 Fig. 4—6). Die beobachtete *W*-form bietet die Möglichkeit der starken Verlängerung des Baus mit Umgehung einer tatsächlichen Tiefe. Das gleiche gewährt die spiralische Eindrehung; diese ist bei Rhizokorallien recht selten, im allgemeinen erfolgt nur eine wellige Biegung oder einfache Drehung. Am Ravensberg in den Schichten um den Ecki-Oolith fand ich aber Rhizokorallien, deren einer Arm vertikal durch das Gestein setzt, deren anderer in idealster Spirale um diese vertikale Achse herumzieht. — Diese Eindrehung gewährt so die Ausnützung eines verhältnismäßig geringen Raumkörpers bei einer außerordentlichen Länge der Laufröhre, was zu den Vorteilen des „Spiralbaus“ gegenüber denen des „gestreckten Verzweigungsbaus“ hinzuzunehmen wäre (vgl. Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. 1909 S. 631—635)¹⁾. Solche Raumausnützung bei Röhrenverlängerungen mit Hilfe von Verzweigungen haben wir auch oben (S. 140, 4 und 5) bei Bohrröhren in eigener Weise kennen gelernt.

Kap. 35. Andere unzweifelhafte Tubikolenbauten (Cylindrites zum Teil) im Hauptmuschelkalk.

Taf. IX Fig. 19 stellt eine wurmförmig gebogene Röhre dar, die nur zur Hälfte erhalten, reichlich Baukörperchen in der Wandung enthält; zu *Rhizocorallium* ist diese Bildung nicht zu rechnen; sie liegt aber, wie dies oft der Fall ist, flach auf einer Petrefaktenschicht in einer dünnen Kalkmergel-Decke, wie eine solche auch die Basis dieser Fossillage bildet; vielleicht gehören zu derartigen Einzelröhren auch die Querschnitte der Taf. X Fig. 6—8, die ich als unpaarige lange Stengelgebilde im Wellenkalk häufig fand; jedenfalls auch die in Fig. 13, 14 und 15 dargestellten, oben S. 241 schon wegen der Baukörperchen berührten Röhrenbauten aus dem Hauptmuschelkalk.

In den Pflastersteinbänken mit zahlreichen Rhizokorallien finden sich indessen auch häufig viel schmalere, die Schichtung quer oder schief durchsetzende Röhren mit

¹⁾ Hier werden auch die neueren Darlegungen über *Rhizocorallium* naheverwandte Bildungen von H. DOUVILLÉ und CLIFTON J. SARLE im Anschluß an die grundlegenden Auffassungen von TH. FUCHS besprochen. FUCHS faßt auch in einer eben erschienenen Studie: „Über einige neuere Arbeiten zur Aufklärung der Natur der Alectoruriden“ die erwähnten Forschungen in einem mit unseren Darlegungen übereinstimmenden Sinne zusammen. Mein Beweismaterial bringt hierzu von ganz anderer Seite volle Ergänzung.

Ockerkalkfüllung von oben und mit mehreren kontinuierlichen Wandhüllen (Taf. IX Fig. 20); sie scheinen Schwesterbildungen zu sein mit jenen schmalen Einzelröhrchen aus den Röhrenkalken des Wellenkalks, die aber dort keine eigentliche Bauhülle haben. Sie sind stellenweise außerordentlich häufig und durchschwärmen förmlich die dichten, sonst fossilfreien Mergelkalk-Abteile dieser Bänke. Ich sehe, daß diese sehr stark an die in den jurassischen und kretazischen Fleckenmergeln erinnernden Einschlüsse mit jenen „algenartigen Bildungen“ identisch sind, welche F. SANDBERGER l. c. 1892 S. 13 in wulstigen Kalken unterhalb der Semipartitusregion von Sommerhausen unter 30 und 25 erwähnt; zum Teil sind letztere aber auch Einschlüsse, welche wir im nächsten Kapitel eingehender besprechen.

In die Kategorie jener Einzelröhrchen gehören auch jene Durchbohrungen in den quarzitären Bänken der Unteren Lettenkohle (S. 7, 6), welche zumeist mit weniger quarzitären Material ausgefüllt sind. Dies erinnert an ganz gleiche Vorkommen in dem quarzitären Chirotheriumsandstein Frankens; die Röhrchen sind hier mit einem vom Hangenden her eingefüllten, feinkörnig tonigen, glimmerreichen Sandsteinmaterial erfüllt, welches dagegen nie quarzitär geworden ist. Die Bohrung und die Lebensdauer fand, könnte man meinen, in der schon in endgültiger Weise mit Kieselsäure durchsetzten Bank statt, zum mindesten vor der Erfüllung der von ihren Bewohnern verlassenen Röhren durch das Sediment des Hangenden; Verzweigungen zeigen sich hier nicht. In den Plattensandsteinen sind diese Gebilde ebenfalls schon sehr häufig, dringen aber auch in die Lagerungsfugen, wo sie zu Verzweigungen neigen. Auch in der Unteren Lettenkohle zeigen sich in sandigen Schiefern ungefähr gleich breite, aber sich verzweigende Gebilde (S. 7, 6), welche hinüberführen zu den im nächsten Abschnitt behandelten Formen.

Kap. 36. Über sogenannte Steinengel (rhizomoide Kalkeinschlüsse).

1. SANDBERGER, SCHUMACHER, M. SCHMIDT u. a. erwähnen im Wellenkalk stengelartige Einschlüsse oder Bänder von graugrüner Tonmasse bis 1 cm Breite z. B. in der Spiriferinenbank und den Terebratelbänken; es sind Einschlüsse, die sich gabeln können, die SANDBERGER für Algen hielt, bei deren Betrachtung aber M. SCHMIDT (l. c. 1907 S. 55) treffend an Ausfüllungen von Hohlräumen denkt, wie sie als Kanäle in der Ebbezone der heutigen Meere etwa *Arenicola piscatorum* bewohnt.

In der Form, wie sie in diesen Fossilbänken vorkommen, habe ich diese Bildungen recht selten gesehen, nur einmal in dem Ecki-Oolith, wo sie allerdings lebhaft an die sich schwach gabelnden „Fukoiden“ von grüner toniger Petrifikationsmasse der Schichten der unteren Lettenkohle, wie wir sie S. 4, 5 und S. 7 erwähnten, erinnern. Gewöhnlich kommen morphologisch höchst ähnliche Bildungen in den versteinungsleeren Wellenkalken vor und zwar in mehreren, aber nicht fixierten oder schwer fixierbaren Horizonten. Fig. 21 Taf. IX zeigt einen solchen Stengel in Gesellschaft mit *Rhizocorallium* aus dem Liegenden des Schaumkalks bei Neubrunn, Taf. XI Fig. 9 und 10, aus dem gleichen Horizont bei Birkenfeld, Fig. 11 aus dem tieferen Liegenden des Ecki-Ooliths bei Steinbach (Wiesenfeld). Fig. 9 und 10 zeigen die Gabelung, welche häufig drei gleichmäßig stumpfe Winkel bildet und fast keine Unterscheidung von Stamm und Zweig machen läßt. Für gewöhnlich sind diese Stengel nicht nur oben und unten, sondern auch an den Seiten frei aus dem Stein heraus zu lösen; bei Fig. 9 dagegen ist die Seite des plattgedrückten Körpers zum Teil mit dem anliegenden Schichtgestein verwachsen; ich beobachtete dies nur bei

plattgedrückten flachen Formen, bei denen die tonige „Scheide“ in der Peripherie, welche die Loslösung überhaupt ermöglicht, sehr gering vertreten ist.

2. Hierbei ist nun gleich ein Hauptunterschied der fränkischen Vorkommen von den oben erwähnten zu betonen; die meisten sind zum größten Teil mit Kalk petrifiziert, d. h. der Körper besteht aus Kalk, der dem Gesteinshabitus nach sich von dem des umgebenden Wellenkalks nicht unterscheidet. Ich muß einschränkend bemerken, dies gilt, wenn die Füllung Kalk ist; sie ist aber auch gelegentlich ganz tonig, dann ist aber der Ton identisch mit den Tonzwischenlagen der Umgebung.

3. Hier liegen nun einige merkwürdige Tatsachen vor. Taf. XI Fig. 11 zeigt z. B. links ein breites dunkelbraungraues, ziemlich reichlich feinen Glimmer enthaltendes Tonband, das im Querbruch, der sehr niedrig linsenförmig ist, entsprechend einer schwachen Erhöhung innen etwas kalkiges Material enthält; diese kalkige Masse schwillt nun nach einer Seite an, verfolgt dabei einen durchaus nicht regelmäßig an die Mitte gebundenen Verlauf und erhebt sich endlich auf der rechten Seite fast senkrecht zu der bisher eingehaltenen Ebene und zwar fast in jener Höhe, die vorher als Breite gemessen wurde, wobei aber nun die eigentliche Breite bedeutend geringer ist. Bei der Einsammlung noch zahlreicher Exemplare von diesem Fundpunkt ließ sich folgendes feststellen: Ist die tonige Masse allein oder im Übergewicht an der Bildung der „Stengel“ beteiligt, so liegen die Gebilde in allen Fällen mit ihren flachen Seiten ungefähr gleichförmig mit den Schichtflächen; ist aber Kalk die Versteinerungsmasse, so steht die längere höhere Achse des Gebildes stets annähernd senkrecht oder sehr steil auf jenen.

Dieser Fundort zeigte mir nun bezüglich des letzterwähnten Verhaltens nichts Neues; denn in den meisten Fällen der Auffindung, wo die Petrifikationsmasse stark oder rein kalkig ist, da stehen diese Stengel ziemlich regelmäßig aufrecht, wenn nicht gerade immer vertikal, aber doch so, wie man es dem Schichtendruck nach gar nicht erwartet, also schief steil mit der langen Querschnittsachse aufwärts gerichtet. Es ist schwer zu erraten, wie wohl die primäre Form der Gebilde ist; sie sind höchst selten einfach kreisrund. Jedenfalls ist die stark stratisch abgeplattete Form mit Tonfüllung nicht die primäre, besitzt nicht den ursprünglichen Durchmesser, sondern eher das Maß der halben Peripherie. Die hohe Form blieb offenbar auch nicht ganz unverändert; denn liegt der Kalkkern etwas einseitig, so zeigt sich doch noch ein Tonbändchen auf der anderen Seite.

Es ist demnach auch schwer, ein Maß für die Breite dieser Gebilde zu geben; die Summe von Höhe und Breite schwankt an einem Fundort zwischen 8 und 26 mm. Sehr selten sind solche Stengel¹⁾ von 1 und 3 mm Breite. Die Breite ist aber auch nach den Fundorten verschieden.

4. Sonderbare Abarten dieser Bildungen finden sich in regelmäßigen dünn gelagerten Wellenkalkschichten, z. B. unter der Schaumkalkbank; hier fand ich einen Stengel, unten spitz zugerundet, oben verbreitert mit einer ganz ebenen, nach der steilen Seite winkelig abgesetzten Bodenfläche; hier sieht man, daß diese Gebilde sich oft an eine Lagerungsfuge halten, mit ihrem hoch gestellten Körper ebenso in die Hangendschicht wie in die Liegendschicht hineinragend; nach den Schichtfugen bildet der hochgestellte Körper eine Seitenkante; die eben besprochene Bodenfläche

¹⁾ Diese kleinen Röhren beobachtete ich im Liegenden der Schaumkalkbank; andere Vorkommen wurden schon gelegentlich der postumen Ausnutzung von *Rhizocorallium*-Füllungen durch kleinere Gebilde ähnlicher Gattung S. 248 erwähnt.

scheint eine Art Adaptionsfläche an eine untere Schichtfläche zu sein, welche nicht überschritten wird; so gibt es Querschnitte, die regelmäßig viereckig und sechseckig sind, die jedoch als Seltenheiten zu gelten haben.

5. Von hoher Wichtigkeit scheint mir ein anderer Fund, von dem ich eine Anzahl Belegstücke sammelte; die Stengel waren hier in einem Ockerkalk (vgl. S. 172) eingelassen, der in unregelmäßigen Zügen im Innern eines Kalks liegt und Kristalllöcher aufweist; diese Masse war wieder oben bedeckt mit einem fast plattig abgeschlossenen grauen Kalk. Die „Stengel“ bestehen alle aus dem schwarzgrauen Kalk des Hangenden und münden, mit ihm fest und einheitlich verbunden, dahin aus. Vereinzelt dieser Stengel zeigen Längsböhlungen, die mit Kalkspat ausgekleidet wurden; auch hier sind die Querschnitte der meisten dieser Gebilde hoch elliptisch aufrecht gestellt, nur wenige neigen nach der flächenhaften Lagerung, andere sind eckig rundlich, erst im Verlauf hoch oval werdend. Hier im Ockerkalk sind sie völlig und scharf von der Umgebung getrennt, trotzdem sie keine oder nur sehr geringe, feinsandig-glimmerige Tonhülle haben; in der oben abschließenden Deckelzone aber, welche aus einem der Füllung homogenen Kalk besteht, sind sie mit diesem so sehr eng verschmolzen, daß man nur bei einzelnen erkennen kann, daß sie jedenfalls zum großen Teil auch diesen durchsetzen; mehrere münden in der Tat an der ebenen Oberfläche der Bank aus. Ob die bemerkbare Tatsache, daß hier öfters eine dunklere Außenzone oder daß eine Höhlung vorhanden ist, darauf schließen läßt, daß hier eine Kalkhülle ausgebildet sei oder nur eine Konzentration von Lösung nach der Außenrinde, das ist nicht zu entscheiden; ich neige zu letzterer Auffassung und verweise hierzu auf andere oben S. 172—175 ausführlich beschriebenen Eigenschaften in dieser Bank. Wir wiederholen hier nur die wichtige Tatsache, daß diese Stengel als Höhlenfüllungen nur die offenbar weicheren ockerigen Schichtteile einhalten und die vorher schon erhärteten knolligen Teile grauen Kalkes meiden.

6. Zu betonen ist die auch hier auffällige, auf- und abgerichtete Durchflechtung der Stengel, die überall da auftritt, wo die Gebilde sich an das Innere einer dickeren Schicht halten. Bei dieser Gelegenheit ist es seltener, bei dünnplattigen Schichten aber nicht selten, daß ein Stengel den andern derart durchschneidet, daß dessen Körper vollständig verschwunden ist. In ähnlicher Weise durchschneiden die Kalkstengel auch *Rhizocorallium* in beiden Röhrenschenkeln zugleich, indem sie entweder Teile von dessen Körper oder diesen auch völlig quer unterbrechen (Taf. IX Fig. 21).

Eigentümliche, oft plötzliche Erweiterungen und Änderungen des Querschnitts mit plumpen, stumpf gerundet endigenden Seitenzweigen scheinen das blinde Ende der Stengel zu kennzeichnen; die Stengelkörper stecken in den Schichten wie kleine schmale Schlangensteine mit einer oberen breiten Anpassungsfläche in der Hangendschicht, welche sich infolge des späteren vertikalen Zusammensitzens der Schichten (vgl. unten) um die Seitenkanten etwas herumbiegt.

Man könnte vielleicht annehmen, daß diese Stengel Füllungen von solchen eckig verzweigten Zerspaltungen wären, welche wir oben als stratische Septarienzerreißen bezeichnet haben. Die oben beschriebenen Endigungen lassen diese Ansicht aber ebensowenig begründet erscheinen, wie die Tatsache, daß jene Spaltenfüllungen mit den Gesteinen stets eng verschmelzen. Dies ist bei den „Stengeln“ nicht der Fall, weil sie in der überwiegenden Mehrzahl der Beobachtung mit einer feinen tonigen Hülle umgeben sind, wie sie auch noch eine tonige Füllung oder

außer der Hülle auch keine Füllung haben können. In diesen letzten Fällen sind aber diese Füllungen stratisch flachgedrückt, d. h. über einen komprimierbaren, vielleicht noch dazu teilweise hohlen Tonkörper gab die Masse der sie einschließenden Schicht ohne Anzeichen eines Einbruchs, in voller Substanzkontinuität bleibend, nach; sie sank ihrer eignen Schwere folgend zusammen, drückte dabei nachgiebigere Körper auch platt und schmiegte sich ihnen in ihrer Plastizität vollkommen an; dies beweist, daß der sie einschließende Schichtkörper noch weich war; es können also jene „Zersprengungen“, die eine gewisse Erhärtung vor der Ausfüllung voraussetzen, nicht herangezogen werden.

Ich halte nach allem auch diese Gebilde für Wohnröhrenausfüllungen, soweit ihr Kalkkörper in Betracht kommt; die oft allein bestehende, den Kalk umhüllende Tonmasse halte ich für eine spontane Wandauskleidung, die ja auch gelegentlich von Kalk gebildet sein konnte. Auf Grund der nun erweiterten Tatsachen bin ich im Sinne der von M. SCHMIDT gegebenen Vermutung der Meinung, daß es sich um Bauten von Würmern handle, welche regelmäßig verzweigte Gänge zu bohren pflegen. Die Bewohner der Röhren scheinen einer anderen Gruppe der Tubikolen anzugehören als *Rhizocorallium*, da sie sich ganz besonders an gewisse Petrefaktenfreie Schichtgebiete halten, in denen ja wohl auch *Rhizocorallium* regelmäßig mit ihnen vorkommt, aber in der Frequenz der Bauten recht zurücktritt.

Wie die seitliche Kompression bei der Kalkfüllung zu erklären ist, das wäre rätselhaft, wenn man diese Form und Stellung der Röhre nicht als primäre, der Bohrtätigkeit zuzurechnende anzunehmen geneigt ist. Ich erwähne hierbei eine Beobachtung und Einsammlung aus tertiärem Kalk der Rheinpfalz, in welchen trotz ganz regelmäßiger Lagerung der Schicht sämtliche Cerithien entgegengesetzt zur normalen Druckrichtung, also senkrecht zu den Schichtflächen komprimiert waren, so daß die lange Achse der stark elliptisch gewordenen Querschnitte aufrecht, nicht wagrecht standen (vgl. S. 76, 3).

Ich glaube aber nicht, daß man zu diesem immerhin bemerkenswerten Vorgang diagenetischer seitlicher Kompression seine Zuflucht zu nehmen hat; ich hege vielmehr die Ansicht, daß es sich auch hier bei Röhren, die im allgemeinen mehr flach in den weichen Boden gebohrt wurden — und bei ihren Bewohnern, die scheinbar zu festen Eigenbauten weniger veranlagt sind — um etwas Mechanisches handelt; die senkrecht erhöhte Form der Röhren scheint nämlich gerade gegen Druckwirkungen von oben besonders günstig gewählt; manche Stengelquerschnitte haben in ihrer nach oben schmälern Rundung und ihrer am Boden stumpfen und flachen Biegung große Annäherung z. B. an einen Tunnelquerschnitt. Die mit solchem Querschnitt oft verbundene gleichwinkelig dreiteilige Verzweigung dürfte in hervorragendem Maße substruierend gegen den Zusammenbruch von oben wirken, wobei nicht außer acht gelassen werden darf, daß eine solche Verzweigung auch in den ersten Stadien der Anlage Feuchtigkeitentziehend wirkt, daher auch drainierend und festigend die Wohnortperipherie dieser ihren Bau lebenslang behaltenden Bewohner sichert.

Daß SANDBERGER ähnliche Gebilde *Sphaerococcites* nannte, kann bei der auch tonigen Erhaltung der Fossilien morphologisch in gewisser Weise begründet erscheinen. Sehr selten sind gleichartige, 1 mm schmale fukoidenartige Gebilde auf der Schichtfläche, die ich im Anschluß hieran erwähnen möchte und zwar im Liegenden des Schaumkalks in kalkiger Petrifikation.

Kap. 37. Über Spongeliomorpha-artige Einschlüsse im Wellenkalk.

1. Diese merkwürdigen Fossilien, welche auf Taf. XI Fig. 12—22 abgebildet sind, möchte man auf den ersten Blick für Wurzeln halten; sie sind häufig drehrund, öfters auch nach den Seiten, wo seitenwurzelförmige Abzweigungen abgehen, zusammengedrückt; Fig. 12 zeigt solche Ansätze abgebrochener Seiten„wurzeln“ auf der linken Seite. Fig. 14 bietet eine große Verzweigung, die ungefähr Schichtlagerung einhielt, von der Unterseite, links eine quer zur Schichtung abwärts gerichtete Seitenwurzel, rechts oben am oberen Ende des Stammes eine nicht sichtbare nach aufwärts; an beiden Stellen endet aber der Hauptstamm in einer unregelmäßigen, stumpfen Abrundung. Derartige sonderbare Endigungen dickerer Stämme mit Abzweigungen schmalerer Stämmchen senkrecht oder schief quer zu der schieferigen Zusammensetzung des Gesteins zeigt Fig. 18 von oben, Fig. 19 und 20, beide letzteren von der Seite. Neben rechtwinkligen Abzweigungen treten auch (Fig. 21) dreiteilige, fast gleichmäßige Vergabelungen wie die im Kap. 36 erwähnten auf.

Die Oberfläche ist meist unregelmäßig wulstig quergerunzelt; Fig. 13, dessen Original flachliegend aus Mergelschiefer herausgearbeitet wurde, in die es sich mit der Spitze langsam nach dem Liegenden zu einsenkte, zeigt auf der Unterseite eine in dem Bild nicht hervortretende, starkkantige Erhebung unregelmäßig verlängerter Buckel (auch an dem Zweig); die angewitterte Oberseite ist flacher. Die Lagerungsart im Gestein zeigt Taf. V Fig. 9 und 10 (unterster Wellenkalk bei Kissingen und Elfershausen O. von Hammelburg).

Fig. 19 zeigt in den nach oben gerichteten dünneren Seitenstümpfen eine ganz regelmäßige an *Rhizocorallium* erinnernde Längsstreifung; diese tritt auch bei einer Anzahl von Exemplaren auf der flacheren nach oben gerichteten Längsseite auf, aber nur dann, wenn die quere Wulst-Runzelung der gewölbten Seite in einer meist ziemlich scharfen Grenze abbricht; dies stellt Fig. 16 bzw. 22a (Oberfläche), 22b (Unterfläche) dar. Man hat, äußerlich genommen, ganz das Bild einer holzigen Wurzel, deren Rinde verletzt und längszerrissen ist und über deren bloßliegendem längsgestreiften Holzkern vom unverletzten Stammteil her die Stammverdickung mit Rinde wieder wulstig hinüberwächst (vgl. Fig. 17, rezent). Dabei ist auch zu erwähnen, daß dieser vorwachsene Teil von der einen Seite her, wie z. B. bei Fig. 22 auch im Querschnitt leicht nachzuweisen ist, deutlich in einer Gesteinsdifferenzierung durch den Körper hindurch, rindenartig einen Kern umgebend, nach der Wulstgrenze der Gegenseite hinüberzieht und in diese mündet. Bei einseitig oberflächlicher Lage des Stammkernes sieht man auch gelegentlich von diesem Kern einen freien Seitenstamm mit der geringeren Breite abzweigen. Man darf so schließen, daß auch da, wo ein gestreiftes Kernstück aus einem rings gleichmäßig gebildeten Stamm frei austritt, es ursprünglich einen wichtigen Teil des ganzen Urgebildes ausmachte, der aber nicht mehr erkennbar ist, weil er nicht an die Oberfläche trat; die Versteinerung gibt ja nur die Füllung der Hohlform mit dem Abguß des Negativs der Oberfläche des Urgebildes, nicht dessen Innenbau selbst. Letzterer tritt nur dann schwach in Erscheinung, wenn der Innenkern ganz einseitig liegt und auch dann nicht immer. Es ist zu betonen, daß nach mehrfachen Beobachtungen am Anstehenden diese einseitige Lage des Kernstamms stets nach oben orientiert ist.

2. Diese eigenartigen Gebilde liegen im dünnschichtigem Mergelschiefer der tiefsten Wellenkalkschichten mit *Rhizocorallium* zusammen, sind in vollständig gleicher Weise mit gleichfarbigem und gleichartig dichtem Kalk petrifiziert wie dieses

und zeigen in ihrem Innern wie die überlagernden harten Kalke keine Fossilreste, nur haben sie oft wie *Rhizocorallium* an dieser Fundstelle im Innern jene vielgenannten Pseudomorphosen von Kalzit nach Zölestin oder Baryt, deren Kristalllöcher (vgl. Taf. VIII Fig. 13, Querschnitt) oder Zölestin selbst.

Meist zeigt nun der Querschnitt eine gleichmäßige Art der Körpermasse, wenigstens was den dichten Kalk betrifft; vereinzelt erkennt man aber eine Lagerung, welche an jene sedimentär stratifizierte Ausfüllungen der *Rhizocorallium*-Röhren erinnert (vgl. Taf. X Fig. 7—11).

Hierbei muß ich erwähnen, daß ich an dem gleichen Fundort in der gleichen Schicht Rhizokorallen sammelte, die bei einer etwas unregelmäßigeren Gestaltung des Fortwachstums und der Spreite auf der Unterseite ganz die gleiche Wulst-runzelskulptur besaßen (vgl. S. 241), hingegen auf der Oberseite die normalen längs gerichteten Netzstreifen. Eines dieser *Rhizocorallium*-Exemplare endete sogar sein Wachstum nach einem vorletzten Zuwachs von der Hälfte der vorhergehenden Breite mit einer einfachen stumpfen Spitze; der Querschnitt der einen der vorderen Röhren war nicht von den Querschnitten von Formen, wie etwa Fig. 22 und 23 sie geben, zu unterscheiden.

3. Wenn wir so mit Nachdruck auf eine ähnliche Entstehungsweise wie die von *Rhizocorallium* verwiesen werden, so möchte ich hier an die Taf. V Fig. 14 und 15 gegebenen Querschnitte von unpaaren Röhren mit Bauhülle und sedimentärer Ausfüllung erinnern. Wir haben gesehen, daß es sich bei diesen Röhren um von unten oder von der Seite nach oben und nach der Seite verlegte Bauten und Bohrungen handelt, wobei sogar (Fig. 14) die Röhre bzw. ihre Füllung auf der einen Seite noch ohne Hülle unmittelbar an das Sediment anstößt. Man sieht hierbei auch, daß die eigentliche Röhre einen ziemlich geringen Teil des ganzen Bauumfangs einnehmen kann. Dies zeigt sich nun auch in mehreren Querschnitten der vorliegenden Körper, daß die Breite des längsgestreiften Kernstammes bzw. der Kernäste ein Drittel bis ein Viertel der Breite der wulstigen Hülle beträgt. Ich kann mich daher, trotz der hochgradig wurzelartigen Form dieser Gebilde, der Anschauung nicht entziehen, daß es sich um die Ausfüllung einer Bohrröhre ganz nach Art der Bildung von *Rhizocorallium* oder *Cylindrites* handelt.

Für die „Verlegung“ der Wohnröhre nach oben kann man einen Grund wohl in der Druckzunahme bei anwachsender Bodenschicht sehen; das dürfte ganz besonders da eine Bedeutung haben, wo ungleich den in Taf. X Fig. 13—15 dargestellten Röhren keine anorganische Verstärkung der organischen Auskleidungen vorzuliegen scheint. Wie ich im Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. 1909 ausführte, spielt ja die Sicherung und Festigung des Röhrenbaus bei Tubikolen eine wichtige Rolle; es dürfte auch nicht nur die Form der Verzweigung bei gestreckten Einröhrenbauten und die der spiralen Drehung bei flächenhaft verbundenen hakenförmigen Zweiröhrenbauten, sondern auch die des Querschnitts der Röhre selbst durch dieses gleichsinnig von dem Zweck der Erleichterung der Bohrtätigkeit selbst unterstützten Ziele beeinflusst sein. In letzterer Hinsicht wirkt natürlich auch der Härtezustand der Wohnschicht auf die Art und Weise des Bohrens und Bauens ändernd ein.

So möchte ich die Tatsache der Verzweigung bei den Steinstengeln ebenso wenig für die pflanzliche Abstammung in die Wagschale werfen, wie bei den tonig versteinerten sogen. Fukoiden. Die höchst wurzelartige Gestaltung der *Spongeliomorpha*-artigen Gebilde, ihre große Breite und rasche Zuspitzung darf um so weniger

bestechen, als ja ein wichtiger Teil des Gebildes, der Kernstamm, mit dieser äußeren Form gar nicht identisch zu sein scheint und eine gleichmäßig röhrenartige Gestaltung hat.

Auffällig ist jedenfalls auch von biologischem Standpunkt das gleichzeitige Vorkommen von *Rhizocorallium*, Steinstengeln und *Spongeliomorpha*-artigen Einschlüssen in von Versteinerungen sonst völlig entblößten Schichten an verschiedenen weit voneinander entfernten Orten.

4. „*Spongeliomorpha*“ aus der Grenzschicht von Kreide und Miozän von Alcoy, mit welcher Form ich die Gebilde des fränkischen Wellenkalks vergleiche, hat nach SAPORTA¹⁾ nämlich auch ein *Rhizocorallium* zum Begleiter in derselben Schicht; die Skulptur dieser *Spongeliomorpha* ist, wie dies schon SAPORTA hervorhebt, nicht ohne Analogie mit *Rhizocorallium*; die Analogie ist aber, nach den Figuren zu urteilen, morphologisch eine vollständige; wir erwähnten den umgekehrten Fall, jenen des außergewöhnlichen Auftretens der querwulstigen Skulptur statt der längsgestreiften Netzskulptur bei *Rhizocorallium* neben dem Vorkommen von *Rhizocorallium*-Skulptur an dem Kerne der *Spongeliomorpha*-artigen Körper.

Ob die von M. SCHMIDT l. c. 1907 S. 30 aus dem Wellengebirge von Freudenstadt beschriebenen und auf gewisse analoge, von PHILIPP (Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1904) aus dem Gebiete der Trias von Predazzo angeführte und abgebildete Versteinerungen bezogenen Körper hierher gehören, wage ich nicht zu entscheiden; die von SCHMIDT gegebene Deutung ist mir recht unwahrscheinlich. Erwähnen möchte ich von meinem Vorkommen das, daß die senkrecht emporsteigenden Seitenzweige sehr häufig durch die kleinen Schiefer- und Schichtbewegungen betroffen worden sind und offenbar, einer gewissen Lagerungsausfüllungsstruktur nach, leicht nach den horizontalen Ebenen zu spalten scheinen.

Wir haben oben schon angeführt, daß gewisse Ausfüllungen mehr senkrecht stehender Bohrröhren eine der Rundung ihres Bodens konkordante bogige Lagerung der Teilchen annehmen,²⁾ wobei ich auf Taf. IV Fig. 4 und 5 verweisen konnte; sehr auffällig ist diese bogige Lagerung bei den Ausfüllungen gewisser zweifellos zu Bohrröhren zu rechnenden, noch kleineren Röhren in den Chirotheriensandsteinen und Plattensandsteinen Frankens, aus welchen letzteren ich auch *Spongeliomorpha*-artige Gebilde kenne. — Ich möchte vermuten, daß die schüsselförmigen Vertiefungen, mit denen diese rundlichen, die Schichten quer durchsetzenden Gebilde auseinanderbrechen, auf einer ähnlichen Lagerungsstruktur der Röhrenausfüllung beruhen. Daß es bei der Ausfüllung solcher zylindrischer Räume zu Strudelungen kommt, wobei die Bewegung an den Wänden langsamer ist und dort die größeren Teilchen eher zur Ruhe kommen, das ist so gewiß, wie, daß die in der Achse der Strudelung länger suspendierten Teilchen, z. T. auch die leichtesten wie Ton etc. endlich in einer mittleren Vertiefung sich ablagern; etwas derartiges kann endlich zu einer strangartigen, tonigen Achse Anlaß geben, wie dies ja auch M. SCHMIDT vorschwebte; ich glaube nicht, daß die ursprüngliche Röhre nur auf diesen Tonstrang beschränkt war, sondern die größere Breite des Gebildes einnahm und daß die Bewegung der

¹⁾ Bull. de la soc. géol. de France. Tome XV S. 298. SAPORTA erwähnt die Gebilde auch aus dem Pariser Grobkalk.

²⁾ Derartiges findet sich auch in der Ausfüllung von Wurzelhöhlungen im Löß durch langsamen Absatz von lehmigen Suspensionen bei der Durchwässerung von oben. Diese Ausfüllungen sind gelagert wie ein Satz von Uhrglasschälchen.

Teilchen von oben nach unten stattfand und nicht durch Gasauftrieb von unten nach oben, wie dies M. SCHMIDT annimmt.

Völlig mit M. SCHMIDT stimme ich überein, daß die Körper, so wie sie vorliegen und eine Reihe von Schichten hindurchsetzen, strenggenommen keine zu irgend einer Organismengruppe gehörigen „Fossilien“ sind, während ich auch nicht glaube, daß sie einen rein mechanischen Ursprung haben; sie dürften in der Beschreibung einer Fauna wohl ihren Platz finden als Ausfüllungen von Röhren wurmartiger Bewohner.

Kap. 38. **Rhizocorallium und verwandte Einschlüsse im Muschelkalk in ihrer Bedeutung für die Fukoidenfrage.**

1. Im Jahrb. der K. K. Geol. Reichsanstalt 1909 S. 625 habe ich auf Grund der Untersuchung einiger wohl erhaltener „granulierter“ Fukoiden und des vorläufigen Vergleichs mit den Granulationen von *Rhizocorallium*, die Anschauung befürwortet, daß diese Granulationen nach außen und innen selbständige anorganische Körperchen seien, welche nur in einer Rindenzone einer sonst mit Ton bzw. Kalk erfüllten Röhre vorkommen, wobei die Ausfüllung der Röhre selbst oft durch eine andere Substanz geschehe; es wurde hierbei an die Anschauung von TH. FUCHS angeknüpft, daß die meisten als Fukoiden angesprochenen Petrefakten mit Ton erfüllte Röhren von bohrenden Organismen seien. Als solche Bohrungen ausführende Tiere wurden im Hinblick auf die regelmäßig gearbeiteten Wandkörperchen und die Bautätigkeit der lebenden tubikolen Anneliden letztere auch als die Urheber der Fukoidenbauten erklärt; hierbei wurde aber noch festgestellt, daß die Bauwände nicht bloß aus individualisierten ovoiden Körperchen, sondern auch aus Schuppen-, Ring- und Fladen-artig geformten Baumassen zusammengesetzt seien, endlich daß auch kontinuierliche Lagen anorganischer Schlammsubstanzen mit leicht erhärtendem organischem Schlamm gebunden wären, die (wie zum Teil bei *Rhizocorallium*) die Bauwände gebildet haben konnten und mußten; eine große Anzahl von „Fukoiden“ sei bei ihrer gleichmäßigen Tonerhaltung daher keiner zufälligen Füllung, sondern der spontanen Bautätigkeit zu verdanken, die Wohnhöhle sei daher nicht ausgefüllt, sondern zusammengepreßt. — Die Bindung der anorganischen Substanzen durch erhärtende Schleimausscheidungen, welche bei den lebenden Annelidenbauten eine große Rolle spielt, — welcher Röhren auch schon von H. DOUVILLÉ und CLIFTON SARLE bei allgemeinen Deutungen von *Rhizocorallium*-artigen Körpern (*Glossifungites*, *Arthrophyucus* und *Daedalus*) besonders zur Deutung der Traverse (Spreite) und des Zusammenhangs in ihren aufeinanderfolgenden Wachstumsstadien herangezogen wurden — diese Bindung wurde von mir als ein den ganzen Bau organisch vereinheitlichenden Ausscheidungsvorgang erklärt, welcher die Wandhülle und die Bohrtätigkeit von mechanischen Gesichtspunkten aus zu beurteilen erlaubt; es wäre somit die Form und Ausgestaltung des Baus nicht so sehr von der Gestalt des Tieres abhängig zu betrachten, als davon, wie der Bau in seiner Einheit und Gesamtheit in Hinsicht auf den Baugrund, auf die Fundamentierung des Wohnraumes, der von den sedentären Tubikolen zeit lebens nicht mehr verlassen wird, gegen alle Zufälligkeiten gesichert sein könnte.

Von dem Ausgangspunkte einer einfachen Bauröhre wurden zwei Hauptgruppen der sogen. Fukoiden unterschieden: gestreckt röhri ge, einfache Bauten

und blind endende Verzweigungsbauten, dann zweiröhrige, rückläufig ausmündende Flächenbauten (unter Bildung einer „Spreite“ zwischen den zwei Röhrenhälften) mit Spiraltendenz; es wirken hierbei mechanische Prinzipien mit, die sich auch im Bau der sedentären, im Boden sich befestigenden Pflanzen äußern, welche in ihrer Morphologie ja auch in ganz außerordentlichem Maße von den mechanischen und dynamischen Wirkungen der Umgebung des Standorts in Hinsicht auf die Befestigung abhängig sind.

Der unumstößliche Nachweis der individualisierten, rings freien Baukörperchen in der Bauwand von *Rhizocorallium*, überhaupt der Nachweis einer Bauwand in ihrer Gesamtheit und in ihren Beziehungen zur Spreite, wird den obigen Überlegungen und vorläufigen Zusammenfassungen einerseits das nötige Rückgrat verleihen, andererseits die für *Rhizocorallium* und verwandte Entstehungen im Muschelkalk festgestellten Beziehungen zur Gesteinsbildung für die allgemeine Beurteilung der Fukoidenfrage besonders im Hinblick auf die Fazies der sogen. Fukoidenschichten nutzbar zu machen erlauben.

2. TH. FUCHS hat in dem VII. Kapitel seiner viel zitierten Studien über Fukoiden 1895 auch die Vorkommen und Verbreitung der Fukoiden und Hieroglyphen besprochen und allgemein S. [65] 433 aus einer kurzen Übersicht den Schluß gezogen, daß Ablagerungen, welche an jenen Einschlüssen reich sind, arm sind an Schalenfossilien und umgekehrt, daß versteinerungsreiche Schichten nur selten Fukoiden etc. führen; er spricht sogar von einem rätselhaften „Antagonismus“ in dieser Hinsicht, der auch dadurch nicht recht erklärt werden könne, daß Schalenauflösungen in fukoidenreichen Schichten stattgefunden haben könnten, weil die Umkehrung des Gegensatzes: Fossilien-schichten ohne Fukoiden hierdurch keine Erklärung fände. Weiter stellt FUCHS dar, daß die Fukoiden hauptsächlich in solchen Ablagerungen die günstigsten Bedingungen zu haben scheinen, welche wie der Flysch aus einem vielfach wiederholten Wechsel von Sandsteinbänken und Mergelzwischenlagen bestehen, wobei zuletzt die Ansicht zum Ausdruck gebracht wird, daß das Vorkommen der „Fukoiden“ an kein bathymetrisches Niveau gebunden sei, wenn auch in dem der Gegenwart zunächst liegenden geologischen Zeitabschnitte Fukoiden bisher fast ausschließlich in Tiefseeablagerungen gefunden wurden, welche zum größten Teile aus Tonen und Mergeln beständen. — Vom deutschen Muschelkalk, sagt FUCHS, sei es auffallend, daß in ihm, trotzdem man seiner physiographischen Beschaffenheit nach einen großen Reichtum an Fukoiden u. dergl. erwarten dürfte, außer *Rhizocorallium* so viel wie nichts gefunden sei.

3. Was die physiographische Beschaffenheit des germanischen Muschelkalks betrifft, so ist nicht zu leugnen, daß in dem fast azoischen Charakter großer Komplexe vom Wellenkalk, im Auftreten schwarzer fossilfreier Schiefertone und Mergel¹⁾ in oft regelmäßigem Wechsel und in der Vereinzelung von Schalenhaufen-Bänken, -Kuchen und -Linsen sich Eigenschaften von sonst fukoidenführenden Formationsabteilungen äußern. Hierzu tritt noch, daß in der Tat *Rhizocorallium* häufigst in sonst fossilereen Mergelkalken eingesenkt ist, daß es da wo es in Bänken mit Fossileneinschaltungen auftritt, ganz vorzugsweise die fossilereen Schichtenzonen liebt, höchst selten in seinem Aufbau Schalenreste verwendet, dagegen vorherrschender ein Gesteinsmaterial, den Ockerkalk, der in Fossilienbänken eingeschaltet, am fossil-

¹⁾ Das Vorkommen von Foraminiferen etc. in den Mergelkalken des Muschelkalks und ebenso in den Kalken des Flyschs nach v. GÜMBEL und FINK ist hier nicht beachtet.

ärmsten ist und, stärker bankartig auftretend, außer *Rhizocorallium* sonst sehr wenig andere Fossilien führt. — Man könnte also in der Tat mehr „Fukoiden“ erwarten.

4. Zu den fukoidenartigen Bildungen sind aber nun nicht nur *Rhizocorallium* zu rechnen, sondern auch die nicht seltenen cylinderartigen Röhren der Gebilde nach Art der *Spongiomorpha*, jene verzweigten Steinstengel und seltenen Tongänge in ihrem meist durch die Kalkschlammversteinerung eigenartigen Zustand, endlich aber auch die Bohrröhren verschiedener Art, welche ihren besonderen Charakter dadurch unverändert erhalten haben, weil sie wiederum in schon hart gewordene Kalksteine gebohrt sind, während die erst erwähnten Gebilde, die nicht nur als Röhren, sondern zugleich als Röhrenbaue zu bezeichnen sind, noch in weicherem Schlamm angelegt wurden.¹⁾

Auch diese Gebilde zeigen sich gerade so wie *Rhizocorallium* in die fossilere Schichten eingesenkt und in vielen Fällen auch in sonst völlig fossilere Zonen des Systems, sowohl einzelne von ihnen wie mehrere miteinander vergesellschaftet, dann aber auch gleich in größerer Häufigkeit des Auftretens der einzelnen. Hier zeigt sich also auch der von Th. FUCHS gekennzeichnete Antagonismus besonders gegen die Vergesellschaftung mit Schalentieren, der für sich nicht zu erklären wäre. Im Wellenkalk sind es aber die Fossilbänke, welche eine Möglichkeit zur Erklärung bieten, da hier die Bohrwürmer zumeist an der Basis dieser Schalenanhäufungen vorkommen, d. h. die ganze faunistische Invasion in die vorher fast azoischen Meeresgebiete äußerlich einleiten. Die übrigen Vorkommen von fukoidenartigen Einschlüssen ohne Vergesellschaftung mit Schalenlagern im Hangenden können somit aufgefaßt werden als beginnende Invasionen, welche bald vorübergingen oder auf einem gewissem Stadium eine gewisse Zeit stationär blieben, so daß für andere Faunenbestandteile gedeihliche Verhältnisse u. a. wieder rückgängig wurden. Dies äußert sich aber darin, daß die Gesteinsfazies in der Fortdauer der Sedimentation die gleiche blieb und die Tubikolen sich auch in stets länger weich bleibenden Schlamm einbohren. Entsprechend der Basis der Fossilbänke scheint aber die Ablagerung schlammigen Sediments, die ja während der Schalenbankbildung fast völlig aufhörte, schon etwas vorher gestockt zu haben und hiermit eine raschere Erhärtung der Bodenschicht eingetreten zu sein, welche entweder die Tubikolenbauten modifizierte oder gewissen anderen Tubikolengattungen die Möglichkeit der Existenz gewährte. Eine Erhärtung der Wellenkalkschichten im engeren Sinne scheint überhaupt rascher erfolgt zu sein, da auch *Rhizocorallium* hier fast stets nur eine verhältnismäßig geringe Größe erreichte (vgl. S. 191, S. 235).

5. In diesen Pausen war jedenfalls auch eine Veränderung des Wassers eingetreten, welche wohl mit Temperatur- und Lösungsänderungen derart Hand in Hand ging, daß nicht nur die eben erhärtende Schicht stark angegriffen und zersetzt wurde, sondern auch das Gedeihen erweiterter faunistischer Entwicklung ermöglicht wurde; ich sehe diese Änderung in einer Verminderung des vorher bestehenden stärkeren Mineralgehaltes des Wassers. Es ist natürlich, daß die Anneliden als eurytherme Tiere von großer Horizontalverbreitung auch gegen verschiedene besonders starke Lösungsgehalte des Bodenwassers im Meere in geringerem

¹⁾ Diese Gebilde würden noch einen größeren Umfang einnehmen, wenn sie nicht in eigenartiger Weise zerstört worden wären; auch die Kalkstengelgebilde sind der Zerstörung anheimgefallen und die Stengelfragmente finden sich in etwas veretztem Zustand öfters massenhaft zusammengeschwemmt an zweiter Lagerstätte.

Maße empfindlich sind, daher zuerst schon aufzutreten vermögen, wenn für andere Tiergruppen die Bedingungen noch nicht günstig sind; nur gegen Süßwasser sind sie sehr empfindlich. Als Pflanzenfresser müssen sie auch den im Meerwasser enthaltenen (S. 135) oft nicht unbedeutenden Mineralgehalt zu schlucken imstande sein.

6. Im Oberen Muschelkalk sind offenbar diese geschilderten Gegensätze nicht so groß gewesen, größere Sedimentpausen mit starken Untergrunderhärtungen und folgenden Zerstörungen sind seltener, es findet ein viel häufigerer, nicht auf so weite Strecken gleichmäßig verbreiteter Wechsel in der Sedimentation mehr durch örtliches Nachlassen der Bedingungen als durch völliges Aufhören derselben statt; ein Wechsel, der vielleicht in vielen Fällen in ähnlicher Weise mit wechselndem Mineralgehalt des Wassers verbunden angenommen werden darf, besonders da der Hauptmuschelkalk sich an manchen Stellen seines Auftretens höchst übergänglich aus der Anhydritgruppe entwickelt bzw. kaum eine sehr nennenswerte Schärfe in der Grenze zwischen beiden Gruppen besteht. — Auch hier bildet sehr häufig die Tubikolenfauna die Einleitung der Fossilbänke, aber auch deren oberen Abschluß.

7. Bei eurythermen Tieren mit großer Horizontalverbreitung ist es aber am wenigsten angebracht, ihr Auftreten in den Schichten stets nur auf eine und die besondere Weise zu erklären. Es ist für das Auftreten der fukoidenartigen Einschlüsse im Oberen Muschelkalk besonders auch folgendes in Betracht zu ziehen. Tiere, welche auch in größeren Tiefen ihre Bauten ausführen und sonst noch sich aufzuhalten vermögen, müssen auch dem schlammigen Merresgrunde Vorteile für ihre Existenz abgewinnen können, da doch hier vorwiegend feinkörnigere Gesteine auftreten.

In Mergeln und Tonen in noch schlammigem Zustande werden nur solche Tubikolen sich aufhalten, welche einerseits geringe Fähigkeit zur Bohrung in hartem Grund besitzen, andererseits aus eigenen Mitteln Dauerbauten in weicher Nachbarschaft zu schaffen imstande sind. Treffen diese aber bei der Röhrenanlage an eine Schicht mit Schalen, so werden sie dieser Lage mit den harten Gegenständen ausweichen und einen abgelenkten und abgebogenen Bau fortsetzen, wie man das bei *Rhizocorallium* häufig beobachten kann. — Selbst für den Fall, daß sie in die harte Schalenschicht hineindringen wollten, würden sie aus einer Schicht mit allseitig gleichmäßigem Druck, mit gleichmäßiger Dichte und Bindung in eine Schalenschicht mit dem Gegenteil davon gelangen, woselbst also ungleichmäßige Füllung, Hohlräume, ungleiche Bindung vorliegen und daher postume Zusammensetzungen und seitliche Bewegungen sofort besonders dann eintreten müssen, wenn eine Röhre in diese Masse mit Anwendung von Druck getrieben wird. Für den Fall aber, daß keine Mergel- und Tondecke über einer Schalenhaufenbank läge, könnten wieder nur solche Tubikolen in Betracht kommen, welche ohne Eigenbauten in festes Material quer durch die Schalenmasse bohren; aber auch hierbei würden die oben (S. 243, 247) erwähnten Momente der geringen Bindung und Zusammenschließung, des Vorhandenseins unausgefüllter Hohlräume (vgl. Taf. II Fig. 5—6 und Taf. VIII Fig. 3, S. 69 und S. 131), der noch zu großen inneren Beweglichkeit der Masse bei höherer Steigerung hindernd und abschreckend einwirken.

8. Eine Ausnahme davon bilden die Tubikolen, welche durch eine festgewachsene Schalenriffkruste hindurchbohren und von da in eine Gesteinsunterlage hineingelangen, welche als riffartiges Erosionsrelikt offenbar wegen ihrer Härte stehen geblieben ist, wie wir dies von einem Vorkommen am Fuße des Ravensberges bei Würzburg sehr ausführlich behandelt haben (vgl. S. 147 und S. 152).

Wie wir in mehreren Fällen darlegen konnten, setzen auch die Tubikolen, welche an einer gerundeten riffartigen Kuppe festerer Gesteinsmasse anbohrten, ihre Röhren senkrecht zur Oberflächenrundung nach innen, ein Beweis, daß sie besonders beim Anbohren jede Ausgleitbewegung vermeiden, somit auch eine feste unbewegliche Unterlage suchen. Diese Gelegenheit bietet aber eine noch lockere Schalenanhäufung nicht, abgesehen davon, daß die Undichtigkeit der Masse (S. 247) eine rings geschlossene Röhre nur in Ausnahmefällen gestattet, kann sie jedenfalls nicht als günstige Grundlage der Wohnbauten einer weitverbreiteten durch Individuenzahl zu auffälligerem Auftreten prädestinierten Gruppe dieser Tiere gelten; ein anderer als ein vorübergehender Aufenthalt mit hinfalligen Bauanlagen kann hier nicht gedacht werden.

9. Hierbei ist in Erwägung zu ziehen, daß die ersten Röhrenanlagen in frühester Jugend der Individuen geschehen,¹⁾ hier also geringe Hinderungen die Fortschritte des Baues verzögern und jene somit den Feinden, den herumschweifenden räuberischen Anneliden (Nereiden etc.) in erster Linie zum Opfer fallen.

Es werden also nur diejenigen Tubikolen zur Anlage eines größeren Baues gelangen, welche in jungen Stadien noch in gleichmäßiger gehärtetem Grund zu einer raschen Bauanlage kommen, nachdem sie, aus den Schwärmstadien herauswachsend, feste Wohnplätze suchen. Ungleichmäßig erhärten aber auch Mergel mit eingestreuten Schaleneinschlüssen, ganz abgesehen von letzteren selbst. — Dabei ist zu bedenken, daß die Hakenorgane der Tubikolen harte Gesteine wohl nur durchbohren können, wenn sie wieder anorganische Stoffe in ihrem Gewebe haben; dies wird beim Aufenthalt in Tongründen mit geringerem Kalkgehalt der Organe sich äußern; in Sandanschwemmungen ebenfalls mit geringerem Kalkgehalt, aber mit größerem Gehalt an Kieselsäure, besonders wenn die Röhren z. B. in an wohl schon gleichzeitig gelöster Kieselsäure reichen Lagen, wie in den Chirotherien-Bänken eingebohrt sind. Hier wird sich von selbst eine Härtung der Organe, ein gewisses Bewältigungsverhältnis zwischen Zweck und Fähigkeit herausbilden (vgl. Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A. Wien 1909 S. 634 [20]); dies Verhältnis wird aber gerade wieder seine lokale Beschränkung haben; ein geringes Überschreiten eines gewissen Maßes der Zumutung an die Organe wird die Möglichkeit einer Bohranlage verhindern.²⁾

Man darf daraus schließen, daß Tubikolen, welche in weiche Masse bohren, gerade fossilfreie oder recht fossilarme Regionen aufsuchen müssen; ähnliches gilt aber auch für solche, die erhärteten Grund oder feste Riffe besiedeln, wenn auch vielleicht nicht in solchem Umfang; hierbei spielt auch noch die Möglichkeit passiver Nahrungszufuhr eine große Rolle.

10. Der von Th. Fuchs erkannte Antagonismus zwischen dem Vorkommen von sogen. Fukoiden bzw. Hieroglyphen und Schaltiersiedelungen, welcher auch für mich gleichbedeutend ist mit den Siedelungen von sedentären Tubikolen bzw. erranten Anneliden einerseits und Schaltieren andererseits, wäre also nach obigem dadurch zu erklären, daß 1. biologisch die Tubikolen als vorzugsweise pflanzenfressende, eurytherme Tiere bei dem Beginne jeder faunistischen Invasion die ersten sind und ihre Lebensspuren autochthon verbleiben, auch wenn die Bedingungen

¹⁾ Ganz minutiöse Röhrenanlagen wurden an riffartigen Vorrugungen öfter beobachtet, konnten aber an solchen nicht tief dringen und blieben in einer äußersten Kruste flächenhaft verbreitet.

²⁾ Ein Stück mit zweifellos in festes Gestein gebohrten vertikalen Röhren zeigt zunächst einer Schichtfuge eine Umgebung in die Horizontale; die liegende Schicht war offenbar schon um ein Weniges zu hart geworden.

für die Faunenentfaltung aus anderen Tiergruppen ganz ungünstig oder nur zu vorübergehend waren, so daß auch ihre etwa geringen Spuren leicht zerstreut und zerstört werden mußten; daß 2. physiologisch nicht nur bei der durch die Verhältnisse der örtlichen Ernährung bedingten Stärkung der Bohrwerkzeuge und naturgemäßen Beschränkung der Bohrfähigkeit, auch die allgemeineren Bedingungen für reichlichere und umfassendere Ausführung von sicheren und dauernden Wohnbauten und Bohrröhren jene nach Gefüge und Bestandteilen gleichmäßigen Schlammablagerungen bzw. Gesteinsgründe bieten. Das sind also auch in faunistisch ausgezeichneten Gebieten nach unseren Auseinandersetzungen über das Auftreten der Fossilbänke eben das Hangende und das Liegende dieser ebenso wie die in tieferen Gründen (wohin nur der feinkörnige Verschwemmungsdetritus gelangen kann) gelegenen Ablagerungsfortsetzungen von mehr litoralen Schalenablagerungen; durch letzteres ist die eigenartige Lokalisierung von „Fukoiden“ in manchen als Tiefseeablagerungen anzusprechenden bzw. Anzeichen von Tiefseeablagerungen tragenden Formationsgebieten erklärlich.

Umgekehrt ist hervorzuheben, daß das beobachtete Zusammenvorkommen von Tubikolenbauten und Schalenlagen in einheitlichen Bänken kein Beweis des engsten Nebeneinanderlebens beider Gruppen ist, da nur die ersteren im strengsten Sinne autochthon sind, die Schalenlagen aber aus beweglichen und auch bewegten Teilchen zusammengeführt sind.

11. Was nun den mehrfach betonten Wechsel von gewissen verschiedenartigen Bänken als günstige Bedingung für das Vorkommen von „Fukoiden“ betrifft, so möchte ich glauben, daß hier — neben dem Wechsel der Verschwemmung von pflanzlichen Nährmitteln — auch eine günstige Bedingung für die Überlieferung und Erhaltung der Röhreneinschlüsse zu erkennen ist. Ich habe l. c. 1909 S. 629—630 (Zur Fukoidenfrage) ausgeführt, daß inmitten einer wachsenden Schicht durch die Verwendung des gleichen Schichtmaterials zum Bau der Hüllen und endlich zur passiven Erfüllung von Wohnröhren, diese in den Schichtkörpern bei der Fossilisation völlig verschwinden können, daß sie jedenfalls auch vielfach zu übersehen sind und bei ihrer geringen Schärfe schwer zu deuten sein würden; im Gegenteil nimmt aber da, wo eine abgeschlossene Schicht als Wohnschicht dient und ein sich gleichzeitig bildendes mehr oder weniger heterogenes Hangendes zu dem Aufbau der Hülle bzw. der Ausfüllung der Röhrenhöhlung dient, dann auch die Möglichkeit deutlicher und zahlreicher Erhaltung der Röhren ganz außerordentlich zu.

Zusammenfassung zu Kap. 34—38. 1. Die Versteinerungsart von *Rhizocorallium* ist abhängig von der Gesteinsart der Umgebung; die Struktur des Wulstes zeigt eine Höhlung, welche seltener noch als solche erhalten, häufiger aber mit Sedimentteilchen erfüllt ist, und eine Hülle, welche aus dicht zusammengesetzten, eigens geformten, oviden, oft aber auch lagenartig verschmolzenen Baukörperchen besteht. Die Baukörperchen selbst sind meist aus sehr gleichmäßigem und feinkörnigem Kalzit gebildet (geknetet), der auf gewisse Differenzierungen des Schlammes der Umgebung bezogen werden kann; seltener bestehen die Baukörperchen aus grünlichem Ton. Die „Spreite“ zwischen beiden Wülsten wird aus nach innen (dem U-Teil der Röhre zu) konkaven Streifenschichten gebildet, in denen auch die Baukörperchen verwendet sind; diese Streifen laufen der Mittelwand des U-Teils der Röhre konkordant und sind Reste alter Wände, die beim Fortwachsen der Röhre verbleiben,

wobei die entgegengesetzte Röhrenwand am U-Teil stets völlig neu angelegt wird. *Rhizocorallium* unterscheidet sich von den „Bohrhöhlen“ bzw. deren Füllungen dadurch, daß in seinen Röhrenhöhlen ein eigener Einbau erfolgt; die Notwendigkeit dieses Einbaus ist in der Weichflüssigkeit des Grundschlammes zu sehen, in welchem die Grabung erfolgte. — Wenn schon aus der Betrachtung der Bohrröhren geschlossen werden kann, daß die Besiedler die tubikolen Anneliden sind, so geht dies aus der Art dieses Einbaus ebenfalls hervor. Es scheint, daß durch die Anordnung und Schärfe der „Kratzstreifen“ ebenso wie durch die Einfügung der vorragenden Baukörperchen auch noch eine widerstandsfähigere Befestigung des Einbaus in der Umgebung bezweckt ist. — Der Bau von *Rhizocorallium* ist meist unverzweigt, doch kommen Verzweigungen ebenso wie Verdoppelungen und Verdreifachungen mit einem Ausgang, mit zwei und drei Ausgängen vor.

2. Wie neben den Bohrröhren mit zweitem Ausgang auch blindendigende Röhren vorkommen, so finden sich neben Rhizokorallien auch stets solche Körper (*Cylindrites* zum Teil), welche auf Ausfüllungen entweder von gestreckten und gewundenen Röhren hinweisen; sie sind mit eingebauter kontinuierlicher oder aus Baukörperchen bestehender Hülle versehen.

3. Eine dritte Gruppe solcher Röhrenfüllungen bildet eigentümliche, regelmäßig in stumpfen Winkeln in der Flächenausbreitung verzweigte, stengelartige Kalkeinschlüsse, welche aber ebenso unverzweigt vorkommen können; sie haben meist eine schwache tonige Hülle, auf deren alleinige Anlage und Erhaltung die früheren Angaben von typischen Algen im Muschelkalk beruhen. Körperlich erhalten sind sie nur bei kalkiger Füllung einer anzunehmenden Höhlung und in solcher Erhaltung haben sie auch ihre ursprüngliche Form und Stellung im Gestein behalten, d. h. die längere Achse ihres elliptischen Querschnitts steht steil oder senkrecht: Es besteht wohl kein Zweifel, daß diese Gebilde Röhrenausfüllungen sind; es scheint ihre Verzweigungsart wie ihre Lage im Gestein darauf hinzudeuten, daß die Röhren drucksicher angelegt sein sollten, daß ihre Bohrung in weicher, wenn auch an und für sich zähflüssiger Wellenkalkmasse stattfand und in die organische Wandhülle viel feiner Ton und Glimmer einzementiert war; ein Teil ihrer Eigentümlichkeit scheint darin zu bestehen, daß ihre Wohnschicht in der Mittelflur noch recht weich, in der Hangendflur aber schon halbhart war.

4. Die *Spongeliomorpha*-artigen Gebilde des Wellenkalks sind zum Teil dreh- und zum Teil einseitig gebaut; sie haben die Tracht von dicken grobverzweigten Wurzeln; ihr Bau ist massiv, wenigstens läßt die Füllung des Raums, den das lebende Wesen eingenommen zu haben scheint, keine feinere Gliederung erkennen; man ist so allein auf die Form angewiesen. Es zeigt sich, daß bei einseitigem Bau der Oberfläche ein Kern hervortritt, der im wesentlichen nichts anderes ist als ein grob und fein längsgestreifter, meist drehrunder Kalkstengel wie 3.; dieser Kern kann auch rings frei vorstehen, ohne daß jene dickwulstige Hülle vorhanden wäre. Es ist nicht anzunehmen, daß man es hier mit einem Nachwohner nach Absterben der Erbauer und der Ausfüllung ihrer Wohnröhren, wie man dies von *Rhizocorallium* kennt, zu tun hat, vielmehr wird man in diesem Bild an Bohrröhren mit Baukörperchenhülle erinnert, welche beim Weiterwachsen ihren Bau einseitig verlegen, so daß einerseits eine einfache Röhrenhülle vorragt, andererseits ein dick gepacktes Hüllengeflecht den verlassenen Grund bildet; es konnte an den problematischen Körpern am Fundort mehrfach festgestellt werden, daß diese Röhrenvorrangung in der Tat stets nach oben gelegen ist. Während das Tier sonst gewohnt war, sich in

weicher Masse mit einem Panzer von Schleim-Schlammhüllen rings zu umgeben, war es im Ausnahmefalle mit unfertigem Bau gezwungen, infolge rascherer Erhärtung von unten nach oben, seine Röhre nach oben verlegend, in höherer, weniger harter, indes auch nicht mehr so weicher Lage zu bohren, wobei es aber auch der Notwendigkeit enthoben war, einen solchen Hüllenpanzer über sich anzulegen. Diese Gebilde kommen auch im Tertiär mit *Rhizocorallium* zusammen vor, wie auch *Rhizocorallium* im Wellenkalk gelegentlich auf der Unterseite die eigentümliche Wulstskulptur von *Spongeliomorpha* annimmt; die tertiären Formen haben dagegen die Skulptur von *Rhizocorallium*. Ich betrachte daher unbedenklich alle die hier behandelten Gebilde als Ausfüllungen der Wohnröhren von Tubikolen.

Die unter 4. und 3. skizzierten Gestaltungen haben auffällige Ähnlichkeit mit dem Pflanzenwuchs, die unter 2. und 1. leiten zum Teil zu den Bohrröhren über, 1. zu den sogen. Fukoiden, zu denen auch unter 3. zu fassende Gebilde gerechnet wurden; alle werden unter den erweiterten Begriff von Tubikolenbauten zu nehmen sein. Die Fukoiden hätten in meist flach zusammengepreßtem Zustande verhältnismäßig jene Dicke des Tonkörpers, welche aus der einfachen Summierung der beiden Hüllenhälften ohne weitere Hohlraumfüllung hervorgehen dürfte, wenn man die durchschnittliche Dicke der Hülle von *Rhizocorallium* zur Norm nehmen will; nur die dickeren Fukoidenkörper werden noch wirkliche sedimentäre Hohlraumfüllungen neben diesen Hüllen erhalten haben.

Die Charakteristik der Fazies der Fukoidenschichten trifft auch auf die Bohrröhren und Rhizokorallien enthaltenden Bänke des Muschelkalkes zu; die Isolierung der Fukoidenbänke hat wahrscheinlich folgende allgemeine Ursachen: 1. scheinen die pflanzenfressenden Tubikolen die ersten bodenständigen Besiedler zu sein, welche infolge ihrer Bodenbesiedelungsart und ihrer eurythermen Anpassungsfähigkeit am erfolgreichsten weite, vorher sterile Oberflächen bevölkern können. Als Vorläufer können sie auch bei sonst biologisch nicht günstigen Verhältnissen häufig die einzigen bleiben; 2. ihre Bautätigkeit bedingt ein Vermeiden von locker gebundenen Schalteranhäufungen, selbst wenn sie fähig wären, harte Gegenstände zu durchbohren; sie ziehen gleichmäßig gemischte und feinkörnige Schlammbildungen, seien sie weich oder erhärtet, bei weitem vor; 3. als sedentäre, auf fein mazierte Nahrung angewiesene, blinde Tiere müssen sie solche Siedelungsgebiete vorziehen, wo ein ständiger Unterstromzufuhr mit Nahrungsteilchen von höherer Staffel her möglich ist; sie können daher von den tiefer liegenden Regionen des Ebbeeereiches bis in größere Tiefen vordringend leben, werden aber in letzteren, zugleich den Gebieten geringerer Verfolgung und feinkörnigeren Baugrundes eine besonders reiche Entwicklungsmöglichkeit besitzen; so sind nahezu alle Vorkommen von Tubikolen im Wellenkalk und viele im Oberen Muschelkalk unterhalb der Verbreitungsstaffel der Hauptsiedelungen mit Brachiopoden und Krinoiden zu orientieren, während im Oberen Muschelkalk die Rhizokorallien zumeist unterhalb der Staffel der wichtigen Bivalvenverbreitung in der Meeresböschung anzusetzen sind.

Kap. 39. Rutschflächen an den Seitenwänden von quer zu den Schichten gerichteten Einschaltungskörpern.

1. Eine durchaus nicht in notwendiger Begleitung eintreffende, aber doch auch nicht seltene Erscheinung ist das Auftreten von Rutschflächen mit vertikalen Schubstreifen an den Seitenflächen solcher Gebilde, welche mit einer vorherr-

schenden Steilbegrenzung als dickere oder kleinere Massen in dünnplattigerem, schieferigem Gestein stecken. Als solche Bildungen haben wir kennen gelernt die Fossil-linsen, insbesondere jene von der Form von Schlangensteinen, die Schlangensteine selbst (vgl. hierzu das S. 124 Gesagte), die Steinstengelverzweigungen, die *Spongeliomorpha*-ähnlichen Bildungen, Rhizokorallien, Steinkerne etc. Diese Rutschstreifen sind nicht so scharf und durchlaufend, wie bei den Styolithen, doch sind sie diesen völlig gleichartig; ein wichtiger Unterschied ist, daß die horizontale Kopffläche der Styolithen stets auszeichnenden, meist sehr bituminösen Tonkappen fehlen, oder daß, wenn etwas Derartiges zu beobachten ist, diese Tonansammlungen keine eigentlichen Kappen sind, sondern ebenso auf Seitenflächen sich vorfinden und in gleichem Maße an benachbarten Schichtklüften wie auch an Entkalkungsklüften in der nächsten Umgebung zu beobachten sind.

Man kann nun die Behauptung aufstellen, es gäbe keine Schichtkluft, besonders in Kalken und Mergeln, wo nicht ein Kalkentzug vom Hangenden und Liegenden aus stattgefunden hätte, wo nicht eine Ausmergelung der der Fuge benachbarten Flächen, eine Art „Fäule“, zu bemerken wäre. Es kommt nun danach sehr häufig unter dem Schichtendruck zu einem einfachen Zusammenschluß der dadurch gegebenen Körperverminderung oder es bersten die hangenden Schichten bei derben Bänken infolge ungleicher Gewichtsverteilung mit horizontalen Flächenzersprengungen (S. 101, 8); oft werden auch die Fugen nicht mechanisch zusammengeschlossen, dann können sie durch Kalkspatausscheidungen in Form von stalaktitisch-körnigen oder quer gefaserten Ausfüllungen mehr oder weniger fest zusammengeheilt, versintert werden.

Auch werden die Kalkschichten allein durch interne Stoffverminderungsvorgänge von einer großen Zahl von Horizontalzersprengungen durchschnitten, deren weitere Geschichte ich in einem besonderen Falle zum Gegenstand eingehender makroskopischer Untersuchung gemacht habe (vgl. Geogn. Jahresh. XIV 1901 Taf. III Fig. 1—3, Taf. V Fig. 7, zum Teil Taf. IV Fig. 1—2). Ich habe diese Bildungen Entkalkungszüge auf horizontalen Spalten¹⁾ genannt; sie verlaufen unregelmäßig schichtartig, haben häufig unaufgelöste Bröckchen von Resten der bei der Zersprengung klein abspringenden Gesteinsfragmente zwischen sich und erzeugen ein konglomeratisches Aussehen des Gesteins, wobei aber jedem nicht einmal gewiegten Beobachter sofort der Habitus von Scheingeschieben ins Auge fällt. KALKOWSKI hat neuerdings ähnliche Zersprengungen mikroskopisch untersucht (vgl. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 60 und den Bericht des Verfassers im N. Jahrb. f. Min., Geol. etc. 1908 Bd. II S. 126—127).

Es ist ganz selbstverständlich, daß infolge solcher raumvermindernden Vorgänge Bewegungen nach unten stattfinden können oder müssen, und daß diese Bewegungen an diskordant, insbesondere an vertikal eingeschalteten Körpern die Spuren ihres Weges in gewissem Umfange zurücklassen werden.

2. Nun ist noch folgendes hierbei zu erwähnen wichtig; alle diskordant in dem Schichtengefüge im großen, wie auch in der feinen Lagerungsstruktur im kleinen eingeschalteten Körper bilden für die in den Schichtfugen und in horizontalen durchlässigen Gesteinsflächen oft reichhaltig kursierenden Wasser oder für die in den Gesteinen selbst sich durcharbeitende Feuchtigkeit Staukörper, so weit sie sich

¹⁾ Bei ähnlichen Vorgängen auf vertikalen Spalten erhalten sich in den meisten Fällen die Entkalkungsrückstände nicht an Ort und Stelle des chemischen Prozesses, sondern verlieren sich durch den Transport in die Tiefe.

einer Durchzugsrichtung entgegenstellen; andererseits sind sie Konzentrations- und Ableitungskörper, da sie die in verschiedenen Lagerungsflächen kursierenden Wasserzüge an sich sammeln, an ihren längeren Stämmen weiter leiten und, so weit sie an größeren, vielleicht wasserärmeren Schichtfugen, Spalten etc. abstoßen, auch wieder abgeben. Umgekehrt können sie, wenn sie, wie viele der hier erwähnten Gebilde seit dem Anfang ihrer Entstehung an größere Schichtfugen angrenzen bzw. an solchen auslaufen, von dort auch sehr viel Feuchtigkeit erhalten.

Unser Fall ist der, daß die Körper einen rundlichen oder elliptischen Querschnitt haben und daß sie der Auflösung gegenüber widerstandsfähiger sind als die Umgebung, welche wasserdurchlässiger ist (es können hierunter auch Konkretionen oder Kalkverdichtungen [S. 150, 2; 158] um Petrefakten herum oder einseitig von solchen gefaßt werden).

In der Umgebung solcher Gebilde, an welchen sich in außerordentlich häufigen Fällen alle kleinsten Bewegungen, nicht zum wenigsten jene, welche in den Vorgängen der Diagenese und Metamorphose ihre Ursachen haben, die Struktur erschütternd und alte Lagerungsfugen zerteilend, bemerkbar machen, müssen sich natürlich alle Entkalkungsvorgänge in höherem Maße äußern. Ebenso verständlich ist es, daß die hiermit verbundenen Bewegungen unter Hangenddruck und Liegend-Gegendruck sich oft derart äußern, als ob die eingeschalteten Körper der Mittelpunkt der gesamten Bewegungen seien. Da diese Bewegungen rein vertikale sind, tatsächlich von oben nach unten, aber auch bei einem resistenteren, liegenden Widerlager scheinbar von unten nach oben stattfinden, so muß sich um den Körper als Mittelpunkt auch eine Äquatorialebene relativ geringster Vertikalbewegung der Umgebung gegen den Körper hin erkennen lassen.¹⁾

Dieses Bild zeigt Fig. 13 Taf. VIII in genauer Wiedergabe der Einzelheiten der Auf- und Abbiegung des in der Umgebung des *Spongeliomorpha*-artigen Körpers stark geschieferten Wellenkalkmergels; ein recht geringer Rest von Ton in der ganzen Peripherie des stark kalkigen und weniger wie die Umgebung angreifbaren und angegriffenen Körpers zeigt auch hier die kontinuierliche Wirkung der Entkalkungsvorgänge an.

In der äquatorialen Region des Körpers merkt man von der Vertikalbewegung in dem Querschnittsbilde nichts, dagegen in den seine Rundung unterschneidenden Teilen der Schieferflächen, in welchen der Körper einsinkt und in den überlagernden, welche nachsinken. Da der Schaltkörper infolge seiner meist größeren Dichte relativ wenig von seinem Umfang durch die Auflösungsvorgänge verliert, wegen der Verschiedenheit der Substanz die ganze Umgebung aber vermindert wird, schleppen sich die überlagernden Schieferflächen, trotz des Einsinkens des Körpers, noch an diesen nach unten zu.

In den meisten Fällen wird man nun annehmen dürfen, daß die Bewegungen

¹⁾ Eine ähnliche Auf- und Abbiegung in der Umgebung von Fossilien in fein lamellosen kalkigen Schiefen habe ich in einer schon lange abgeschlossenen, aber erst jüngst erschienenen Abhandlung über die Binnenfauna der Fische in Transbaikalien in *Rech. géol. et min. le long du chemin de fer de Sibérie* Livr. 29 (S. 44—45) beschrieben und als eine Folge der Sedimentation aufgefaßt; ich würde heute dieses Moment nicht mehr derart in den Vordergrund rücken. Ich glaube auch, daß die Paludinen-, Limnaeen- und Cerithienschälchen dortselbst gemäß der oben angeführten (S. 127—128) Tatsache ihre Schalenöffnung nach oben und nicht nach unten richteten und daß ein größerer Teil der Auf- und Abbiegung der Schichtenlagen auf diagenetische Erhärtungs- bzw. Entkalkungsvorgänge zurückgeführt werden müsse, zu welchen Vorgängen das Fossil der Mittelpunkt ist.

ganz einseitig, vertikal von oben nach unten gerichtet sind, und so z. B. werden bei nach unten schmalerem, nach oben breiterem Querschnitt, wie ein Teil der angeführten Einschlüsse ihn zeigen, infolge einer Raumverminderung an horizontalen Strukturflächen breitere Teile dieser Körper relativ in schmalere, tiefere Hohlungsabschnitte eingepreßt werden. An diesen und nur an solchen Teilen, wo stärkerer Druck von oben beide meist etwas heterogenen Körper engstens zum Kontakt bringt, entstehen nun jene auch die Seitenwände von Styolithen charakterisierenden Rutschstreifen, ganz sicher nicht ohne ausgleichende begleitende chemische Auflösungen und Umsetzungen an der Kontaktfläche, deren Voraussetzung ja eben schon durch die „Entkalkungszüge“ gegeben ist. Es liegt hier ein ähnlicher Fall vor, wie ich ihn Geogn. Jahresh. XIV 1901 Taf. III Fig. 3 illustrierte, nämlich die Bildung von Styolithen im Anschluß an die Entkalkungszüge in gewissen Gesteinen des Wellenkalks von Bergrheinfeld; es ist allerdings keine Homologie vorhanden.

3. Interessant und instruktiv für die hier besprochenen Verhältnisse sind Vorkommen von Kalkstengeln (vgl. oben S. 253, 4), welche in vertikaler Stellung so in das Schichtgefüge eingeschaltet sind, daß eine Hälfte des Körpers oberhalb und eine andere unterhalb einer Schichtfuge sich befindet, hier fanden nun Entkalkungsvorgänge in ziemlich starkem Maße statt; die von oben nach unten und von unten nach oben vorgehenden Bewegungen waren nur möglich unter gewisser gleichzeitiger Reduktion der nach der Mitte des primär ovoiden Einschaltungskörpers seitlich sich ausbiegenden Rundung; diese hat mit Beihilfe chemischer Vorgänge die Seitenteile völlig eben gemacht, desgleichen die Hangend- und Liegendrundung etwas verflacht. An der der Schichtfuge entsprechenden Stelle ist aber eine schwache, die alte quere Ausdehnung anzeigende kammartige Kante erhalten geblieben, was aber dem Gebilde einen sonderbaren Umriß verleiht.

4. Zum Schlusse dieser Ausführungen sei bemerkt, daß ich meine Ansicht, welche ich in den Geogn. Jahresh. 1901 S. 80, 1903 S. 157 über die Entstehung der Styolithen¹⁾ äußerte, durch ein sehr erweitertes, eigens zu behandelndes Fundmaterial, besonders aus dem Schaumkalk Frankens, von neuem stützen kann; ich verweise übrigens auch auf die interessanten, oben schon bezüglich der Stromatolithen zitierten Darstellungen KALKOWSKYS in Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 60 (Ref. in N. J. f. M. G. u. P. 1908 S. 125), welche die Styolithen unter dem Terminus Impressionsstruktur, d. h. als Äußerungen des Umsatzes mechanischer Kräfte in chemische behandeln; das ist der Grundgedanke meiner Ableitung der Styolithensuturen.

5. Von hier aus ist auch auf das in Beil. II S. 149 Fig. 2 und 2a abgebildete Stück mit den eigentümlichen Wülsten um die mit Ockerkalk erfüllten Bohrröhren herum zurückzukommen. Hier haben sich in der Umgebung von Bohrröhren Kontraktionen der Schlamm Masse quer durch die Bankkörper gebildet, welche die noch weiche Masse einseitig beiseite und in die Höhe schoben. Nach der Erhärtung mußten

¹⁾ H. FISCHER hat in Geogn. Jahresh. 1908 S. 39 vom Thalberg bei Würzburg eine Gesteinsstruktur erwähnt, welche er mit dem Anthrakonit nach SANDBERGER (vgl. oben S. 7) identifiziert; es sind das die von mir (Geogn. Jahresh. 1902) ausführlich behandelten Nagelkalke (Tutenmergel), wobei die Vorkommen der fränkischen Lettenkohle auch erwähnt wurden. Diese Struktur hat mit den Styolithen nur eine entfernte äußere Ähnlichkeit; sie besteht, wie ich damals schon ausführte, darin, daß ein Teil der auf den treppenartigen Absätzen liegenden Tonbesteige als Auflösungsrückstand bei der inneren Destruktion der einfachen Mergelkristallisation betrachtet werden kann, aber nicht einmal in allen Fällen erklärt werden muß. Ich erinnere hiermit an diese Untersuchungen, da die Sicherheit über die Entstehungen der primären Diagenese den Maßstab dafür gibt, was man der Metamorphose zumuten darf.

natürlich auf diesen Erhöhungen, auf denen auch, wie meist, eine geringere tonige Zwischenmasse lagerte, Druckwirkungen und die mit ihnen verbundenen chemischen Vorgänge in erhöhtem Maße wirken. Es müssen Schichtfugen, an denen durch Flächenkontraktionen Lüpfungen stattgefunden haben, Flächen hervorragender Wirkung der in den Fugen zwischen Kalksteinen überhaupt ausnahmslos stattfindenden Flächenreduktion sein; hierdurch werden besonders die Erhöhungen aneinandergedrückt und zu stylolithischen Verzahnungen gebracht, welche sich natürlich an den Verlauf der Erhöhungen halten. Die Oberfläche des Stückes läßt keinen Zweifel, daß sie zum Teil Auflösungsfläche ist, da viele kleine Erzkörnchen als Auflösungswiderstände in spitzen Rauhgigkeiten aus der sonst sehr glatten Oberfläche hervorstechen. Ebenso ist es verständlich, daß über den hohl liegenden Teilen der Schicht Durchsprengungen stattgefunden haben, welche einen ähnlich rundlichen Verlauf haben, wie die Wülste.

Bei völlig gleichmäßigem Verhalten dieser Kontraktionslüpfungen um einen eingeschlossenen Körper könnten an solchen Durchsprengungen auch vertikale Verschiebungen stattfinden, welche den Lüpfungsraum zu vermindern streben und es könnten rundum vertikale Schubflächen entstehen, welche den Eindruck erwecken könnten, als seien die Gebilde eingesunken oder empordrückt (vgl. z. B. Fig. 2 S. 78).

Es handelt sich bei derartigen Erscheinungen lediglich um Vertikalbewegungen auf Zersprengungen oder um letztere allein, welche in gleicher Weise durch chemisch verursachte Raumverminderungen der festen Körper unter dem Schichten- druck entstehen. Bewegungen durch Gasauftrieb, wie solche z. B. ZELGER (vgl. S. 123¹) und GÜRICH für die Stylolithenentstehung annehmen, sind auszuschließen. Insbesondere können sie nicht für die hier besprochenen Bildungen herangezogen werden.

Zusammenfassung zu Kap. 39. Eine Anzahl isolierter, in den Schichten eingeschalteter Körper, Steinkerne von Höhlungen zeigen nur gelegentlich an ihren Seitenwänden vertikale Schubflächen nach Art der Stylolithen. Da keine Anzeichen einer selbständigen Hebung oder Senkung dieser Körper gegenüber der Umgebung vorliegen, so muß vielmehr die letztere die Bewegungen ausgeführt haben; es äußert sich daher an diesen Seitenflächen die Summe jener kleinen Schichtbewegungen, welche an den vielfachen Gesteins- und Aufblätterungsfugen durch Entkalkungen als Raumverminderungen und Zusammensetzungen entstehen, es sind das Bewegungen und Auflösungen, von deren Vorhandensein man sich makroskopisch und mikroskopisch überzeugen kann. Die eingeschalteten Körper, die von durchgängig etwas größerer Härte als die Umgebung sind, werden zwar auch durch Druck und Auflösungsprozesse bei dieser Rutschflächenbildung seitlich beschnitten, sie machen aber die vertikale Raumverminderung entweder gar nicht oder nur in geringerem Maße mit; schon eine kleine relative Verschiedenheit hierin muß sich an ihren Seitenflächen mit Schubstreifen zeigen.

Kap. 40. Nachträgliches zu Kap. 10 (II. Teil) S. 107.

Es wurde in dem genannten Kapitel betont, daß dem Verfasser eigentliche Wellenfurchen in den Gesteinen des Mittleren Muschelkalks von Franken noch nicht begegnet seien, daß dies wohl in der spezifischen Schwere des salinisch angereicherten Wassers begründet wäre, besonders wenn diesem Moment sich noch das

Gewicht einer nicht gering hohen Wassersäule hinzugeselle. — Da möchte ich nun nachträglich daran erinnern, daß E. ZIMMERMANN aus dem Zechsteinsalz an Bohrkernen Wellenfurchen in mittelkörnigem, durch feine Anhydritbänder geschichtetem Salz beobachtet hat; wenn der geschätzte Forscher sagt, daß eine Verwechslung mit tektonischen Falten wohl ausgeschlossen sei, so müssen wir damit auch jedenfalls kleine Fältelungen verstehen, wie wir solche Taf. II Fig. 2 darstellten, deren Miniaturanalogien auch in salinischen Schichten (vgl. Geogn. Jahresh. 1901 Taf. II) vorkommen. Weitere, Wellenfurchen sehr ähnliche Bildungen werde ich auch aus dem Buntsandstein abbilden, welche aber daselbst zweifellos aus seitlichen Zusammenschiebungen entstanden sind. Nach dem oben Angeführten ist man aber durchaus nicht veranlaßt, bei den Vorkommen von Rippelmarken ausschließlich an seichte Gewässer zu denken. Wenn E. ZIMMERMANN bei dieser Gelegenheit hervorhebt, daß dieses Salz als lockerer Salzsand am Boden sich bewegt haben müsse, so stimmt diese Folgerung mit den l. c. 1901 S. 113 an den Bohrkernen von Franken gewonnenen Anschauungen.

Was die in den Dolomiten des Mittleren Muschelkalks Frankens ebenso, aber selten zu beobachtenden Austrocknungsrisse betrifft, so habe ich S. 78 ausgeführt, daß sie jedenfalls unter dem Begriff der stratischen Zerspaltung zu fassen sind, welche genau dieselben Netzleistenfüllungen aufweisen, wie andere tief in den obersten Schichten des Meeresgrundes sich ausbreitende spaltenartige Höhlensysteme.

Die beobachteten Rippelmarken im Steinsalz gehören wohl nicht mehr einer aktuellen Steinsalzentstehung an, sondern schon dem Eintritt einer Lösungsänderung, welche durch die Anhydriteinschlaltungen gekennzeichnet ist; diese Lösungsänderung mußte rasch eingetreten und mit starken Bewegungserscheinungen verbunden gewesen sein, sonst wären jene Krustenabsätze am Boden entstanden, wie ich solche in Geogn. Jahresh. XIV 1901, Taf. I Fig. 3 und 4 dargestellt habe. — Als solche sind ja auch wohl die Pegmatitanhydrite von E. ZIMMERMANN zu kennzeichnen, denen die in Franken gefundenen Bildungen l. c. Taf. I Fig. 5 S. 56 und 122 bis 123 morphologisch an die Seite gestellt werden dürfen. — Hier wie bezüglich der l. c. Fig. 2 S. 34 konnte stets von mir betont werden, daß die Lösungswechsel bzw. -verdünnungen bei Sand- und Toneinschwemmungen mit Ausscheidungen von Anhydrit bzw. Dolomit vergesellschaftet sind, daß sich in der Entstehung der Salztone hier ein Zirkel nach rückwärts äußert, daß diese nicht etwa einer höchsten Steigerung, einer völligen Trockenlegung der Salzbecken mit Bedeckung durch äolische Tone entstammen können. Diesbezüglich hat nun E. ZIMMERMANN wertvolle Beobachtungen an dem wichtigen „Salzton“ der norddeutschen Kalisalzlager gemacht. Er hat nicht nur Anzeichen festgestellt, welche auf normale schichtenartige Entstehung der auch hier mit den Salztönen vergesellschafteten Ausfällungen (unten zuerst mit Anhydrit, dann oben mit Dolomit!) schließen lassen, sondern hat auch in ihnen an verschiedenen Örtlichkeiten marine Versteinerungen nachgewiesen.

Es sei dies dafür angeführt, daß ich in den l. c. S. 108 gegebenen Darlegungen bezüglich der Salztone zum mindesten nicht auf unrichtigem Wege war; auch für die Äußerungen im I. Teil Kap. 7 S. 30—35 sind diese Ergänzungen von hohem Wert.

Verzeichnis der angeführten Schriften.

- v. AMMON: Über eine Tiefbohrung durch die Buntsandstein- und die Zechsteinschichten bei Mellrichstadt a. d. Rhön. Geogn. Jahreshefte XIII. 1900.
- BECKENKAMP: Über die geologischen Verhältnisse der Stadt und der nächsten Umgebung von Würzburg. I. Über die Bildung der Zellenkalke. II. Sitzungsberichte der Phys.-med. Ges. zu Würzburg 1907.
- BERTOLOLY: Rippelmarken (Inaugural-Dissertation), Frankenthal 1894.
- BORNEMANN: 1. Beitrag zur Kenntnis des Muschelkalks, insbesondere der Schichtenfolge und der Gesteine des Unteren Muschelkalks. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt 1885.
— 2. Über den Muschelkalk. Ebenda 1888.
- CORNU F.: Metalloxydkieselsäuregele. Zeitschrift für Kolloidchemie 1909. Bd. IV.
— Bedeutung der Hydrogele im Mineralreich. Zeitschrift für Kolloidchemie 1909. Bd. IV.
- DITTLER: Über die Kolloidnatur des Erbsenstein, Zeitschrift für Kolloidchemie 1909. Bd. IV.
- DOFLEIN: Ostasienfahrt 1906. Teubner.
- DOUVILLÉ H.: Perforations d'Annelidés. Bull. de la Société Géol. de France IV Sér. 7. 1907.
- ECK H.: Rüdersdorf und Umgegend. Abhandl. zur geol. Spezialk. v. Preußen. Bd. 1. 1872.
- ENDRISS K.: Geologie des Randecker Maars und des Schopflocher Riedes. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellschaft. Bd. 41. 1889.
- FISCHER H.: 1. Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. Geogn. Jahresh. XXI. 1908.
— 2. Experimentelle Studien über die Entstehung der Sedimentgesteine. Monatsberichte d. D. Geol. Ges. Nr. 3. 1909.
- FINK W.: Zur Flysch-Petroleumfrage in Bayern. Zeitschr. f. prakt. Geologie. XIII. 1905. S. 330.
- FRAAS EB.: 1. Erläuterungen zu Bl. Mergentheim der Geogn. Spezialkarte von Württemberg. 1894.
— 2. Erläuterungen zu Bl. Alpirsbach, Freudenstadt der Geogn. Spezialkarte von Württemberg. 1894.
— 3. Die Bildung der german. Trias. Eine lithogenetische Studie. Jahreshefte des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1899.
- FRANTZEN W.: Untersuchungen über die Gliederung des Unteren Muschelkalks in einem Teile von Thüringen etc. und über die Natur der Oolithkörner in diesen Schichten. Jahrb. der Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt VIII. 1887.
— Untersuchungen über die Diagonalstruktur verschiedener Schichten etc. Jahrb. der Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt XIII. 1892.
— Übersicht der geologischen Verhältnisse bei Meiningen etc. Berlin 1882. (Zeitschr. d. D. Geol. Gesellschaft.)
- FUCHS TH.: Über die Kräfte, durch welche die Meeressedimente von der Küste gegen die Tiefe bewegt werden. Verhandlungen der K. K. Geol. Reichsanstalt 1877.
— Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? Neues Jahrb. f. Min., Petr. etc. 1883. II. Beil. Bd.
— Studien über Fukoiden und Hieroglyphen. Denkschr. d. K. K. Akad. d. Wissensch. Wien 1895.
— Über neuere Arbeiten zur Aufklärung der Natur der Alektoruriden. Mitteil. d. Geol. Gesellsch. in Wien. III. 1910.
— Über einige von der Österreichischen Tiefsee-Expedition in bedeutenden Tiefen gedrehte *Cylindrites*-artige Körper etc. Denkschr. d. K. K. Akad. d. Wissensch. Wien. LXI. 1894.
- GAGEL: Wellenkalk im Untergrund von Lüneburg. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt 1909.
- GAUB FR.: Die jurassischen Oolithe der Schwäbischen Alb, Geol. u. Pal. Abhandlungen, herausgegeben von E. Koken. N. F. Bd. IX. Heft 1.
- GOETHE: Naturw. Schr.; Mineralogie und Geologie; Gestaltung großer organischer Massen. 1824.
- GÜMBEL W.: Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb. 1891.

- HAACK W.: Bemerkungen zu den Stromatolithen Kalkowskys. Monatsberichte d. D. Geol. Gesellsch. April 1909.
- HAEBERLE D.: Untersuch. Triadischer Gastropoden aus dem Geb. von Predazzo. Verhandl. d. naturhist. med. Vereins zu Heidelberg. N. F. IX. 1908.
- HARTING P.: Recherches de Morphol. synthétique sur la production artificielle de quelques formations organiques. Koninkl. Akad. van Wetenschappen Amsterdam 1873.
- HEER O.: Flora fossilis Helvetiae. 1877.
- HENKEL L.: Beobachtungen über das Verhältnis des fränkischen Unteren Muschelkalks zum thüringischen. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 1902.
- Studien im süddeutschen Unteren Muschelkalk. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 1904.
- HILGER A.: Die chemische Zusammensetzung von Gesteinen der Würzburger Trias. Mitt. aus dem pharmaz. Institut in Erlangen. 1889.
- KALKOWSKY: Über Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 60.
- KOKEN E.: Über Gekrösekalke des obersten Muschelkalks am unteren Neckar. Zentralbl. f. Min. etc. 1902. Nr. 3.
- KOHLER E.: Adsorptionsprozesse als Faktoren der Lithogenese. Zeitschr. f. prakt. Geol. XI. 1903. Heft 2.
- KRECH K.: Beitrag zur Kenntnis der oolithischen Gesteine des Muschelkalks um Jena. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt zu Berlin. 1909. XXV. T. I.
- KRÜMMEL: Handbuch der Ozeanographie. Bd. I. 2. Aufl. 1907.
- LAMPERT K.: Das Leben der Binnengewässer. Leipzig 1910.
- LEDUC St.: Die physikal. Grundlagen des Lebens und der Entstehung von Lebewesen. Monatsschr. f. d. naturwissenschaftl. Unterr. 1908. Leipzig. Teubner.
- Die Entstehung des Lebens. Natur 1910—11. Heft 3.
- LEITMEIER H.: Über die Entstehung von Dendriten etc. Zeitschr. f. Kolloidchemie. IV.
- LEMBERG: Über Bildung und Umwandlung der Silikate. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 35. 1883.
- LIEBETRAU E.: Beiträge zur Kenntnis des Unteren Muschelkalks bei Jena. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 33. 1881.
- LINCK G.: Über Oolithe und Stromatolithe. Zeitschr. f. Naturw. Jena 1909. Bd. 45.
- LORENZ Th.: Geolog. Studien im südl. Rhaetikon. Berichte d. naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. Br. XII. 1901.
- PHILIPP H.: Pal.-geol. Unters. aus dem Geb. von Predazzo. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 1904. 56.
- PHILIPPI E.: Über das Problem der Schichtung und über Schichtbildung am Boden des heutigen Meeres. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 1908. Bd. 10.
- Die Fauna des unteren Trigonodusdolomits von Schwieberdingen und Cannstadt. Jahresh. d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1898.
- Über Dolomitbildung und chem. Abscheidung von Kalk in heutigen Meeren. 11. Jahrb. f. Min. etc. 1907. Festband.
- RAAB O.: Der Mittlere Muschelkalk bei Rüdersdorf. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt. 1907.
- RAMANN: Der Ortstein und ähnliche Sekundärbildungen in den Alluvial- und Diluvialsanden. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt. 1885.
- REIS O. M.: Das Rotliegende und die Trias der nordwestl. Rheinpfalz in Erl. z. Bl. Zweibrücken. 1903.
- Untersuchungen über die Petrifizierung der Muskulatur. Archiv f. mikrosk. Anatom. 1891.
- Der Mittlere und Untere Muschelkalk im Bereich der Steinsalzbohrungen in Franken. Geogn. Jahresh. XIV. 1901.
- Über Stylolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk. Geogn. Jahresh. XVI. 1903.
- Die Binnenfauna der Fische in Transbaikalien. Recherches géologiques etc. le long du chemin de fer de Sibérie, Livr. 29. 1909.
- Über Oolith und Stromatolith. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1908. Bd. II. S. 114.
- Zur Fukoidenfrage. Jahrb. d. K. K. Geol. Reichsanstalt. 1909. Bd. 59.
- Geologische Exkursionen in der Umgebung von Bad Dürkheim. Berichte des Oberrh. Geolog. Vereins 1909.
- REYER E.: Theoretische Geologie 1888. Stuttgart (Schweizerbart).
- ROTHPLETZ A.: Über die Einbettung der Ammoniten in die Solnhofener Schiefer. Abhandl. d. Kgl. Bayer. Akad. d. Wissensch. II. Kl. XXIV. Bd. II.
- SANDBERGER FR.: Beobachtungen in der Würzburger Trias. Würzburger Naturw. Zeitschr. 1864. Geognostische Jahreshefte. XXII. Jahrgang.

- SANDBERGER FR.: Die Gliederung der Würzburger Trias und ihrer Äquivalente. Würzburger Naturw. Zeitschr. 1866.
- Die Lagerung des Muschelkalks und der Lettenkohlen-Gruppen in Unterfr. Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg. 1892.
- Übersicht d. Min. des Regierungsbez. Unterfranken und Aschaffenburg. Geogn. Jahresh. IV. 1892.
- SAPORTA: Apropos des Algues fossiles. Paris 1882.
- Taonurus und Spongeliomorpha aus dem Miozän von Alcoy. Bulletin de la société géol. de France XV.
- SCHADE H.: Zur Entstehung der Harnsteine und ähnlicher konzentrisch geschichteter Steine organischen und anorganischen Ursprungs. Zeitschr. f. Chemie u. Industrie d. Kolloide. IV. H. 4 u. 5.
- SCHMIDT M.: Das Wellengebirge der Gegend von Freudenstadt. Mitt. d. Geol. Abteilung des Württemb. statistischen Landesamts. 3. 1909.
- SCHUMACHER: Zur Kenntnis des Unteren Muschelkalks im nordöstlichen Deutsch-Lothringen. Mitt. d. Geol. Landesuntersuchung von Elsaß-Lothringen. Bd. II. 1890.
- STEINMANN G.: Über Schalen und Kalksteinbildung. Berichte der Natur. Gesellsch. Freiburg i. Br. 1889.
- WAGNER R.: Beitrag zur genaueren Kenntnis des Muschelkalks bei Jena. Abhandl. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt N. F. Bd. 27. 1897.
- WALTHER JOH. (und P. SCHIRLITZ): Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 1886. S. 315.
- Lithogenesis der Gegenwart (Einleitung in die Geol. als hist. Wissensch. 1893/94. III. Teil). Fischer, Jena.
- Geschichte der Erde und des Lebens. 1908.
- ZELGER C: Geognostische Wanderungen im Gebiete der Trias Frankens. Würzburg 1867.
- ZIMMERMANN E.: Trockenrisse und Netzleisten im Mittleren Muschelkalk von Rüdersdorf. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 1898. S. 187.
- Steinsalz mit Wellenfurchen etc. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. 1908.
- Einiges über die norddeutschen Kalisalzlager und über marine Versteinerungen darin. Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch. Bd. 56. 1904.

Tafel-Erklärung.

Die Nummern in den Profilen der Taf. I beziehen sich zugleich auf andere in Taf. II Fig. 1 und III Fig. 1—3 gegebene Profile; die in Taf. I nicht bezifferten Bänke sind gesonderte, den Vergleichsprofilen nicht gemeinsame Schichteinschaltungen; vgl. S. 4).

Tafel I.

Fig. 1. Profil der Grenzregion der Unteren Lettenkohle und des Oberen Muschelkalks von einem Steinbruch am Grainberg bei Würzburg, N. der Estenfelderstraße. Maßstab 1 m = 15 mm. Es ist hinzuzufügen, daß die gewellten Platten, ebenso die Linsen und Kuchen in den Ostrakodenschichten etwas dicker sind und in Wirklichkeit auch dichter beisammen stehen, mehr nach der Art, wie dies Fig. 2 und Fig. 3 zeigen (S. 5, S. 8).

Fig. 2. Profil der Grenzregion der Unteren Lettenkohle und des Oberen Muschelkalks von einem Bruch von der Höhe des Thalbergs zwischen Heidingsfeld und Würzburg. Maßstab 1 m ung. = 25 mm. (S. 5 und 9.)

Fig. 3. Profil der Unteren Lettenkohle (3 a) und des Trigonoduskalks (3 b) von den Brüchen bei Randersacker O. von Würzburg. Maßstab 30 cm = 1 cm (S. 6 und 10).

Fig. 3 c. Zerteilung der Lage 11 von Fig. 3 an anderer Stelle des Bruches durch Einschaltung von Schiefertönen.

Fig. 3 d. Untere Grenze von 17 und obere von 18 (18 a und 18 b) von einer anderen Stelle des gleichen Bruches in etwas größerem Maßstab als 1:30.

Fig. 4. Verteilung von sandigem, Knochenreste führendem Ockerkalk und dichterem blau-braunem Bivalvenkalk (weiß gelassen) bei etwas schiefem Querschnitt; aus dem Trigonoduskalk von Rottendorf (S. 13).

Fig. 5. Querschnitt durch die Unterlage der Geschiebekalkbank des untersten Wellenkalks in der Kalkschottergrube vom Sinnberg bei Kissingen; die dunkel geschummerten Partien bezeichnen unveränderten Kalk, der je nach Maßgabe der „Verockerung“ heller gehalten ist; die ganz weißen Stellen bezeichnen reinen Ockerkalk, welcher zum größten Teil als verschwemmtes Sediment nicht nur das Bindemittel der sich im Hangenden anhäufenden Geschiebelage, sondern auch die Füllung der Bohrröhren bildet, welche sich insbesondere in der oberen Hälfte der Liegendbank erkennen lassen; sie bezeichnen auch hier den dichtesten, widerstandsfähigsten Teil der Bank. Die Geschiebe im Hangenden lassen sich zu einem gewissen Teil auf die vielseitig zernagte Liegendbank zurückführen, die flachen scherbenartigen Geschiebe stammen jedenfalls nicht auch daher; zwischen ihnen finden sich vereinzelt Encrinitenstielglieder, welche dem dichten Kalk ganz fehlen. Auf etwas über die Hälfte verkleinert, ung. $\frac{5}{8}$ natürl. Gr. (S. 52—53 und S. 165).

Tafel II.

Fig. 1. Profil des Trigonoduskalksteinbruchs bei Rottendorf (O. von Würzburg). Die Schichten 11—17 können (vgl. auch Taf. I Fig. 1 und Taf. 3 Fig. 1—3) als Ostrakodontone bezeichnet werden, wobei aber zu bemerken ist, daß die gleichen Ostrakodenschiefer noch zwischen 18 A und 18 B eingeschaltet sind, wie an anderer Stelle (S. 14) im oberen Trigonoduskalk reichlich *Cer. semipartitus* vorkommt; Maßstab 1 m = 3,5 cm (S. 12—13).

Fig. 1 a (S. 12—14). Profil der Grenzfläche von 18 A und 17 der Fig. 1 von einer anderen Stelle des Bruches in etwas größerem Maßstab.

Fig. 2. Ansicht einer Schichtoberfläche mit jenen faltenartigen, kuppigen Emportreibungen, wie sie in Taf. I Fig. 3 b und 3 d im Querschnitt gegeben sind; auf den Gewölben sind auch die Längszerreißungen sichtbar; zwischen den Zügen liegt noch in den Mulden die unregelmäßige Schiefermasse des Hangenden. Randersacker b. Würzburg. Maßstab 1 : 50 (S. 10 und S. 66).

Fig. 3—5. Querschnitte durch eine längere, brotlaibartige Kalklinse in Schiefertönen des Oberen Muschelkalks; zeigt drei Teile des Aufbaues: die Schüssel, die Füllung mit Schalenanhäufung und die Decklage mit feinfächerigen Anschwemmungstreifen. Auf Taf. X Fig. 13—15 finden sich Vergrößerungen von Einzelheiten dargestellt. Maßstab von 10,5 cm Länge auf 6,5 verringert (S. 69).

Fig. 6. Ein Teil von Fig. 4 rechts in doppelter Größe gezeichnet; die weiß gelassenen Flächen zeigen das feinschlammigste Material, das sich meist unter dem Schirm überlagernder Schalenteile von unten her angesammelt und aufgefüllt zu haben scheint; unausgefüllt gebliebene Räume in und unter den gewölbten Schälchen sind später mit Kalzit zugewachsen (S. 69).

Fig. 7—9. Ähnliche Querschnitte wie Fig. 3—5 aus dem Oberen Muschelkalk Frankens; in ähnlicher Verkleinerung wie Fig. 3—5; hier ist der schüsselförmige Abschnitt des Ganzen zum Teil durch die Anschwemmung der Muschelfüllung abgetragen worden; für den obersten gerundeten Teil der Linsen (Fig. 8—9) scheint ein geodenartiges Wachstum, d. h. eine Einbeziehung der benachbarten Schiefertöne in den Linsenkörper durch Konzentration der Kalklösung — nach den Einschwemmungskörper der Schalenfüllung, vielleicht aus diesem heraus, angenommen werden zu müssen (S. 69—70).

Fig. 10. Sehr verkleinertes Übersichtsbild über das Lage- und Körperverhältnis von Kalkbänken, mit und ohne Fossilien, mit und ohne nachträgliches Dickenwachstum durch Lösungskonzentration, und von Kalklinsen inmitten von Schiefertönen, über seitlich zusammengewachsene Bankteile mit mehr und weniger ausgedehnten Mergelanastomosen vom Hangenden zum Liegenden, mit Einschlüssen der solchen Anastomosen gelegentlich sehr ähnlichen Rhizokorallen bzw. Bohrröhren, welche nachträglich erweitert sein können. Oberer Muschelkalk Frankens (S. 72—75).

Tafel III.

Fig. 1—3. Profile durch die Untere Lettenkohle, die Ostrakodontone und den obersten Trigonoduskalk aus der Umgegend von Kirchheim und Kleinrinderfeld S. von Würzburg. Maßstab: 1 m = 3 cm. (S. 6 und S. 15—17.) Gezeichnet, aufgenommen und beschrieben von Dr. M. SCHUSTER.

Fig. 4 (a—e). Skizze der Verteilung von Fossilien führenden und leeren Kalken, Kuchenlinsen bzw. Platten und Schiefertönen der Trochitenschichten vom Klingengraben bei Würzburg (Zell); die daneben gestellten Ziffern beziehen sich vermutungsweise auf die von SANDBERGER ausgeschiedenen Bänke; der Aufschluß, den SANDBERGER beschrieben hat, ist jetzt stark zerfallen und die oben gegebene Skizze ist von einer höher gelegenen Stelle an einer Verwerfung gegeben, woselbst die Verteilung von Kalken und Schiefertönen schon eine etwas andere geworden zu sein scheint. Das Profil reicht in die obersten Schichten des Mittleren Muschelkalks. Maßstab ca. 3 : 5 (S. 26—29).

Fig. 5. Skizze von Ausgleichungsfalten in diskordant abgelagerten Wellenkalkpaketen, die jedesmal normal horizontal überlagert werden; die runden Umrisse in dem mittleren Paket sind

Querschnitte durch überhängende Stirnen von solchen Faltungen, wie solche auch im Längsschnitt zu sehen sind; im unteren Paket erkennt man eine Verbiegung der dem oberen Abschnitt schief angelagerten Massen, die sich in weiterem Verlauf der Anlagerung wieder zu normaler Diskordanz ausgleicht; hier zeigt sich in den tieferen Umbiegungsstellen der diskordanten Lagerung eine starke Ansammlung von Zölestinkriställchen. Maßstab 1 m = 3,5 cm (S. 116).

Tafel IV.

Die in dieser Tafel gegebenen Querschnitte zeigen Einzelheiten des Aufbaus von Schichten und Schichtlinsen des Oberen Muschelkalks, welche zum Teil als Ergänzung des Übersichtsbildes Taf. II Fig. 10 gelten müssen, zum Teil aber auch die Querfolge der Schichtteile erkennen lassen, wie sie in den Linsen Taf. II Fig. 3–9 dargestellt sind. Die horizontal linierten Teile von Fig. 1–3 stellen einen mit schwachen Lagerungsandeutungen gezeichneten dolomitischen Mergel (chem. Anal. S. 82. 6) dar; die weiß gelassenen Partien stellen durchgängig einen Kalk oder mergeligen Kalk dar, die dunklen in dichter Wirrschraffur gegebenen Abschnitte bezeichnen einen dolomitischen Ockerkalk, der fast nur Brachiopoden- und Encrinitenreste, außer kleineren bräunlichen Kalkgeschieben umschließt. Das Hangende bildet überall ein reichlich Bivalvenschalen führender Kalk, der beim Nachlassen der Anschwemmungsanzeichen eine Umwandlung in dichten Kalk annimmt. Der Ockerkalk hält sich stets an der Grenze zwischen dem liegenden fossilfreien Kalk und dem hangenden Bivalvenkalk, ersterer ist entweder von Bohrwürmern durchsetzt (Fig. 8 A, Fig. 6), undicht geworden; da dies aber schon auf eine Unterbrechung der normalen Sedimentation hinweist, so sind weitere Begleiterscheinungen, wie Annagung und Unterwaschung mit ihren Folgen: unregelmäßige und regelmäßige Zersprengungen, Rutschungen und kleine Stauchungen eingetreten (Fig. 6–12); hierbei sind auch Zerbröckelungen häufig (vgl. Fig. 10 Ockerkalklage), welche zu Geschiebeeinschlüssen auch noch im Bivalvenkalk Anlaß geben.

Fig. 1 und 2 stellen drei verschiedene Durchschnitte des gleichen Gesteins dar; Fig. 1 a bringt die Vergrößerung eines Teiles von 1, wobei versehentlich die Signatur der mittleren Fossilinse im Ockerkalk weggelassen wurde.

Die in Fig. 5 und Fig. 6 links oben dargestellte Aufwölbung der ockerigen Zwischenmasse über einer stärkeren Vertiefung ihrer Unterlage ist keine seltene Erscheinung; sie beweist, daß die Ockermasse nachträglich in ganzer Fläche abgetragen wurde und nur an der bezeichneten Stelle, wo eine raschere Erhärtung oder Bindung stattfand, in einer größeren Stärke erhalten blieb. Maßstab 19 : 12 (S. 79–84).

Tafel V.

Fig. 1. Profil der Myophorienschichten¹⁾ und der oberen Schaumkalkregion am Steinberg bei Würzburg, Straße nach Veitshöchheim, bei 3 (7) und 9 Seesinterkalkeinschaltungen. Maßstab 10 cm = 1,5–2,0 m (S. 35–37).

Fig. 2. Profil durch die Myophorienschichten und die obere Schaumkalkregion am Hühnerlöchle bei Helmstadt; bei 7 Seesinterkalkeinschaltung vgl. Taf. VI Fig. 7 in Vergrößerung. Maßstab 1 m = ungefähr 10 mm (S. 38–39).

Fig. 3. Profil durch die Myophorienschichten und die obere Schaumkalkregion von Hochhausen a. d. Tauber; bei 5 Seesinterkalkeinschaltungen im Schaumkalk. Maßstab 1 m = ungefähr 25 mm (S. 39–40).

Fig. 4. Steil gestreckte Sigmoidalzerklüftung in den Myophorienschichten unmittelbar über dem Schaumkalk mit dazwischen liegenden Schiefen mit Myophorienlinsen. Vom Linnenberg SO. von Kissingen. Maßstab 40 cm = 15 mm (S. 94–102).

Fig. 5–8. Verschiedene Darstellungen der Sigmoidalzerklüftung in den Myophorienschichten aus der Umgebung von Kissingen, nur wenig schematisiert in ihrer winkligen Umbiegung (vgl. Taf. XI Fig. 23 in phot. Aufnahme nach einem Originalstück) Maßstab 1 cm ungefähr 1 mm (S. 94–102).

Fig. 9. Gestreckte, zum Teil etwas zu steil gezeichnete Sigmoidalzerklüftung in Kalk und Mergel zwischen den tiefsten Geschiebekalkbänken des Wellenkalks vom Sinnberg bei Kissingen. Die Mergelschiefer im Hangendsten und Liegendsten des Bildes enthalten Rhizokorallen und jene *Spongiomorpha*-artigen Einschlüsse; die Zerklüftungsbank ist überlagert von einem Geschiebekalk, vor dessen Absatz die Zerklüftung schon bestanden haben muß, da sie von oben her unregelmäßig

¹⁾ Die gleichen Ziffern der einzelnen Profile sind in dieser Tafel nicht aufeinander zu beziehen; sie erhalten in den Profilbeschreibungen ihre betreffende Deutung.

angenagt ist, wobei die härteren Zerklüftungsplättchen als mit der Zerklüftung abgegrenzte und von ihr vorgebildete Teile vorragen. Maßstab 1 cm = 1 mm (S. 52—53 und S. 97).

Fig. 10. Profil der tiefsten Wellenkalkschichten mit den verschiedenen Geschiebekalkhorizonten von einem Bahneinschnitt zwischen Arnshausen, Terzenbrunn und Ebenhausen bei Kissingen; bei 11 ist die Signatur, entsprechend etwa 6 und 13, einzuzuzeichnen übersehen worden; ebenso fehlt die Annäherungsgrenze des oberen, geschiebeführenden Teils der Bank 6 gegen die dichte Liegendzone etwa wie bei 3. Maßstab 10 cm = 1 mm; die dünneren Einschaltungen sind hier wie auch sonst etwas dicker gezeichnet (S. 52).

Tafel VI.

Fig. 1. Profil der Myophorienschichten über dem Oberen Schaumkalk von der Riedmühle bei Zellingen a. M., mit Seesinterkalk 8 (vgl. Fig. 2 und 3). Maßstab 1 m = 20 mm (S. 37—38).

Fig. 2—3. Vgl. Fig. 1; etwas größere Zeichnung von Einzelheiten in 1:5 bzw. 1:10.

Fig. 4. Seesinterkalkeinschaltung in den Myophorienschichten vom Gänsberg (Südhang) bei Thüngersheim. Maßstab ungefähr 1:4,5 (S. 102—107).

Fig. 5. In den Seesinterkalk hereinragende und zum Teil seitlich von jenem unwachsene Scholle von Myophorienschichten. Bruch im tiefen Loch S. von Urspringen (vgl. Bilder in darauf senkrechtem Querschnitt in Fig. 7—8) etwa 0,5 m über der oberen Schaumkalkbank. Maßstab 1 m = 30 cm (S. 103).

Fig. 6. Gleiches wie Fig. 4 etc. von einem Straßenaufschluß bei Retzstadt. Maßstab ungefähr 1:4 (S. 102—107).

Fig. 7. Einzelheiten zu Nr. 7 von Taf. V Fig. 2 (S. 102—107).

Fig. 8 vgl. Fig. 7. Gezeichnet von Dr. M. SCHUSTER (S. 102—107).

Tafel VII.

Fig. 1. Übersichtsprofil durch den Wellenkalk im Maingebiet; 1 cm = 6,5 m; die Buchstaben von oben nach unten bedeuten: My = Schichten aus *Myophoria orbicularis*; Sko = obere Schaumkalkbank mit Bo = Bohrröhrenliegendem; Au = Ausgleichsfältelung zwischen Sko und Sku = untere Schaumkalkbank (Bo = Bohrröhren); Sc = Schlangensteine; Au = Ausgleichsfalten in den in Böschungslagerung abgesetzten Wellenkalken; Sp = Spiriferinenbank mit Geschiebekalk und Bohrröhrenliegendem (Bo); Sc = Schlangensteine zum Teil längsdurchschnitten; t¹ und t² = obere und untere Terebratelbank mit Bo (Bohrröhrenliegendes); Au = Ausgleichsfältelungen mit starken Diskordanzen im Liegenden; Oo = Ecki-Oolithbank mit Geschiebekalk und mit Bo der Hauptbohrröhrenbank im Liegenden, ebenfalls hier häufig Sc = Schlangensteine; Be = Beneckeia-Bank; Eg = verschiedene Enkriniten-Geschiebekalkbänke, dazwischen Geschiebe-Wellenmergel (Wg); Ok = dolom. Ockerkalk; Zö = Zölestinvorkommen.

Fig. 2—3. Ausgleichsfältelungen oberhalb der unteren Schaumkalkbank, bzw. vom Norbertusheim bei Würzburg und vom Kirchberg bei Neubrunn (Dr. M. SCHUSTER gez.). In Fig. 3 erkennt man die ursprüngliche diskordante Schichtung der etwas zu fein schraffierten, dünnen Wellenkalkplatten, denen einige dickere zum Teil fossilführende Bänke eingeschaltet sind; die Länge des gezeichneten Aufschlusses beträgt ca. 3,80 m, vgl. Taf. VIII Fig. 1 und 1a (S. 117—118).

Fig. 4—5. Ausgleichsfältelungen aus dem Hangenden und Liegenden der Ecki-Oolithbank von dem Aufstieg zur Karlsburg gegenüber Karlstadt bzw. in den Brüchen östlich von Marktheidenfeld. Maßstab 1:10 (S. 45).

Fig. 6—7. Bohrröhren aus dem Liegenden der Schaumkalkbank W. von Unterleinach bei Zellingen. Fig. 6 in $\frac{1}{5}$ natürl. Gr. mit confluenten dichten Ringhöfen und der von außen her nach deren Grenzen stattfindenden Erzkonzentration (S. 40).

Fig. 8. Bohrröhrchen wie Fig. 6, jedoch ohne Verdichtungshof, mit Kalzit erfüllt im Horizontal-durchschnitt in $\frac{2}{3}$ natürl. Gr. (S. 140).

Fig. 9. Aufschluß aus der Region der Ecki-Oolithbank vom Fuß des Ravensberg; Bruch neben der Straße von Thüngersheim nach Veitshöchheim; ein in Ausgleichsfältelung¹ (vgl. Fig. 5) knieförmig aufgebogener Schichtenkomplex ist unregelmäßig ausgenagt und bildet eine riffartige Unebenheit des Meeresgrundes, in welche zahllose Bohrröhren des kleineren Kalibers eingesenkt sind; das Riff ist außerdem mit kleineren Schälchen fossiler Bivalven überwachsen. Vgl. S. 143, S. 147, S. 152 und Textbeilage I S. 145 Fig. 1—2; Maßstab 4 cm = 3 mm.

Fig. 10. Schichtenlagerung im Liegenden der Ecki-Oolithbank (Oo) von einem Bruch im Osten von Marktheidenfeld (Strickberg). Maßstab 1 m = ungefähr 1 cm.

Tafel VIII.

Fig. 1 und 1a. Zwei von 1 nach 1a zusammenzustößende Profile der Wellenkalkschichten über der unteren Schaumkalkbank vom Kirchberg bei Neubrunn, vgl. Taf. III Fig. 3. Die Länge des Aufschlusses beträgt etwa 8 m; zeigt schiefe Querschnitte von Schlangensteinen, diskordante Lagerung und Ausgleichsfältelung; die letztere scheint an erstere gebunden und ist selbst durch erneute diskordante Anlagerung angenagt; aus solchen Vorgängen folgt die Entstehung von Geschiebe-Wellenmergeln (S. 117 und 126).

Fig. 2 und 3. Querschnitte von Schlangensteinen mit Muschelfüllung, seitlichen Resten einer „Schüssel“ (vgl. Taf. II Fig. 3—9) und dem Deckel, vom Neuenberg bei Retzstadt und dem Pülz bei Steinfeld; Schaumkalkregion. Maßstab 6,5 m : 4 cm (S. 125).

Fig. 4. Querschnitte eines Schlangensteines aus der Schaumkalkregion vom Norbertusheim bei Würzburg (vgl. Taf. XI Fig. 5 und 6) in ca. 0,7 nat. Gr.; der Kern zeigt ein Lückenwerk aus-gelangerter Kriställchen von Zölestin (S. 124 und 126).

Fig. 5—7. Querschnitte von Schlangensteinen mit Bänken massenhaft eingeschlossener Zölestin-kriställchen; aus der Umgebung von Retzbach und Zellingen; Region der Schaumkalkbank. $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ natürl. Gr. (S. 124).

Fig. 8—9. Schlangensteinartige Ausfüllung einer Ausnagungsvertiefung in der Region der Ecki-Oolithbank, Bruch am Strickberg bei Marktheidenfeld. Maßstab ca. 1 : 10 (S. 128—129).

Fig. 10 und 11. Zwei verschiedenzeitlich im Bruchbetrieb gemachte Aufnahmen der gleichen Schlangensteine im Querschnitt aus dem Liegenden der Ecki-Oolithbank, Steinbruch am Strickberg bei Marktheidenfeld; Fig. 10 hat den Maßstab 1 : 10; in Fig. 11 sind die feinen Schiefertonein-schaltungen etwas übertrieben (S. 124).

Fig. 12. Ein anderer Querschnitt eben daher (S. 126).

Fig. 13. Querschnitt durch einen Spongeliomorpha-artigen Körper in schieferig plattigem Mergel des unteren Wellenkalks in einem Bahneinschnitt zwischen Arnshausen und Terzenbrunn bei Kissingen in $\frac{2}{3}$ natürl. Gr.; vgl. Taf. 5 Fig. 10 (S. 257 und 268).

Tafel IX.

Fig. 1. Oberfläche einer Bank mit Bohrröhrenverzweigungen; aus der Unterlage des Schaumkalks südl. von Münnerstadt; auf der rechten Seite der Figur heben sich die Füllungen von der Umgebung heller ab, auf der linken Seite sind sie von einem dunkeln Rand umgeben; $\frac{1}{3}$ natürl. Gr. (S. 140).

Fig. 2. Bohrröhren aus dem Liegenden des Ecki-Ooliths, links eine schmal erscheinende Röhre mit toniger, ockergelber Füllung, mit dichter Hofringhülle und mit der um diese Hülle herum zu bemerkenden dunkelrotbraunen Erzanreicherung; die Röhre auf der rechten Seite gewährt den Blick auf die Innenwand von der Breitseite des Röhrenbaues und zeigt den U-förmigen Umriß sowie schwach die gleichgestaltete Vertiefung zunächst des Randedurchbruchs. Steinbach; $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (S. 142).

Fig. 3. Bohrröhren aus dem Liegenden der Ecki-Oolithbank von Roden bei Rothenfels a. M. von der angewitterten Oberfläche der Bank; es sind vier nur unvollkommen enthaltene größere Röhren mit ockergelber Krinoidenfragmentfüllung und den dichten Hofringhüllen sichtbar, welche sich oben und unten gegen das Schichtgestein bzw. gegen dessen randliche dunkelrotbraune Grenzzone abheben; zwischen den Röhren rechts und links zeigt sich eine nur pockennarbige dunkle Zone; die Pockennarben, welche rechts auch noch in die Hofringhülle hereintreten, sind die Ausmündungen kleinerer, ebenso ockergelb ausgefüllter Röhren, welche in Gesamtheit, aber auch vereinzelt für sich einen Verdichtungshof haben, der sich einerseits gegen den benachbarten Hofring der großen Röhren, andererseits (und zwar schärfer) gegen das Gestein besonders bei der Anwitterung gut abhebt. $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (S. 142—143).

Fig. 4. Bohrröhrenbank von Ansbach bei Rothenfels a. M. mit einem Teile der hangenden Ecki-Oolithbank im Vertikalanbruch; die Füllungen der Röhren sind zum Teil ausgewittert; man erkennt an ihrer Innenwand noch die Kratzspuren. $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (S. 142).

Fig. 5. *Rhizocorallium* aus den tiefsten Wellenkalkschichten des Sparengrabens bei Neubrunn; man erkennt die körnigen Baukörperchen in den Wülsten und in der Spreite. $\frac{1}{4}$ natürl. Gr. (S. 236).

Fig. 6. Querschnitt durch das Seitenende einer Kalklinse aus dem Schiefer des oberen Muschelkalks zwischen der Cykloidesbank und Spiriferinenbank bei Rimpf; es zeigt eine in die feine Lagerung eingelassene Röhre von *Rhizocorallium*, welche in Taf. X Fig. 4 in Vergrößerung gegeben ist. $\frac{5}{6}$ natürl. Gr. (S. 236).

Fig. 7. Schiefer Längsschnitt durch eine Röhre von *Rhizocorallium* und der anliegenden Spreite; dieses Bild ist in Beil. I zu S. 145 in Vergrößerung wiedergegeben und zeigt dort besser die spätere Ausfüllung der eigentlichen Röhre. Gleicher Fundort wie bei Fig. 6. $\frac{1}{1}$ natürl. Gr. (S. 236).

Fig. 8. Zeigt vergrößert einen Anschliff eines Exemplars vom gleichen Fundort, die Gesteinslagerung und die in diese eingelassene Füllung der Spreite, die aus Baukörperchen und aus feinen, von der Umgebung an Art und Größe der Teilchen nicht unterscheidbaren Gesteinsfragmenten besteht. $1,3$ natürl. Größe (S. 237).

Fig. 9. Querschnitt durch ein *Rhizocorallium* aus der Region über der Spiriferinenbank vom Steinberg bei Würzburg; zeigt Röhrendurchschnitte und Spreite; die von oben eingedrückte Röhre der rechten Seite ist in Taf. X Fig. 3 vergrößert dargestellt; ungef. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe (S. 236).

Fig. 10—13 zeigt Mikrophotographien von Baukörperchen der Spreite von den Exemplaren Fig. 6—8 (S. 237).

Fig. 14 zeigt Baukörperchen aus dem Oberen Muschelkalk bei Erlabrunn mit Kristallausscheidungen in ihnen; die Gesteinsmasse birgt hier viele Schalenfragmente (S. 238).

Fig. 15 zeigt eine Mikrophotographie von Baukörperchen aus einem oolithischen Kalk der Trochitenregion bei Veitshöchheim (S. 238).

Fig. 16. *Rhizocorallium* aus dem Oberen Muschelkalk bei Retzstadt, woselbst die Spreite neben den Resten der Hülle mit Baukörperchen beim Weiterbau mit Lagen feiner Schalenfragmente fortgebaut wird. $\frac{4}{5}$ natürl. Größe (S. 238).

Fig. 17. Zweiteilig gegabeltes *Rhizocorallium* vom Ravensberg bei Veitshöchheim. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe. (S. 250).

Fig. 18. Große Platte mit mehreren Rhizokorallen vom Steinberg bei Würzburg; ungef. $\frac{1}{12}$ natürl. Größe (S. 250).

Fig. 19. Wurmhöhle mit Baukörperchen in der Hülle; angewitterte Platte aus dem Oberen Muschelkalk vom Ravensberg bei Veitshöchheim. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe (S. 251).

Fig. 20. Wurmhöhlen, quer durch die Gesteinslagerung setzend, mit ockerigem Kalk erfüllt; Hülle aus dichter, feingelagerter, in verschieden dick gehäufte Substanz aufgebaut und scharf gegen das Gestein der Umgebung abgesetzt. Steinberg b. Würzburg. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe (S. 252).

Fig. 21. Platte aus dem Liegenden der Unteren Schaumkalkbank bei Neubrunn; zwei Rhizokorallen sind von einer stengelartigen Röhrenfüllung (vgl. Taf. XI Fig. 9—11 und S. 252) durchsetzt, welche so zwischen beiden hindurchgeht, daß bei der rechts liegenden von oben her, bei der links liegenden von unten her Substanz weggenommen ist. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe (S. 252).

Tafel X.

Fig. 1. Reihung der Baukörperchen auf der Oberfläche der Spreite eines *Rhizocorallium*; Oberer Muschelkalk vom Ravensberg bei Veitshöchheim. Vergrößert zweimal (S. 236).

Fig. 2. Vergrößerung (dreimal) eines Querschnitts durch eine Wulströhre und anliegende Spreite von *Rhizocorallium* vom Steinberg bei Würzburg, Oberer Muschelkalk; die Oberfläche ist angenagt und von Neuem überdeckt; die Füllung der Röhre besteht aus ockerigem Kalkspat (S. 236).

Fig. 3. Vergrößerung (dreimal) der rechtsseitigen Wulströhren von Taf. IX Fig. 9; die Decke der Röhre ist eingebrochen, die Hohlräume sind mit Kalzit erfüllt (S. 236).

Fig. 4. Vergrößerung (dreimal) der Wulströhren von Taf. IX Fig. 6. Die Füllung der Röhre besteht aus grobkörnigem Kalzit; die Baukörperchen sind zum Teil recht regelmäßig gereiht (S. 236).

Fig. 5. Querschnitt durch *Rhizocorallium*, zeigt besonders die Lagenstruktur der Spreite, welche stets auf einen Teil der Innenwand früherer Stadien des Röhrenwachstums mit Anwendung von Baukörperchen hinweist; der Röhrenbau und die Spreite sind wie bei Fig. 2 von der Oberfläche her erodiert; die Füllung der Röhre ist zum Teil feiner Schlamm, zum Teil Kalzit. Vergrößerung zweimal (S. 236).

Fig. 6—8. Querschnitt durch drei Einzelröhren, welche vielleicht auf *Rhizocorallium*, vielleicht auch auf Baue wie in Taf. IX Fig. 19 bezogen werden können. Die Hülle besteht aus regelmäßigen Baukörperchen, welche mit dichter Bindung (Schlammörtel) zusammengeschlossen sind, die Füllung besteht aus Kalkschlamm mit Lagerungsanzeichen, wobei die Hüllen zum Teil erodiert sind und die Baukörperchen in den Füllungslagen verschwemmt wurden. Oberer Muschelkalk der Umgebung von Würzburg. Vergrößerung ungefähr dreimal (S. 236 und 251).

Fig. 9—11. Drei Querschnitte durch ein *Rhizocorallium* (bzw. dessen Röhrenwülste 11 a u. b) aus dem Unteren Wellenkalk bei Erlabrunn; bei 9 erkennt man in der Spreite noch massenhafte Baukörperchen; die Füllungen erinnern sehr an Fig. 6—8; bei Fig. 9 und 11 stehen entsprechende

Teile in den Bildern übereinander; Fig. 10 ist umzudrehen, um korrespondierende Wülste mit einander zu vergleichen. In der Tiefe der Füllung der linken Röhre von 9 und 11 zeigt sich eine zweite viel kleinere Röhre, welche auch bei Fig. 10 rechts nachträglich deutlicher gemacht werden konnte; sie hat eine dichte Hülle und davon abgesetzte Füllung; es wäre das ein gestreckter Röhrenbau nach Taf. IX Fig. 19, der von einem späteren Besiedler in den Boden der eben erfolgten Füllung des *Rhizocorallium* angelegt worden ist; die Strukturen der Füllung und der Annäherung der Wände von Innen her von 6—11 beweisen ganz flache Lagerung dieser Röhrenbauten unter der Oberfläche des Meeresbodens bzw. der Schicht. Die Füllung der Röhren beweist dies ebenso wie die Erosion bei Fig. 2 und 5. Vergrößerung zweimal (S. 240).

Fig. 12. Von oben angewittertes *Rhizocorallium* mit Teilen der Füllung und der Lagerungsstruktur. Oberer Muschelkalk. Steinberg bei Würzburg. Vergrößerung dreimal (S. 240).

Fig. 13—15. Vergrößerungen (dreimal) von Röhrenquerschnitten zu Fig. 3—5 Taf. II; diese Röhren zeigen in der Hülle zum Teil Baukörperchen, zum Teil nicht geformte, mörtelartige Baumassen; in Fig. 14 und 15 zeigt sich eine eigenartige Verlagerung des Baues nach oben und daher eine außerordentliche Verdickung der Hüllmasse auf einer Seite, welche für die Bildungen Taf. XI Fig. 12—22 von Wichtigkeit sind. Auch hier zeigt sich bei 13 und 14 die Ausfüllung der Röhrenhöhle mit den Anzeichen sedimentärer Einschwemmung von chemisch anders geartetem und etwas gröberkörnigen Schlamm (S. 241).

Tafel XI.

Fig. 1 und 2. Senkrechte Durchsinterungstreifen in den sphärosideritischen dolomitischen Mergeln der unteren Lettenkohle (in Verbindung mit dem Bonebedkalk) N. von Würzburg; bei Fig. 2 zeigt sich ein basaler Kalk mit Petrefakten, darüber im Ockerkalkmergel eine dichte, kalkige Einschaltung, welche die Durchsinterung, die von links nach rechts vorrückt, stark verzögert; den Schichtlinien gleichlaufende lineare Unterbrechungen ähnlicher Art zeigen sich im oberen Teil der Figur; es sind dies feine kalkige Lagen mit Ostrakodenschälchen; $\frac{1}{4}$ natürl. Gr. (S. 85).

Fig. 3. Angewitterte Durchsinterungstreifen aus dem Myophorienkalk vom Hühnerlöchle bei Helmstadt; den Schichtfugen nach rücken die Streifen nach links vor; hier sind offenbar Beschleunigungen der Durchsinterungen möglich gewesen; die Anwitterungsoberfläche rechts ist eine Spalt-oberfläche, deren Abspaltung und Anwitterung dem Verlauf der Streifen ungefähr entspricht. $\frac{3}{4}$ natürl. Gr. (S. 89, hier irrtümlich als Fig. 7 angeführt).

Fig. 4. Seesinterkalk (Stromatolith) aus den Myophorienschichten bei Neubrunn mit in Säulen über einander geordneten Stellen löcherigen Gefüges; $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ natürl. Gr. (S. 103, irrtümlich als Fig. 3 angeführt).

Fig. 5—6. Unteransicht des einen sich nach der oberen Schichtfläche erhebenden Endes eines 100 cm langen Schlangensteins, dessen leichte Krümmungen in der auf 7 cm verkleinerten Seitenansicht dargestellt sind; man sieht bei Fig. 5 auch noch einen Teil der anhängenden hangenden Schichtplatte; bzgl. der Querschnitte dieses Steins, siehe Tafel VIII Fig. 4; Liegendes der oberen Schaumkalkbank bei Oberzell-Würzburg; Fig. 5 ungefähr $0,3$ natürl. Gr. (S. 120—121).

Fig. 7—8. Fossilfreie Wellenkalkplatten mit Höhlen ausgelagter Kriställchen von Zölestin aus dem Liegenden der Terebratelbank südlich und westlich von Karbach bei Rothenfels a. M.; bei 8 sind die Kristalle zu einem Bündel mit mittlerer Einschnürung zusammengewachsen; bei 7 liegen sie kreuz und quer in einer mittleren Region der Platte, deren Flächenansicht (im Horizontalbruch) die Figur gibt; bei 8 liegt eine Bruchfläche eines klotzigen Schlangensteins vor. $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (S. 130).

Fig. 9—10. Verzweigte, ziemlich plattgedrückte Steinstengel aus dem Liegenden des Schaumkalks von Neubrunn und Retzstadt. $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (S. 252).

Fig. 11. Zweig eines Steinstengels aus dem tieferen Liegenden des Ecki-Ooliths, rechts in kalkiger Füllung senkrecht mit der längeren Achse hochkantig auf der Schichtfläche stehend; nach links nimmt die kalkige Füllung ab, ihr Ersatz durch Ton nimmt zu, wobei das Gebilde flach und breit gedrückt erscheint. $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (S. 253).

Fig. 12—22c. *Spongiomorpha*-artige Gebilde; Fig. 17 zum Vergleich mit 16, 22 und 22c eine verletzte, in einem älteren längsgestreiften Holzkernteil entblößte Kiefernwurzel. Es handelt sich aber wohl nicht um Ausfüllungen von ausgefalteten Wurzelhöhlungen, sondern um mit wulstigen Umbau-Hüllen versehene Bohrgänge nach Art von Fukoiden und von Rhizokorallien, wobei der eigentliche Bohrgang oft ganz einseitig liegt (vgl. Taf. X Fig. 14 und 15); die Bauhüllen wohl mit Schlamm und reichlichem Schleim gebildete, leicht zerfallende Massen sind; die Bohrung fand in offenbar schon nicht mehr ganz weichen Mergeln statt. Fig. 12 = $\frac{1}{2}$ natürl. Gr.; Fig. 13 = $\frac{1}{4}$ natürl. Gr.; Fig. 14 = $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ natürl. Gr.; Fig. 15 = $\frac{1}{4}$ natürl. Gr.; Fig. 16 = $\frac{1}{4}$ natürl. Gr.;

Fig. 18—21 = $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ natürl. Gr.; Fig. 22 = $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (s. Fig. 16); Fig. 22c = $\frac{1}{4}$ natürl. Gr. In Fig. 16—22c liegt die wulstige Seite nach unten; der gestreifte Kern bzw. die Kernabzweigungen sind nach oben gebogen und gerichtet (S. 256).

Fig. 23. Sigmoidalklüfte in höchst regelmäßigem, geometrisch scharf begrenztem Verlauf (vgl. Taf. V Fig. 5—8) aus den Myophorienschichten des Emmenthalergrabens bei Neubrunn. ($\frac{1}{3}$ natürl. Gr. (S. 95 u. 101).

Fig. 24. Bankquerschnitt aus dem Oberen Muschelkalk mit einer dichten Hangendlage und mit einem in eine etwas fragmentreichere Liegendlage eingesenkten *Rhizocorallium* im Längsdurchschnitt der Spreite; ungef. $\frac{1}{1}$ natürl. Gr. (S. 236—237).

Fig. 25—26. Strukturbild des Ooliths aus dem Liegenden des Hauptanhydrits von der Bohrung bei Bergheimfeld (S. 216).

Fig. 27. Strukturbild des Ooliths der Myophorienschichten von Hochhausen im Taubertal (S. 219).

Fig. 28—29. Oolith aus dem Liegenden des Hauptanhydrits von der Bohrung bei Kleinslangheim (S. 217—219).

Fig. 30. Oolith aus dem Unteren Hauptmuschelkalk von Kissingen. Vgl. hierzu auch die Textbeilage II Fig. 4 S. 149 (S. 223—227).

Hinweise auf die Textfiguren und Textbeilagen.

Textfig. 1 (S. 75). Querschnittbild einer stratischen (schichtständigen oder „lagigen“) Zersprengung in einer Linse aus den Ostrakodenschichten bei Würzburg. $\frac{1}{1}$ natürl. Gr.

Textfig. 2 (S. 78). Querschnittsbild stratischer Zersprengung im Innern einer feingebänderten Kalkbank aus den Untereren Kuseler Schichten der Rheinpfalz.

Textfig. 3 (S. 87). Flächenbild und Querschnitt einer eckigen Wellenkalkplatte mit Durchsinterungsschalen. Vorrücken von außen nach innen mit Eckabrundung und Durchsinterungsverzögerung im Innern der Schicht.

Textfig. 4 (S. 88). Flächenbild und Querschnitt einer Wellenkalkplatte mit Durchsinterungstreifen, welche an Querspalten beim ersten in derselben Richtung vorrücken wie in den Horizontal-fugen im vertikalen Querschnitt.

Textfig. 5 (S. 89). Durchsinterungsbänder und -streifen im Wellenkalk, von welchen einzelne eigentümliche helle, fast dendritische kurzzügige Zeichnungen aufweisen. Vergrößerung 1,5.

Textfig. 6 (S. 100). Sigmoidalplatten, welche sich nach zwei Seiten auskrümmen, ohne Fal-tungszwischenräume an den Klüften erkennen zu lassen. $\frac{1}{5}$ natürl. Gr.

Textfig. 7 (S. 108). Anschwemmungsdiskordanzen im Trigonoduskalk von Goßmannsdorf bei Kleinochsenfurt und Sommershausen. Photogr. Aufnahme von Dr. F. W. PFAFF.

Textfig. 8 (S. 127). Querschnitte durch zwei Schlangensteine in den Myophorienschichten SO. von Kissingen; die Rinnen der Schlangensteine sind offenbar in Wellenfurchen etwas eingenaigt, der schieferige Mergel, in dem die Schlangensteine eingebettet sind, ist außerdem durchsetzt von Durchsinterungstreifen, welche von den härteren Schlangensteinen durch diese selbst abgelenkt werden; der eine der beiden Schlangensteine, welche in einer Länge von 35 cm vorliegen, ist voll Myophorien-schälchen, der andere zeigt gar keine. $\frac{3}{5}$ natürl. Gr.

Textfig. 9 (S. 172). Querschnitt durch eine Kalkbank aus dem Liegenden der Schaumkalk-schichten S. von Münnerstadt; die weißen Partien sind dichter Kalk, die dunkeln bestehen aus Ockerkalk mit Kristallöchern nach Zölestin, welche von Wurmröhrenfüllungen (Steinstengeln) durch-setzt sind; letztere bestehen ebenso aus dichtem Kalk, sind in den Ockerkalk hineingebohrt und von oben mit Kalkschlamm ausgefüllt; sie durchsetzen zum Teil auch den Hangendabschluß der Schicht. $\frac{1}{2}$ natürl. Gr.

Beilage I (zu S. 145).

Fig. 1 und 2. Bohrwürmerbank des Horizonts der *Ter. Ecki* vom Fuß des Ravensberg N. von Veitshöchheim (vgl. Gesamtbild, Taf. VII Fig. 9); die Bank zeigt in Fig. 1 vier verschiedene Zonen der Zusammensetzung, von welchen die zwei äußeren sich an die Bohrröhren selbst anschließen und in erster Linie eine Durchsinterung von der Oberfläche her darstellen, welche die

nicht durch die Hüllenverdichtung gehärteten Teile betraf und aus der dritten Zone tief in die vierte eindringt, so weit auch die Röhren dahinein fortsetzen. Es ist das offenbar eine primäre Ausbildung noch während der Anwesenheit der Röhrenbesiedler; eine nachträgliche ist die äußere Zone, welche mit der Bedeckung der Schicht durch das Hangende zusammenhängt, welches hier in einer Schalenüberwachsung besteht; in Fig. 2 zeigt sich ein schlangensteinartiger Raum (im Querschnitt) mit einer Schalenfüllung aus Dolomit und Ockerkalk; die senkrecht schraffierten Bänder bedeuten hier die Umwandlung einer Schwefelkiesanreicherung (auch in Fig. 1 schwarz punktiert) in hämatitischen Ockerkalk; natürl. Gr. (S. 146 und 151).

Fig. 3. Schiefer Längsschnitt durch einen Röhrenwulst von *Rhizocorallium* mit Kalzitfüllung und die Baukörperchen-Hüllenreste der anliegenden Spreite; die Röhre ist eingesenkt in den obersten dichten Teil einer breit-kuchenartigen Linse, deren mittlerer Teil fein gelagert ist, deren unterster Schalen enthält; aus dem oberen Muschelkalk von Rimpar, vgl. Taf. IX Fig. 7 (Fig. 6—8) und Taf. X Fig. 4, Vergrößerung zweimal. (S. 236—237.)

Beilage II (zu S. 149).

Fig. 1. Bohrröhren mit Ockerfüllung (darin *Pentacrinus dubius*) von der Schichtfläche aus gesehen; zeigt die eigentümliche Raumausnützung, welche an das gleichartige Bild Taf. IX Fig. 1 erinnert; aus der Spiriferinenbank des Oberen Wellenkalks von der städtischen Kiesgrube am Wendelinusberg bei Kissingen. Zwischen den größeren Röhren zeigen sich auch die Ausmündungen kleinerer. $\frac{2}{3}$ natürl. Gr. (S. 140).

Fig. 2 und 2a. Ober- und Unteransicht einer Platte aus dem Oberen Muschelkalk vom Steinberg bei Würzburg; die Zeichen *, +, o geben die entsprechenden Stellen an; die Platte zeigt an gewissen Stellen zweiseitige Verdünnungen oder Einschnürungen, welche sich an Röhrendurchbohrungen mit Ockerfüllung anschließen; um diese haben sich Wülste und Käme in Sichelform herumgebildet; es handelt sich hier offenbar um Kontraktionserscheinungen in der Umgebung von Bohrröhren. $\frac{1}{2}$ natürl. Gr. (S. 157 und 269).

Fig. 3 zeigt die Grenze des Hofrings der Bohrröhren aus dem Liegenden des Ecki-Ooliths unter dem Mikroskop als ganz scharfe Grenze; in der mit Erz infiltrierten Außenschicht rechts unten zeigen sich zwei Zonen stärkerer Eisenanreicherung; nirgends finden sich an solchen Hüllen Gebilde wie Baukörperchen oder andere Baufragmente (S. 149).

Fig. 4. Durchwachsung von Oolithkörnern, von deren Faserstruktur und der kalzitischen Bindemasse durch Quarz unter teilweiser bis vollständiger Aufzersetzung des Kalzits (S. 223—227).

Hinweise auf die Beiträge.

A. SCHWAGER, Kgl. Landesgeologe:	Seite
Zwei Analysen des Trigonoduskalks von Rottendorf	59
Drei Analysen von Teilen einer Bank aus den Nodosenschichten vom Steinberg bei Würzburg	82
Vier Analysen von Teilen einer Bank aus der Cykloidesregion von Rimpar	82
Analyse eines Schalenrestes aus einem Kalk der Cykloidesregion bei Rimpar	188
Analyse eines Ooliths vom Staffelberg bei Kissingen	226
Qualitative Feststellungen	174, 224
M. SCHUSTER, Kgl. Geologe:	
Profile aus der Region des Trigonoduskalks in der Umgebung von Kirchheim S. von Würzburg	15—17
Profil durch den Sparengraben bei Böttigheim	53—54
Mineralogische und petrographische Diagnosen	153, 173, 174, 217, 219, 220, 224

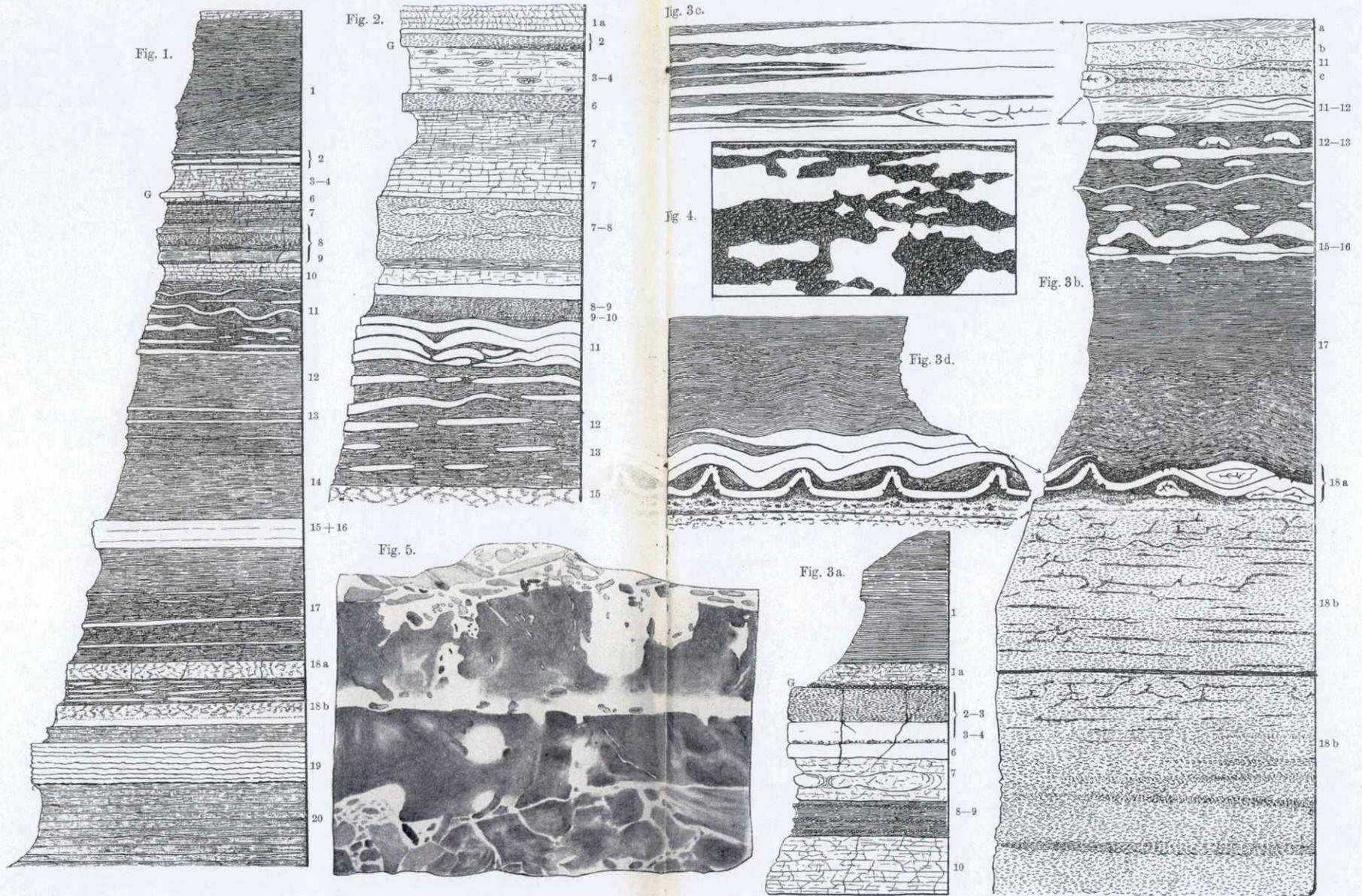
Inhaltsübersicht.

	Seite
Vorbemerkung	1
I. Allgemeiner Teil (Profile und stratigraphische Erörterungen)	1—58
Kap. 1. Die Untere Lettenkohle in der Umgebung von Würzburg	1— 6
Kap. 2. Übersicht über die Profile der unteren Lettenkohle	6— 7
Kap. 3. Die oberste Region des Hauptmuschelkalks (Ostrakodenschiefer, Semi-partitusschichten und Trigonoduskalk)	7—20
I. Das Profil des Steinbruchs nördlich der Estenfelderstraße (Grainberg)	8—10
II. Der Trigonoduskalk in der Umgebung von Würzburg	10—15
1. Profil bei Randersacker	10—12
2. Profil bei Rottendorf	12—14
3. Profil der Trigonoduskalkbrüche bei Sommerhausen	14—15
III. Profil aus der Region des Trigonoduskalks in der Umgebung von Kirchheim S. von Würzburg (von MATTH. SCHUSTER)	15—17
IV. Profil der Trigonoduskalkregion bei Rothenburg o. Tauber, Steinbruch N. der Stadt, W. der Straße nach Steinsfeld	17—20
Kap. 4. Ausbildungswechsel im Trigonoduskalk Frankens	20—22
Kap. 5. Profile aus den Nodosenschichten	22—28
I. Profil vom Sommerhausener Graben	22—25
II. Profil neben der Straße Rothenburg-Dettwang	25—28
Kap. 6. Profile durch den unteren Hauptmuschelkalk	28—30
I. Profil vom Klingengraben bei Würzburg	28—29
II. Profil durch Enkrinitenschichten von Rothenburg o. Tauber	29—30
Kap. 7. Bemerkungen über die obere Grenze und die Einteilung des mittleren Muschelkalks	30—35
Kap. 8. Myophorienschichten und Schaumkalkregion im Maingebiet	35—40
I. Profil durch die Myophorienschichten und den Schaumkalk an der Veitshöchheimer Straße bei Würzburg	35—37
II. Profil durch die Myophorienschichten an der Riedmühle SW. Zellingen a. Main	37—38
III. Profil durch die Myophorienschichten am Hühnerlöchle bei Helmstadt	38—40
Kap. 9. Allgemeine Kennzeichen der Myophorienschichten	40—41
Kap. 10. Lagerungseigenheiten in den Schichten zwischen beiden Schaumkalkbänken	41—42
Kap. 11. Übersicht über die Merkmale und Eigenheiten der Schaumkalkregion	42—43
Kap. 12. Der Wellenkalk zwischen der Schaumkalkregion und dem „Wellendolomit“	43—48
Kap. 13. Myophorienschichten, Schaumkalk- und Terebratelschichten im oberen Saalegebiet	48—49
Kap. 14. Die tiefsten Schichten des Wellenkalks im Maingebiet	49—54
I. Profil an der Dominikushöhe oberhalb Retzbach	49—50
II. Profil am Volkenberghang bei Oberleinach, S. Zellingen	50—51
III. Profil bei Waldzell	51
IV. Profil zwischen Thüngrersheim und Veitshöchheim	51—52
V. Profil zwischen Arnshausen und dem Terzenbrunn, S. Kissingen	52
VI. Profil vom Sinnberg, O. Kissingen	52—53
VII. Profil SO. von Böttigheim	53—54
Kap. 15. Kurze stratigraphische Vergleiche bezüglich des Wellenkalks	55—58

	Seite
II. Besonderer Teil. (Über Gesteins- und Schichtgestaltungen bzw. -Umwandlungen, über paläobiologische Fragen, über <i>Rhizocorallium</i> und verwandte Überreste aus dem Muschelkalk Frankens)	58—271
Kap. 1. Sogenannter Ockerkalk und Septarien im Trigonoduskalk, in seinen Äquivalenten und in der Unteren Lettenkohle	58— 66
Kap. 2. Die Stauchungserscheinungen in den Kalken der beiden Faziesbereiche des obersten Hauptmuschelkalks	66— 68
Kap. 3. Die Kuchen- und Brotlaib-artigen Linseneinschaltungen in den Schiefer-tonen des Hauptmuschelkalks	68— 72
Kap. 4. Die Kalk- und Kalkmergelbänke des oberen Muschelkalks	72— 75
Kap. 5. Über schichtinnerliche (stratische) Septarienzersprengungen	75— 79
Kap. 6. Grenzeinschaltungen zwischen fossilfreien Mergelkalken und Fossilien-kalken im mittleren und unteren Hauptmuschelkalk	79— 84
Kap. 7. Quere Durchsinterungsvorgänge in Kalkmergeln und sogen. Ockermergeln des Muschelkalks und der Unteren Lettenkohle	84— 94
Kap. 8. Sigmoidalzerklüftung in dichten Kalkbänken des Wellenkalks	94—102
Kap. 9. Seesinterkalk (Stromatolithen) der Myophorienregion	103—107
Kap. 10. Anzeichen von „Strömungen“ bei Bildung der Unteren Lettenkohle und des Muschelkalks	107—116
Kap. 11. Über ausgleichende Faltungsbewegungen zu regelmäßigen Wellenkalk-schichten	116—122
Kap. 12. Über sogen. Schlangensteine im Wellenkalk	122—129
Kap. 13. Kristalllöcher (bzw. Pseudomorphosen von Kalzit) nach Zölestin oder Baryt	129—134
Kap. 14. Herkunft und Bedeutung von Zölestin und Baryt im Muschelkalk	135—136
Kap. 15. Über Bohrgänge und sich daranschließende Gesteinsveränderungen im Liegenden der Fossilbänke des Wellenkalks	136—149
Kap. 16. Mikroskopische Kennzeichnung der Bohrröhrenhülle und der Röhren-ausfüllung	149—156
Kap. 17. Schlußfolgerung hinsichtlich des Bewohners der Bohrröhren	156
Kap. 18. Über Bohrröhren aus dem Oberen Muschelkalk	157—159
Kap. 19. Über den liegenden Grenzockerkalk der Fossilienschichten und die Ent-stehung der verschiedenen Geschiebekalke und Geschiebemergel	159—165
Kap. 20. Einzelheiten über den Zersetzungs-vorgang in den Liegendschichten der Geschiebekalke und der Fossilbänke	165—170
Kap. 21. Weiteres über Arten der Verockerung und der Entstehung von Ockerkalk	170—176
Kap. 22. Ockerige bzw. eisenkarbonatreiche Geschiebekalk- und Fossilbänke in Be-ziehung zu den Durchsinterungstreifen und den Sigmoidalklüften	177—179
Kap. 23. Schwefelkies in den blaugrauen Kalken des Wellenkalks	179—180
Kap. 24. Über die faunistische Folge in den Fossilienbänken und die faunistischen Invasionen im Muschelkalk	180—183
Kap. 25. Die Ockerkalkeinschaltungen und die Ockerkalke im allgemeinen	183—186
Kap. 26. Vergleiche mit anderen sedimentären Ocker- und Ockerkalkabsätzen	186—191
Kap. 27. Ergebnisse über verschiedene Arten der Gesteinserhärtung im Muschelkalk	191—194
Kap. 28. Zusammenstellung der Anzeichen von Ausscheidungen aus kolloidalen Lösungszuständen und Adsorptionen anderer Art	194—197
Kap. 29. Entstehungsgeschichtliches über den Aufbau der Schichten und die Art der Zusammenführung der Schichtstoffe	198—209
Kap. 30. Einige Schlußfolgerungen über die Entstehungsart von mächtigen Schalen-trümmerbänken im Muschelkalk	210—214
Kap. 31. Allgemeine ozeanographische Kennzeichnung und Herkunft der Muschel-kalkablagerungen	215—216
Kap. 32. Kurze Beschreibung einzelner Oolithvorkommen aus dem Muschelkalk Frankens	216—227
1. Oolith des Mittleren Muschelkalks zwischen Hauptanhydrit und Haupt-salz von Bergrheinfeld	216—217
2. Oolith aus den Schichten zwischen dem Hauptanhydrit und dem Hauptsalzlager von Kleinlangheim	217—219

	Seite
3. Oolith aus den Myophorienschichten von Hochhausen	219—220
4. Oolith aus dem Schaumkalk von Bergheinfeld	220—221
5. Verschiedene Proben aus der Unteren Schaumkalkbank bei Würzburg	221—222
6. Oolith aus den Trochitenschichten der bayerischen Rheinpfalz	222—223
7. Oolith unter der Trochitenregion von Rothenburg o. d. Tauber	223
8. Oolith aus der Trochitenregion von Ravensberg bei Veitshöchheim	223
9. Oolith aus der Region des Trochitenkalks in der Umgegend von Kissingen	223—227
Kap. 33. Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse der Untersuchung der Oolithe des Muschelkalks	227—233
Kap. 34. Über Rhizokorallium	233—251
Kap. 35. Andere unzweifelhafte Tubikolenbauten (Cylindrites zum Teil) im Haupt- muschelkalk	251—252
Kap. 36. Über sogen. Steinstengel (rhizomoide Kalkeinschlüsse)	252—255
Kap. 37. Über Spongeliomorpha-artige Einschlüsse im Wellenkalk	256—259
Kap. 38. Rhizocorallium und verwandte Einschlüsse im Muschelkalk in ihrer Be- deutung für die Fukoidenfrage	259—266
Kap. 39. Rutschflächen an den Seitenwänden von quer zu den Schichten ge- richteten Einschaltungskörpern	266—270
Kap. 40. Nachträgliches zu Kap. 10 II. Teil S. 107	270—271
Verzeichnis der angeführten Schriften	272—274
Tafel-Erklärung	274—281
Hinweise auf die Textfiguren und Textbeilagen	281—282
Hinweise auf die Beiträge von Herrn A. SCHWAGER und M. SCHUSTER	282
Inhaltsübersicht	283—285





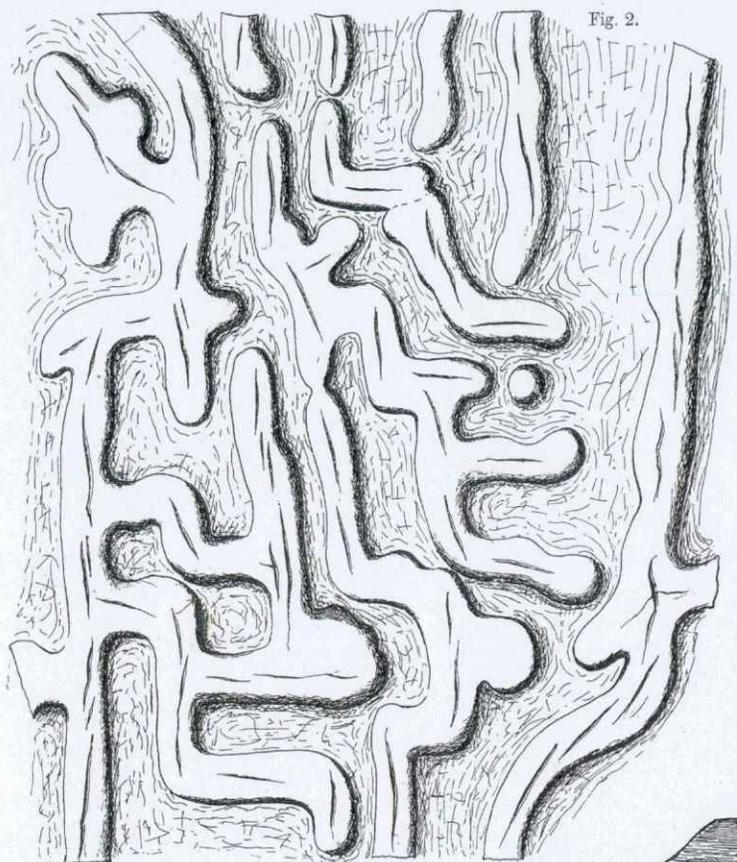


Fig. 2.

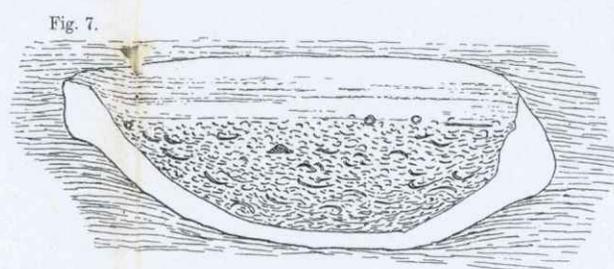


Fig. 7.

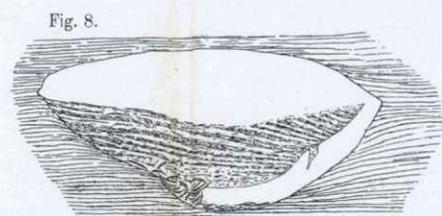


Fig. 8.

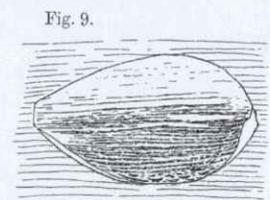


Fig. 9.



Fig. 6.

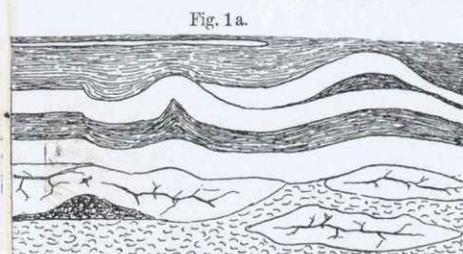


Fig. 1a.

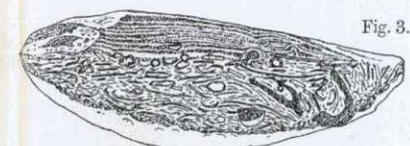


Fig. 3.

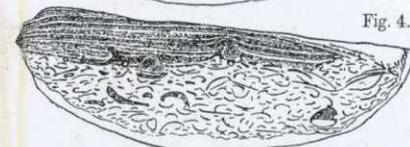


Fig. 4.

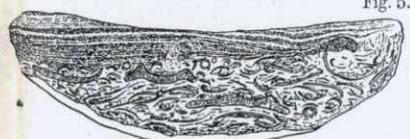


Fig. 5.

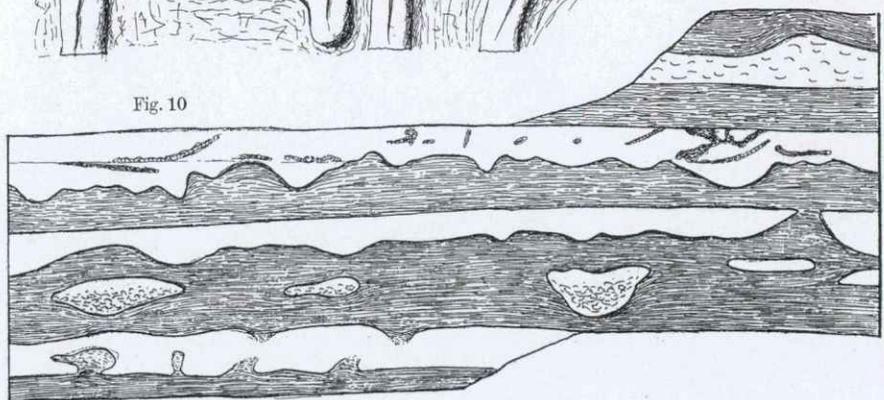


Fig. 10.

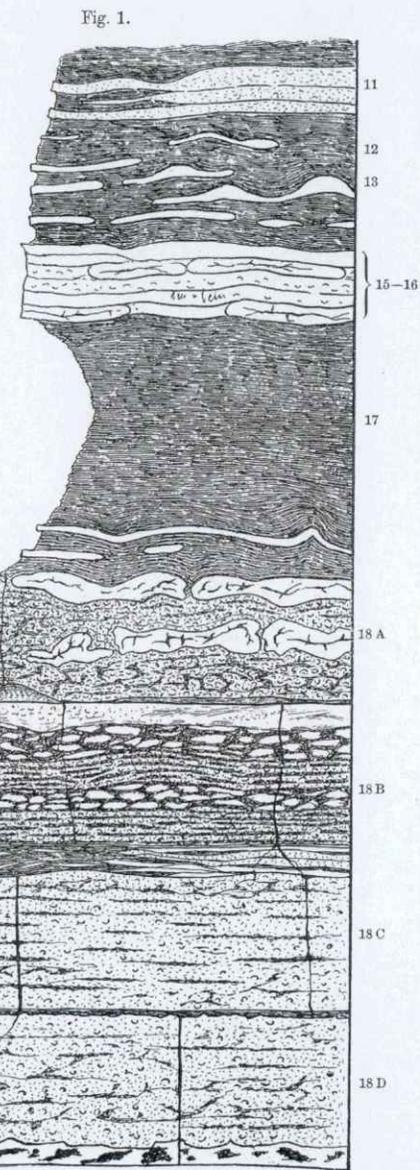


Fig. 1.

Fig. 1.

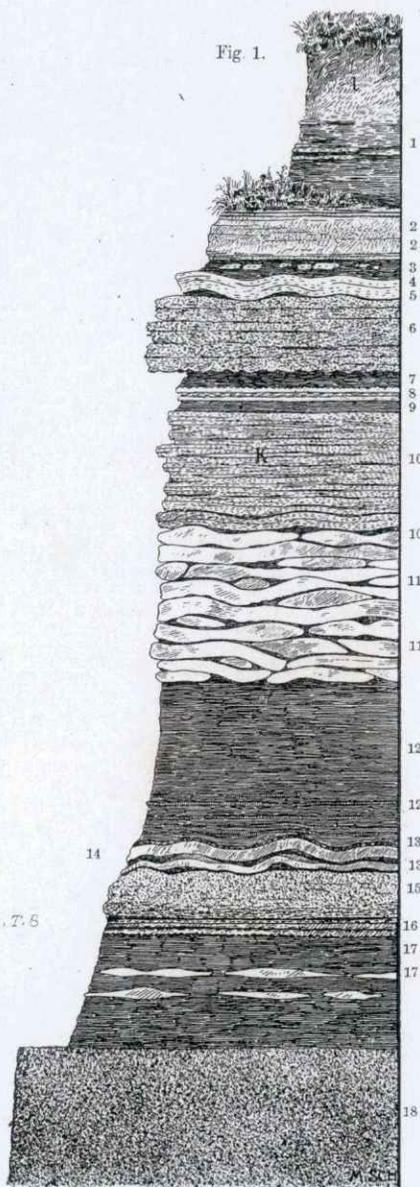


Fig. 5.

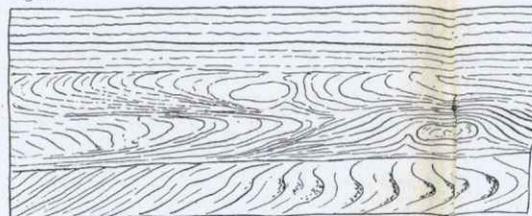


Fig. 2.

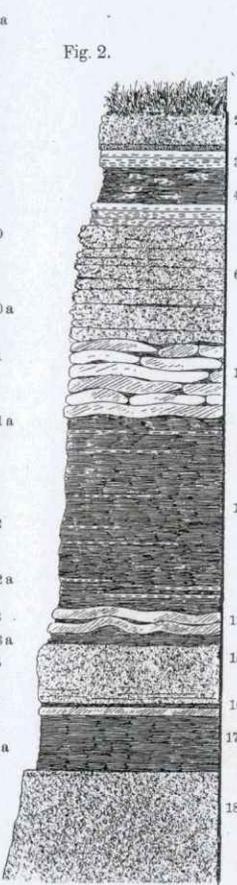
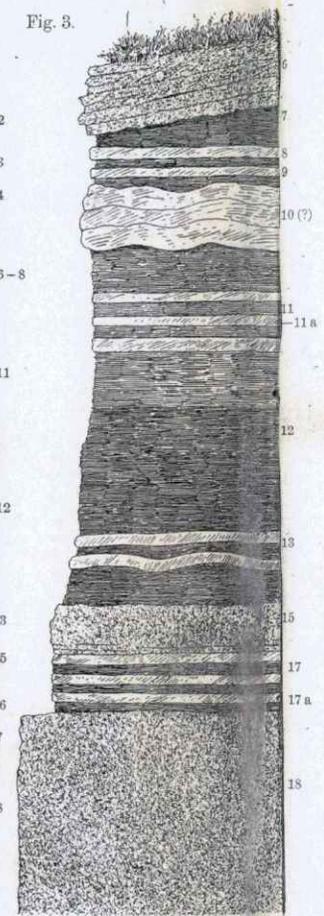


Fig. 3.



4 a.

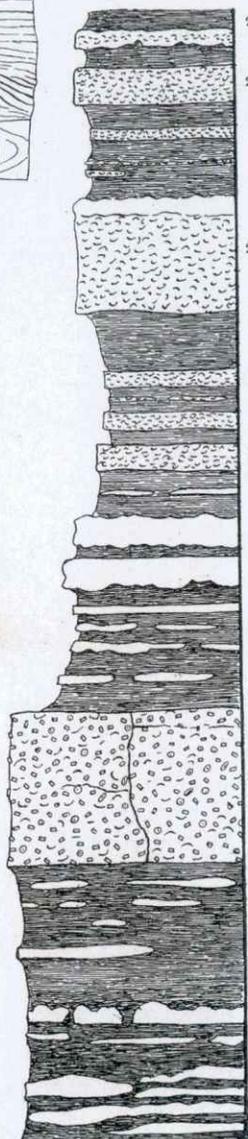
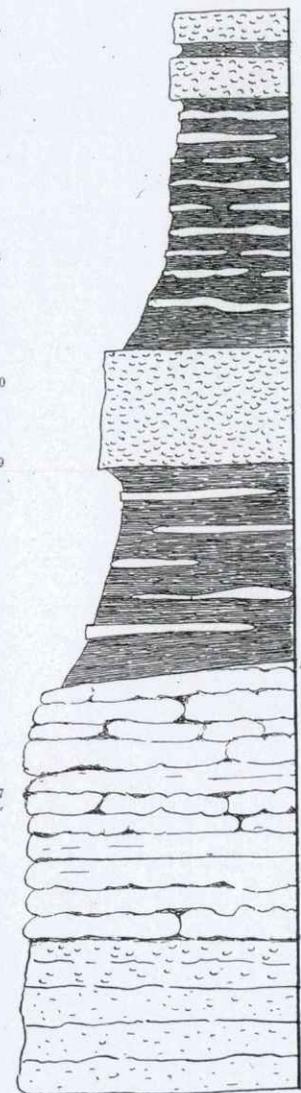
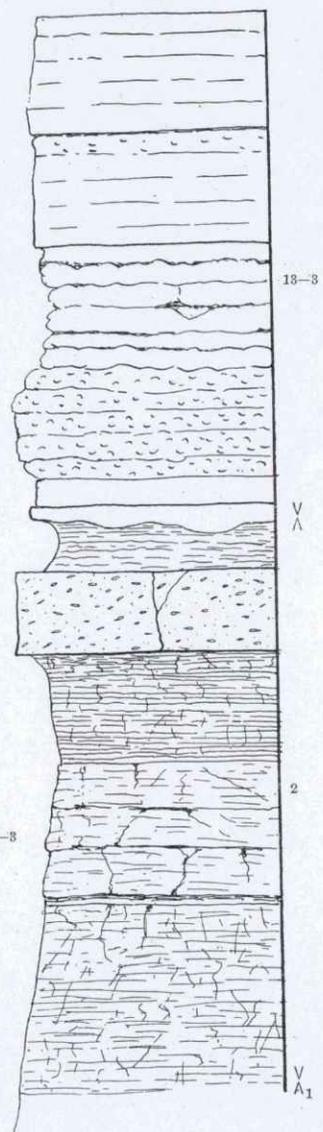


Fig. 4.
4 b.



4 c.



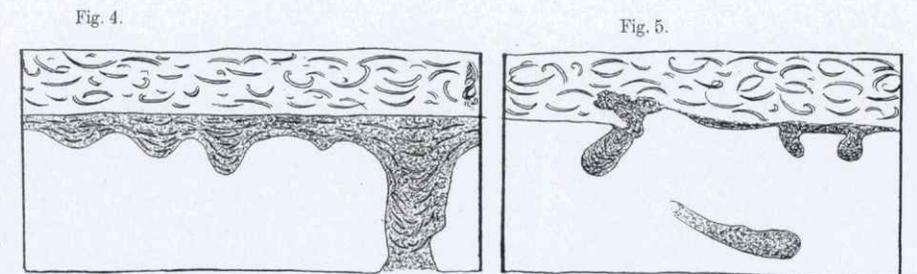
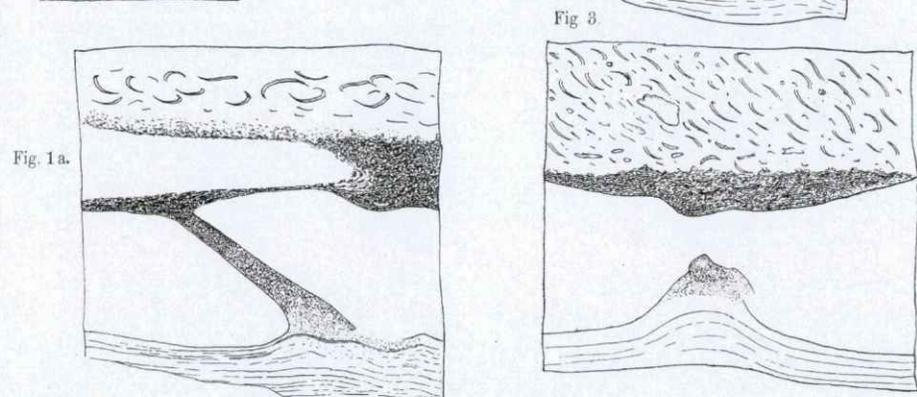
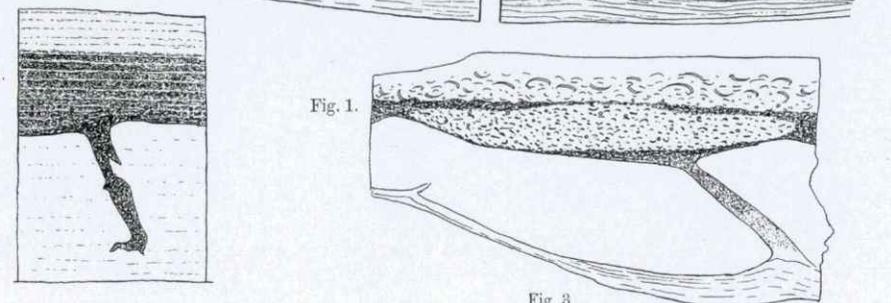
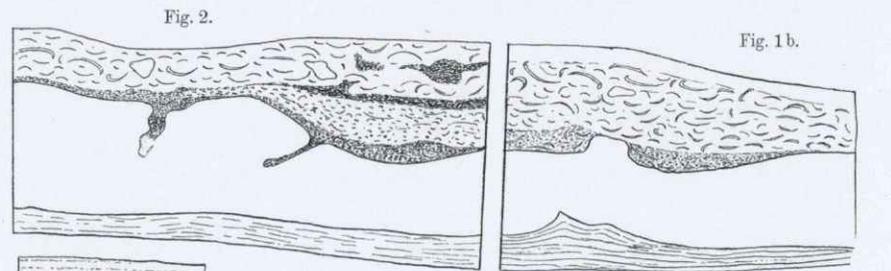
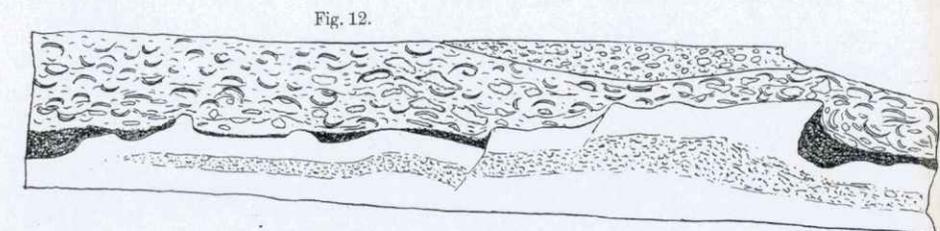
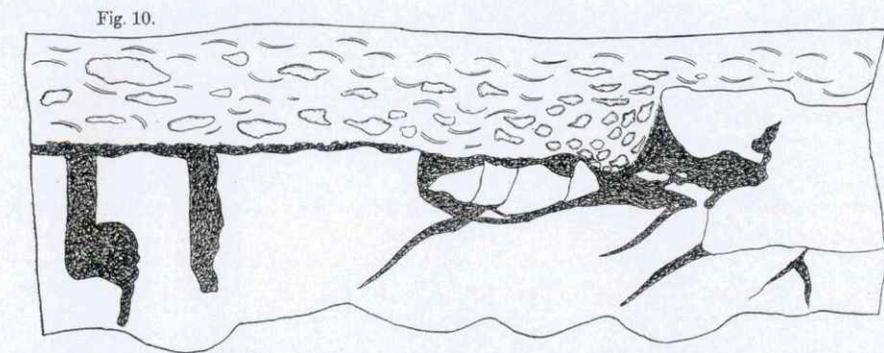
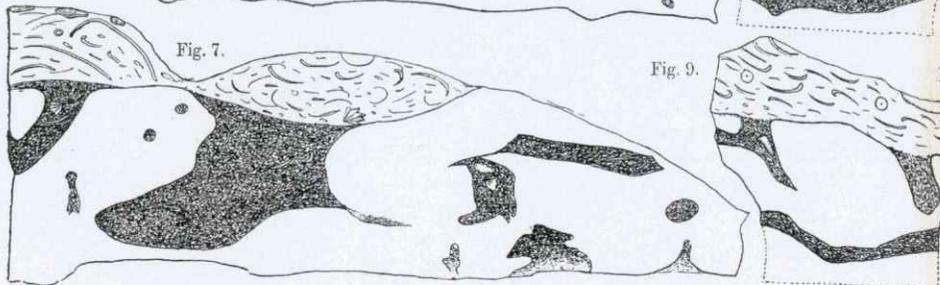
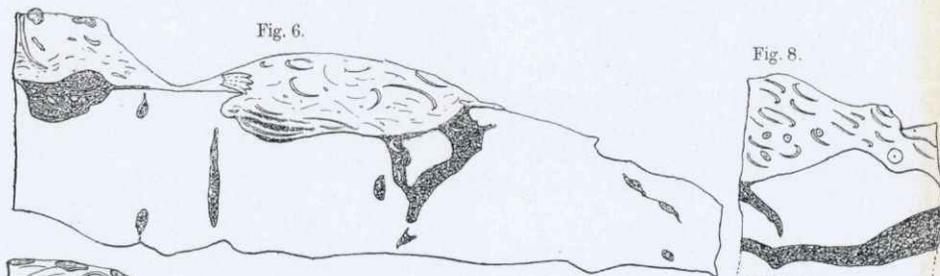


Fig. 1.

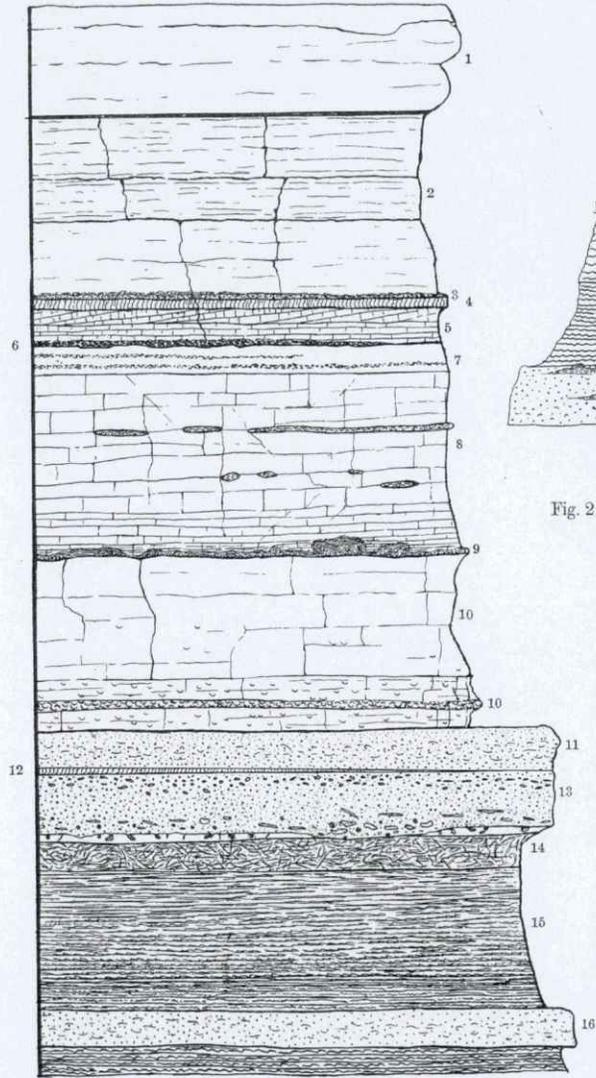


Fig. 3.

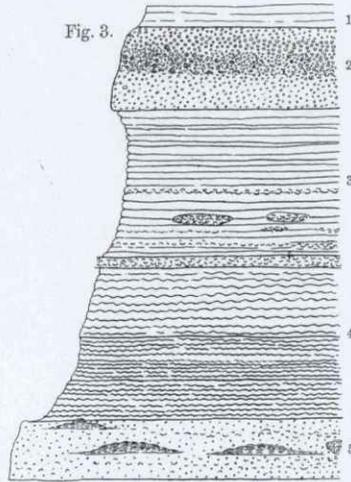


Fig. 2.

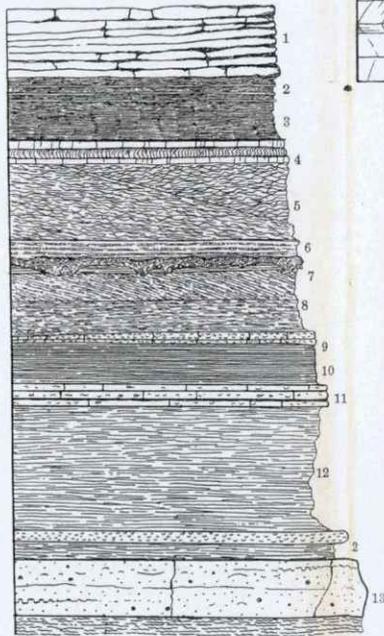


Fig. 4.

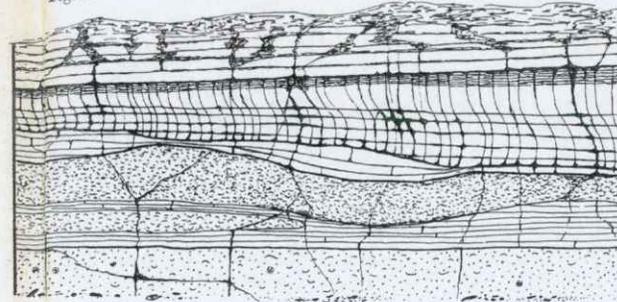


Fig. 5.

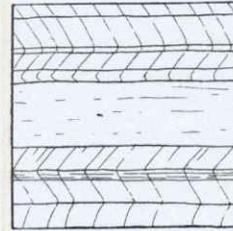


Fig. 6.

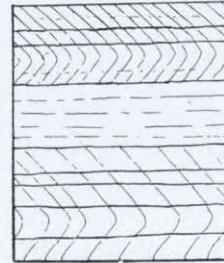


Fig. 9.

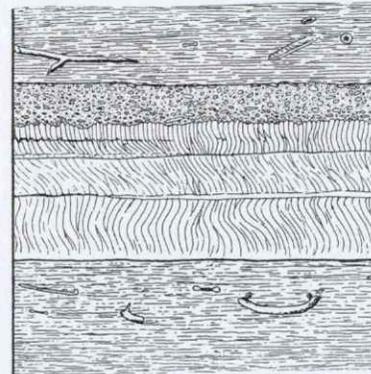


Fig. 7.

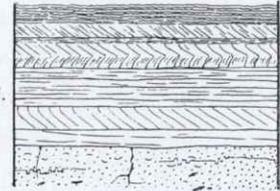


Fig. 8.

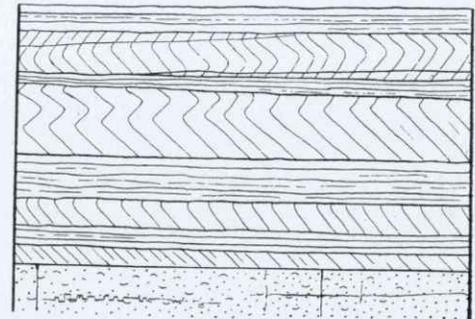
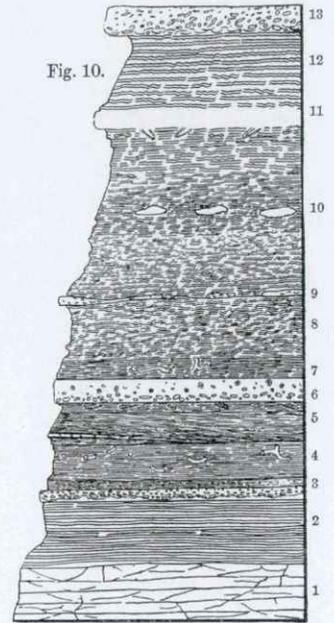


Fig. 10.



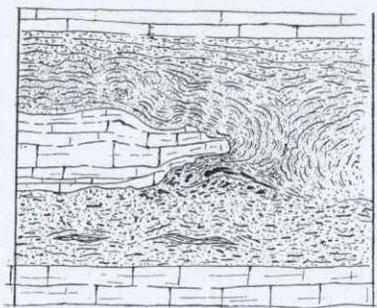


Fig. 5.

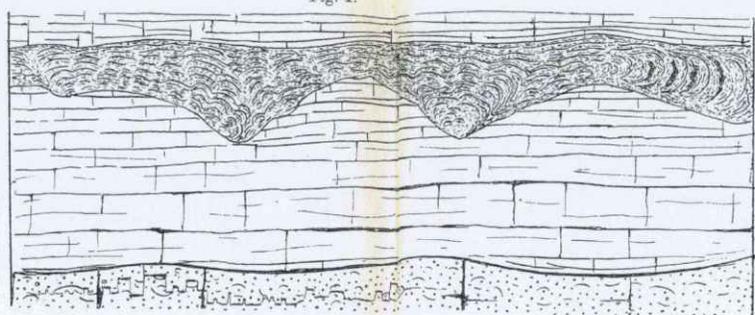


Fig. 4.

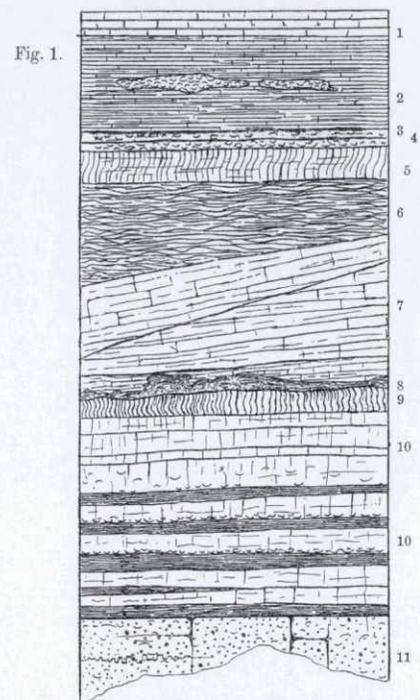


Fig. 1.

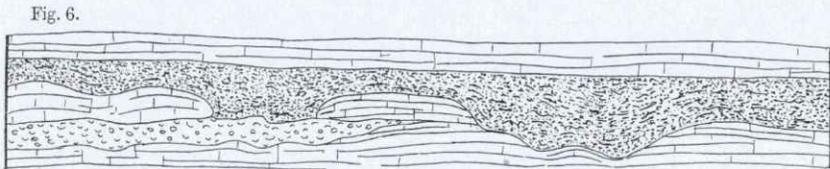


Fig. 6.

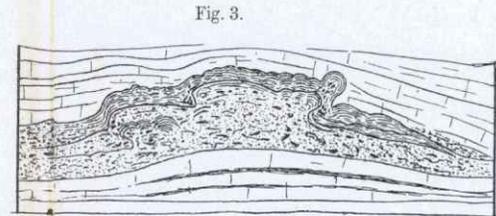


Fig. 3.

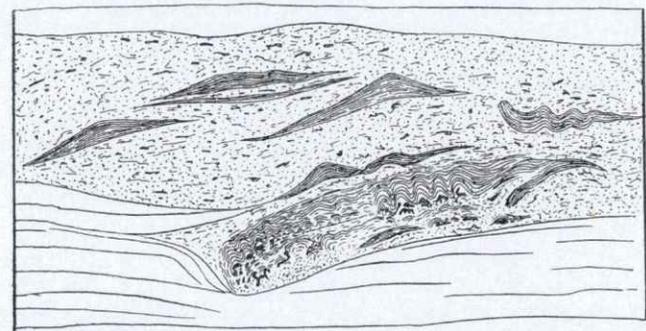


Fig. 2.

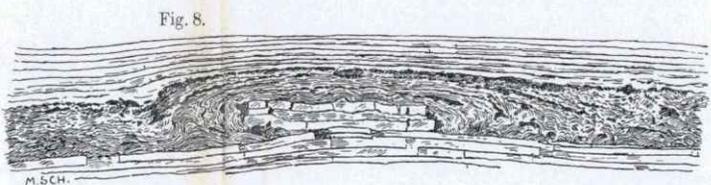


Fig. 8.

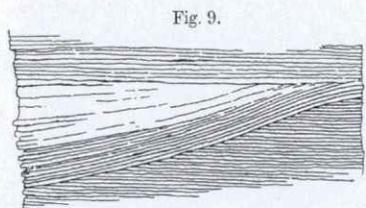


Fig. 9.

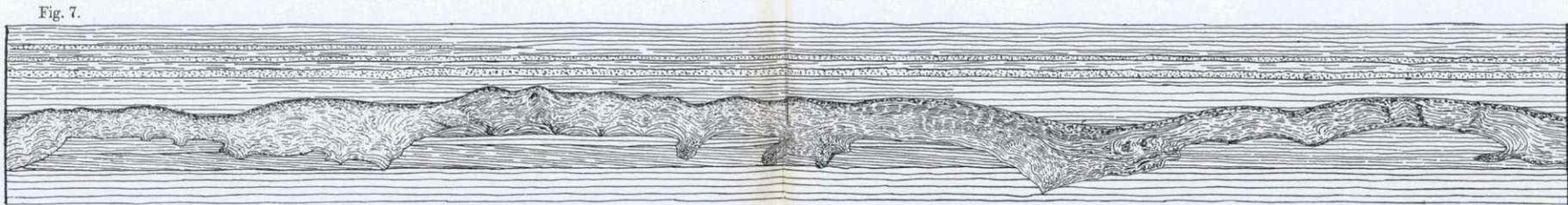


Fig. 7.

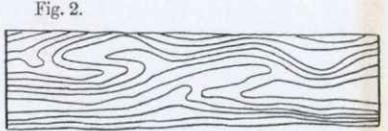
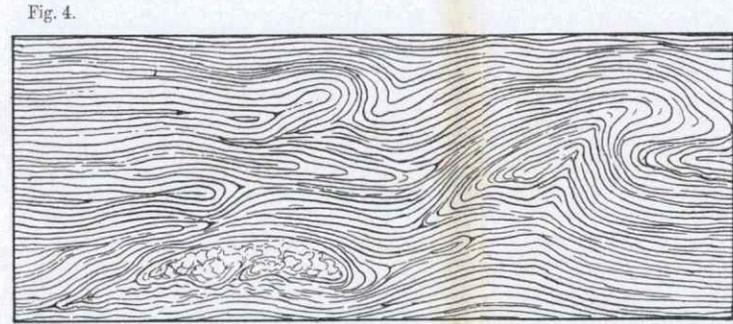
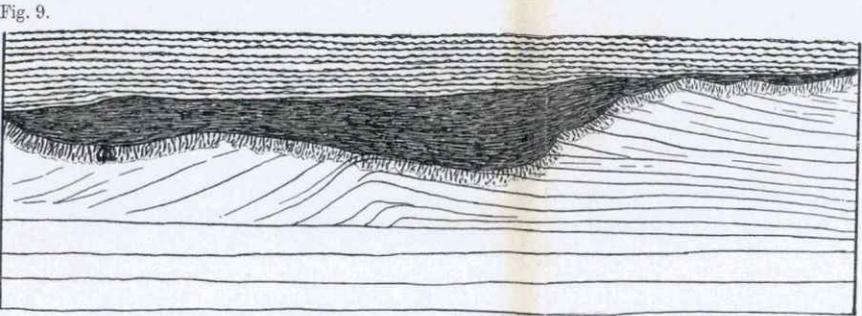
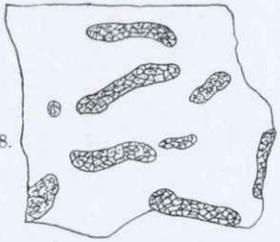
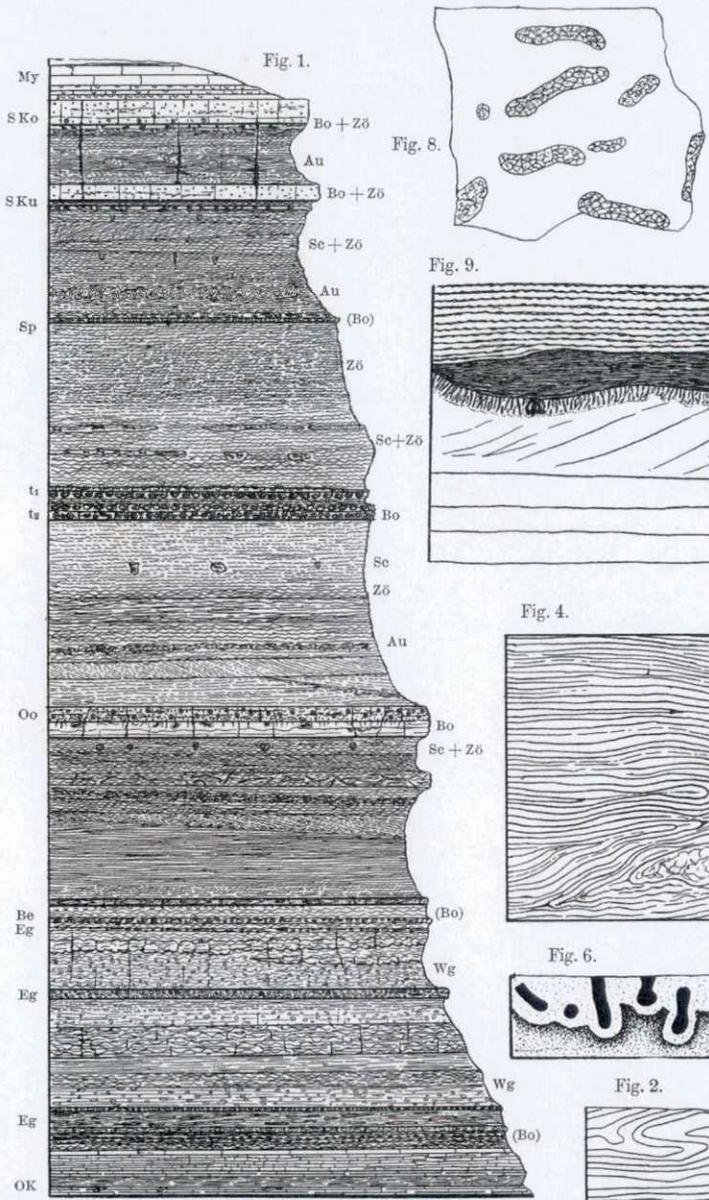


Fig. 3.

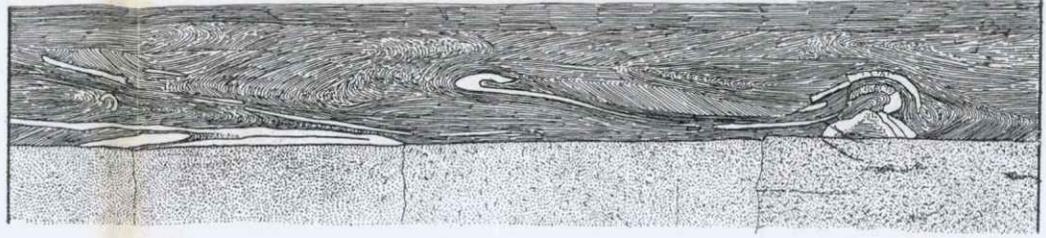


Fig. 5.

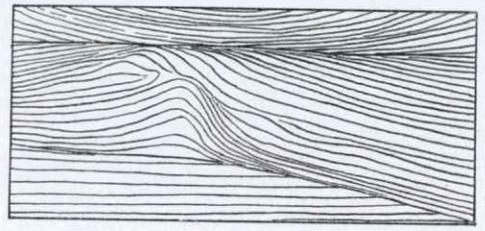


Fig. 10.

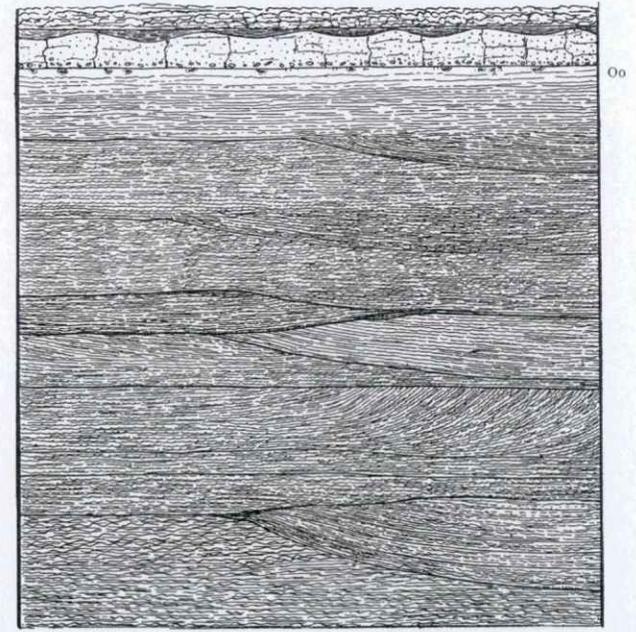


Fig. 7.

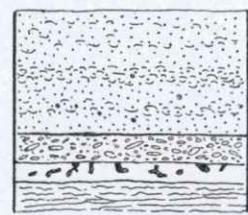


Fig. 1.

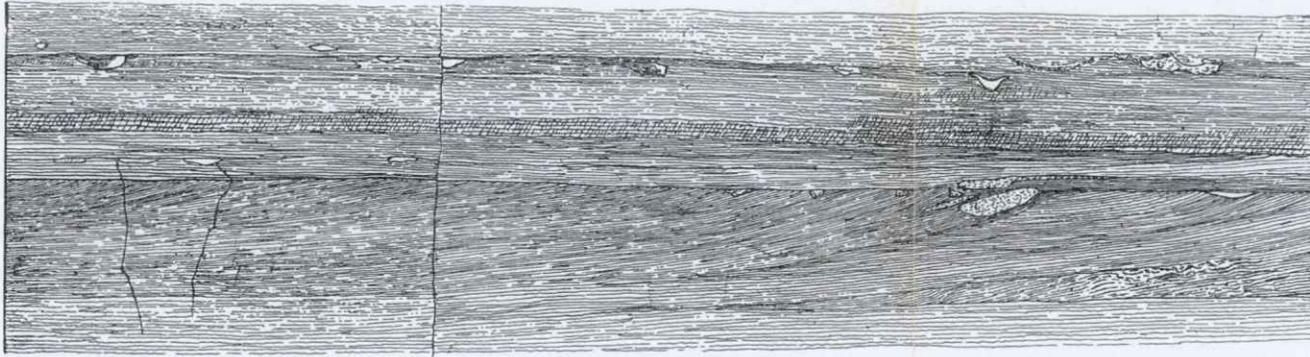


Fig. 13.

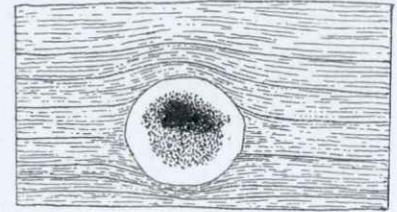


Fig. 1a.

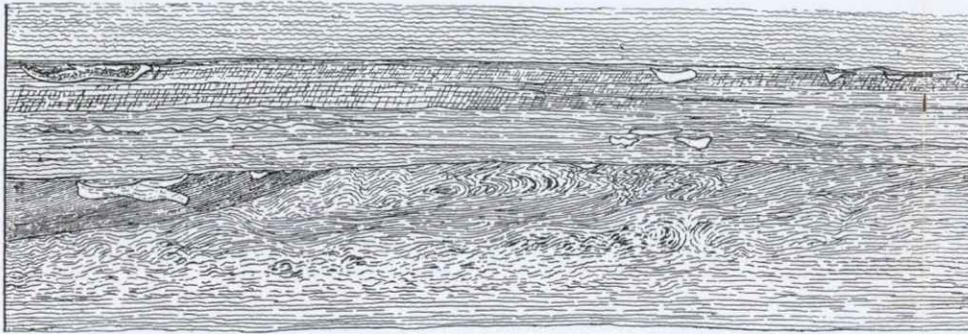


Fig. 2.

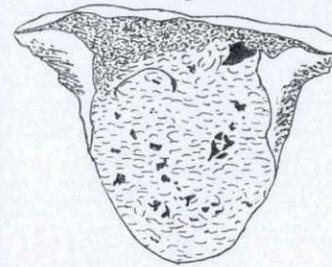


Fig. 3.

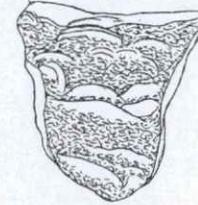


Fig. 4.

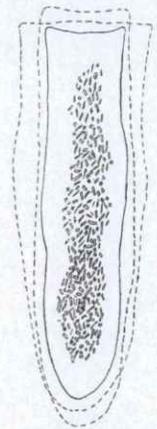


Fig. 10.

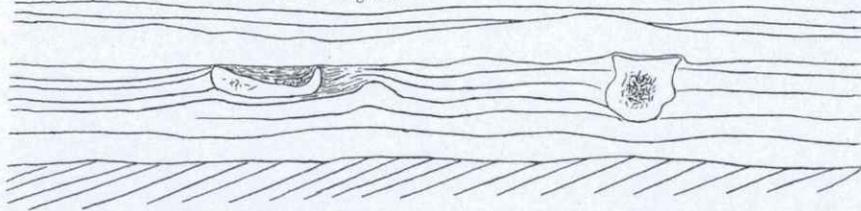


Fig. 7.

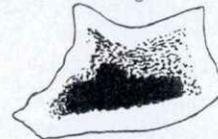


Fig. 6.



Fig. 5.

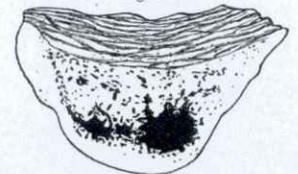


Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 8.

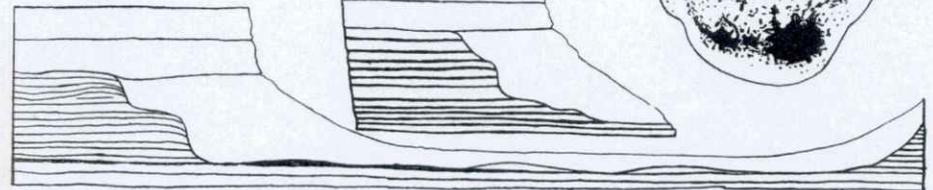
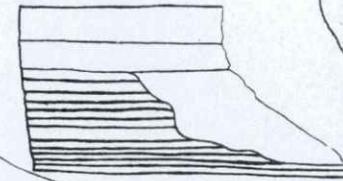


Fig. 9.



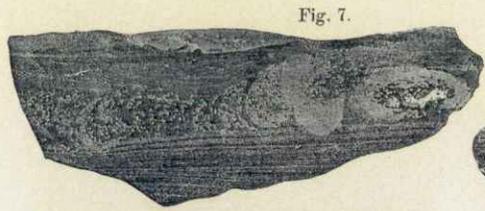


Fig. 7.

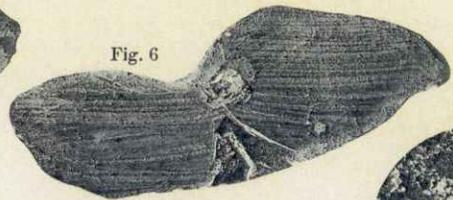


Fig. 6

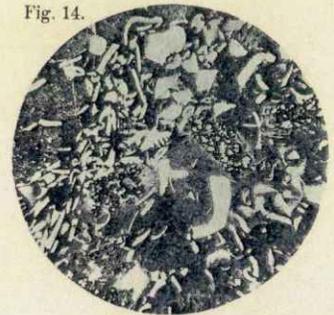


Fig. 14.

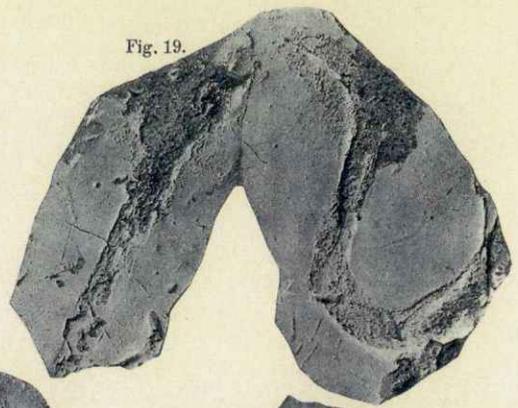


Fig. 19.



Fig. 9.

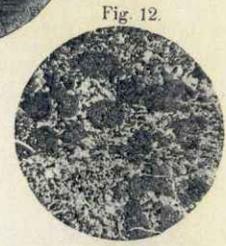


Fig. 12.

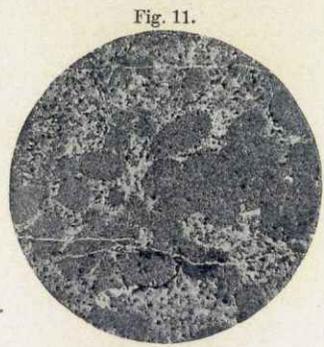


Fig. 11.

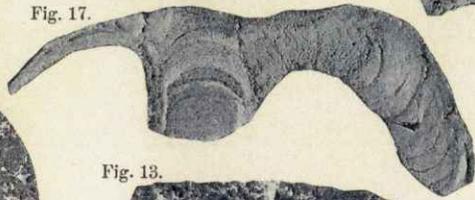


Fig. 17.

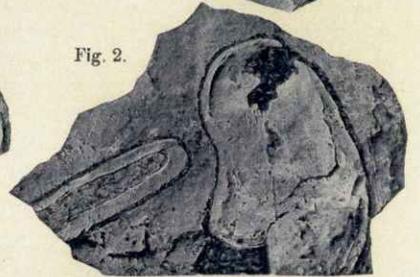


Fig. 2.

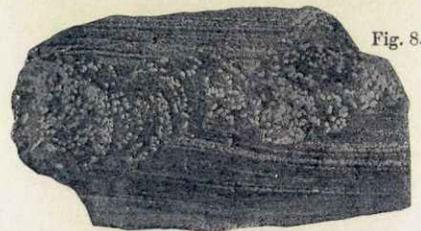


Fig. 8.

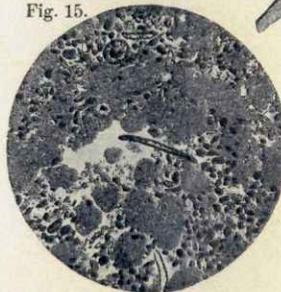


Fig. 15.

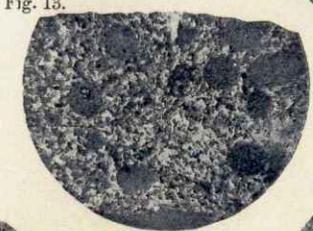


Fig. 13.



Fig. 16.



Fig. 10.

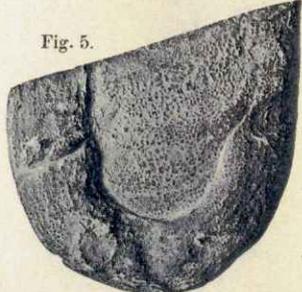


Fig. 5.



Fig. 20.



Fig. 4.

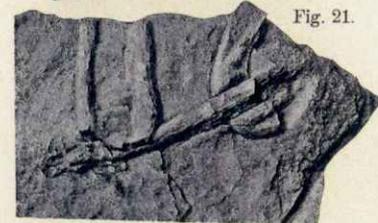


Fig. 21.



Fig. 1.



Fig. 3.

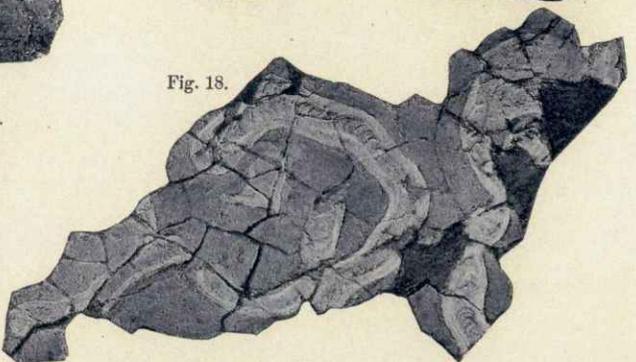


Fig. 18.

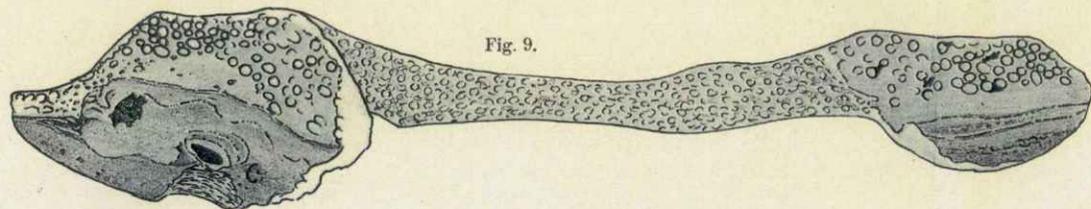


Fig. 9.

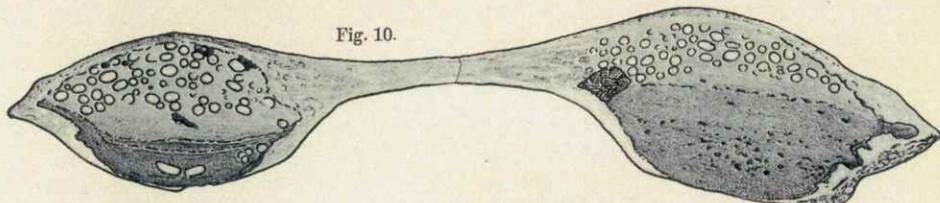


Fig. 10.

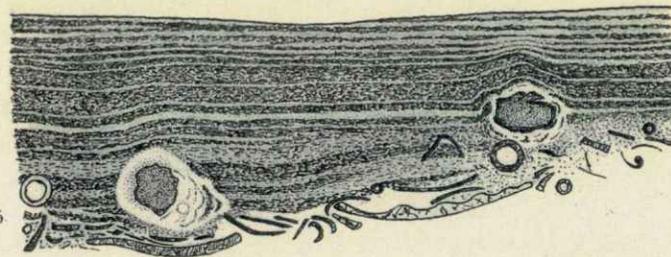


Fig. 15.

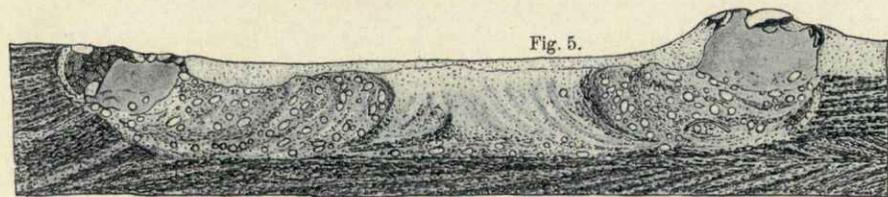


Fig. 5.



Fig. 1.

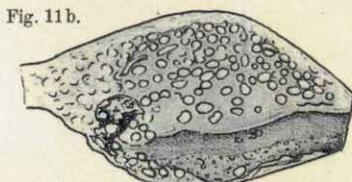


Fig. 11b.

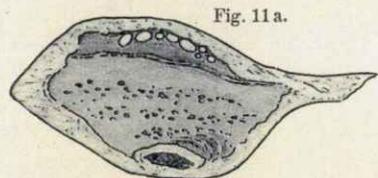


Fig. 11a.

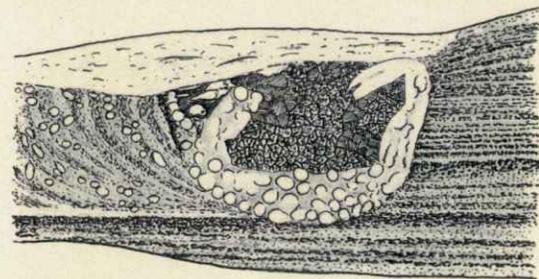


Fig. 2.

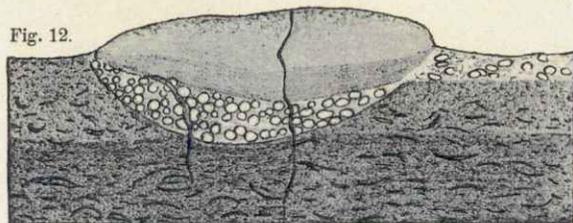


Fig. 12.



Fig. 13.

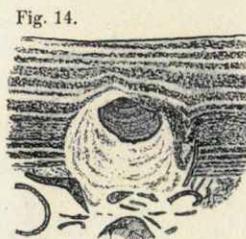


Fig. 14.

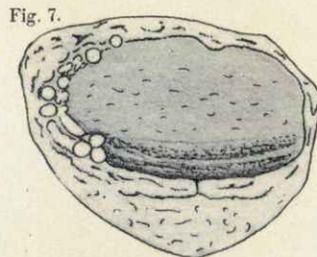


Fig. 7.

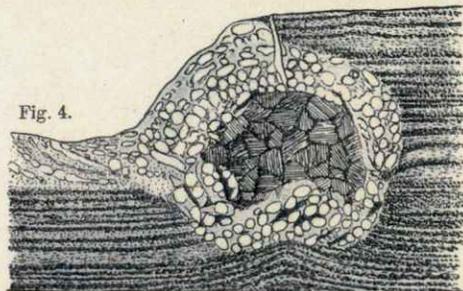


Fig. 4.

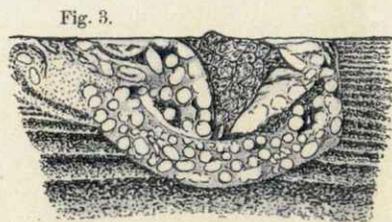


Fig. 3.

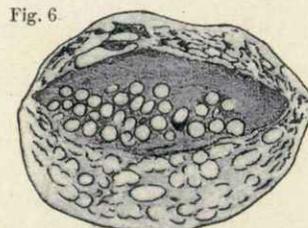


Fig. 6.

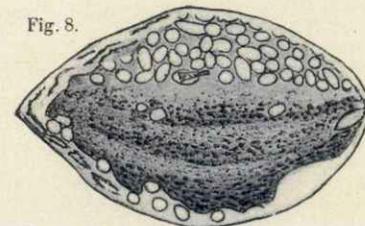
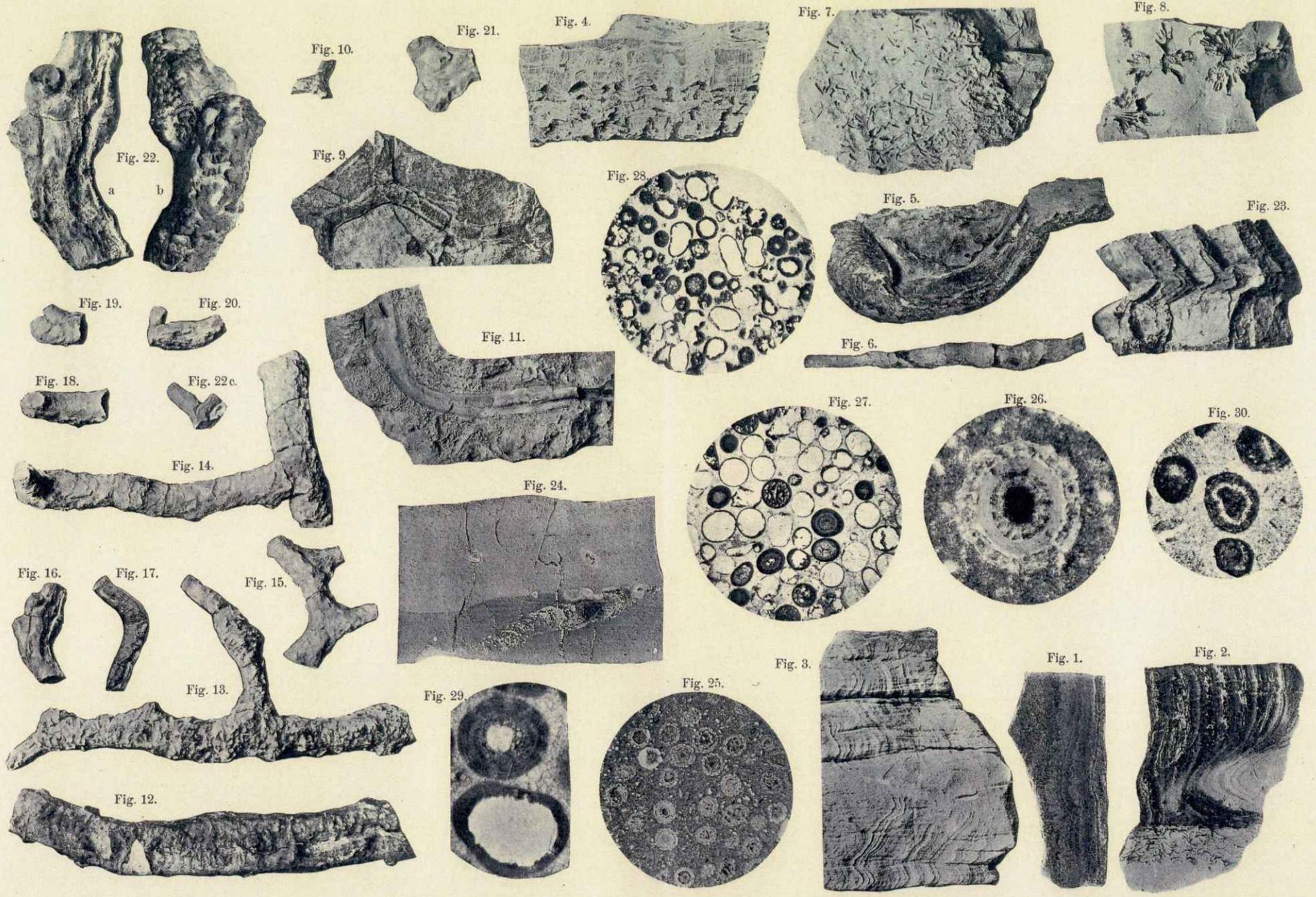


Fig. 8.



Ein weiterer Gletscherschliff am Tegernsee.

Von

Dr. W. Fink,

Kgl. Oberbergamtsassessor.

In den Geognost. Jahreshften 1903 (S. 25—31) hat Prof. Dr. v. AMMON den prächtigen Gletscherschliff am Angermannhügel beschrieben, welcher leider, wenn zu seinem Schutze nichts geschieht, in absehbarer Zeit völlig zerstört sein wird. Gelegentlich der erwähnten Publikation wies Dr. v. AMMON auch auf einen zweiten Schliff hin, welchen Prof. Dr. FINSTERWALDER im Jahre 1891 am Westgehänge des Tegernsees, ungefähr 3 km südwestlich von Gmund, etwas oberhalb der nach Wiessee führenden Straße entdeckt hat.

Nun ist es mir gelegentlich einer neuerlichen Begehung des von mir bereits 1903 (Geogn. Jahreshfte 1903 S. 77—104) publizierten Tegernseer Flyschgebietes gelungen, einen weiteren Gletscherschliff, welcher meines Wissens noch nicht bekannt ist, zu finden. Er liegt an der südwestlichen Uferpartie und zwar am nördlichen Rand des sogen. Ringsees, dicht neben dem jetzt von der Straße westlich des Sees nach der Motorbootstation Abwinkel abzweigenden Fußwege. Dort tritt die Kieselkalkzone des Flysches und zwar in der Ausbildung als graue bis graubraune Mergel, einen kleinen Hügel bildend, bis dicht an den See heran, westlich des Weges überdeckt von der Ufermoräne.

In diesem Hügel ist früher ein Steinbruch betrieben worden. Gerade da, wo der Bruch den Hügel anschneidet, befindet sich der Gletscherschliff, zum Teil und vielleicht in seiner interessantesten Partie durch den Bruch zerstört.

Wie bereits erwähnt, wird er von Flyschmergeln getragen, welche stellenweise schon recht verwittert sind. Ihr Einfallen beträgt im Mittel 35° nach Nordosten. Sie sind von einer Menge Sprünge zerrissen, die ihrerseits wieder mit Kalkspat ausgeheilt sind.

Der Schliff selbst liegt am westlichen Rande des Bruches. Er hat einen fast genau von Süden nach Norden gerichteten Verlauf in seiner Längserstreckung, welche etwa 8 m beträgt. Er tritt aus den ihn deckenden Schottern in fast horizontaler bis etwas ansteigender Lage heraus, um dann unter Schaffung einer schönen Wölbung schnell gegen den Steinbruch mit etwa 4 m flacher Tiefe einzuschließen.

Die Schrammen, welche er trägt, verlaufen gegen Südost. In seinem nördlichsten Teil ist er teils durch Verwitterung zerstört, teils überwachsen. Bedauerlicherweise ist durch den Steinbruch die Ostseite weggenommen worden, welche zweifellos ebenfalls einen schönen Schliff getragen hat. Ob der Hügel gegen den See zu noch weitere Schriffe trägt, konnte ich, da er vollständig überwachsen ist,

nicht feststellen. Es erscheint mir jedoch gerade bei seiner gerundeten Ausbildung als sehr wahrscheinlich. Jedenfalls hätten wir es dann mit einer Rundhöckerform zu tun.

Anknüpfend daran möchte ich einige Aufnahmen dieses Schliffes beifügen.

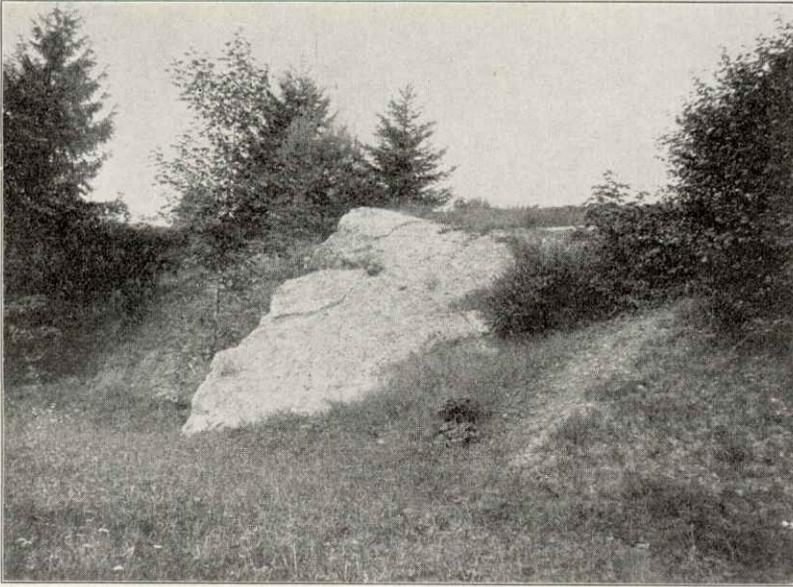


Fig. 1 zeigt den Schliff vom Ostrand des Steinbruches aus. Die Wölbung im obersten Teil ist deutlich zu erkennen.

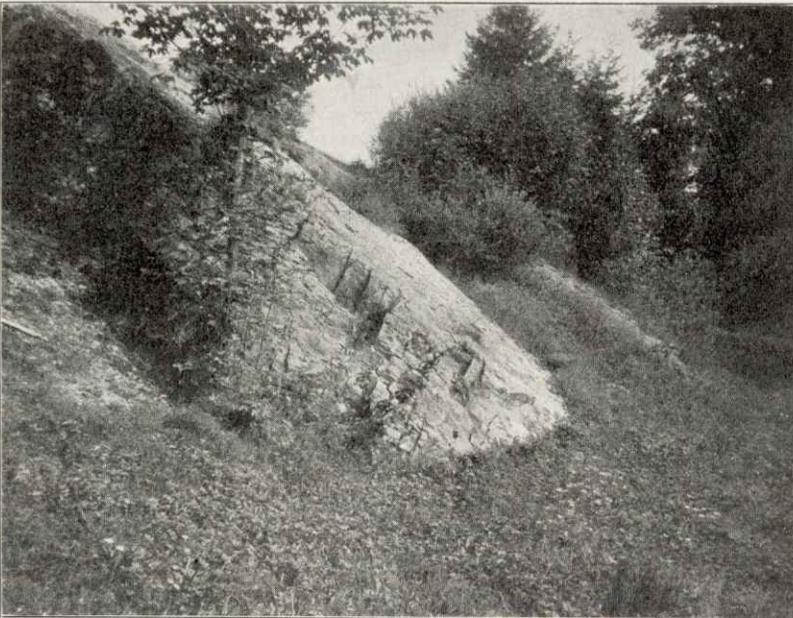


Fig. 2. Der Schliff von Süden her gesehen. Leider fehlt auf der Darstellung der obere Teil desselben.

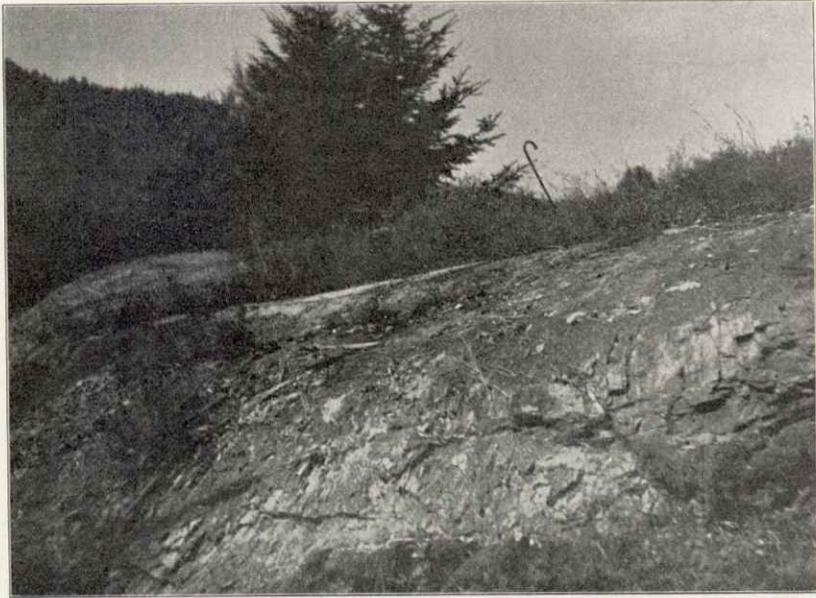


Fig. 3. Blick über die obere Partie des Schliffes von Nord nach Süd gesehen. Die Rundung ist gut zu beobachten. In der Mitte des Bildes, dicht unter den Fichten, zeigt der Schliff sehr deutliche Schrammung.

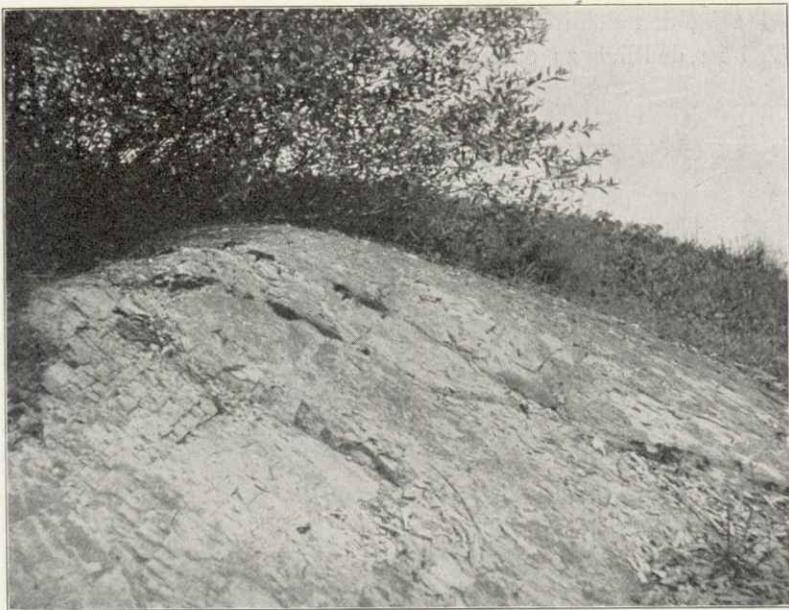


Fig. 4. Der oberste Teil des Schliffes in der nördlichsten Partie. Auch hier kommt der Buckel deutlich zum Ausdruck.

Die Oberbayerische Pechkohle.

Von

Dr. Ludwig von Ammon.

Der Verfasser hatte sich vor einiger Zeit über die Frage: Gehört die Oberbayerische Pechkohle zur Steinkohle oder Braunkohle? gutachtlich zu äußern.

Das unterm 23. April 1908 erstattete Gutachten, mit dessen Abfassung das Kgl. Oberbergamt seine geognostische Abteilung beauftragte, wurde in einer am Kgl. Verwaltungsgerichtshofe anhängigen Streitsache zur richterlichen Entscheidung benutzt. Es ist nachstehend im Wortlaut abgedruckt. — Unter der Oberbayerischen Pechkohle versteht man bekanntlich unsere voralpine alttertiäre Molassekohle (Peißenberg, Penzberg, Hausham-Mießbach-Au).

Als Einleitung für die Erörterung unseres Themas möge zunächst ein Ausspruch von Dr. MUCK, einer bewährten Autorität auf dem Gebiete der Steinkohlenchemie, angeführt werden. Der genannte Autor sagt auf S. 182 seines Werkchens „Die Chemie der Steinkohle“, 2. Aufl., Leipzig 1891 folgendes:

„Tertiärkohlen werden an manchen Orten unbedingt als »Schwarzkohlen« angesprochen, in anderen gleich alten Ablagerungen dagegen als Braunkohle.

Der Wert einer genaueren Definition von Steinkohle und Braunkohle nach physikalischen und chemischen Merkmalen wird übrigens sicherlich vielfach überschätzt. Die stellenweise viel umstrittenen Bezeichnungen sind ohne Wert für den Konsumenten, dem es schließlich doch nur auf die Verwendbarkeit für den jeweiligen Zweck ankommt. Der Geologe aber wird die Kohlen nach ihrem Vorkommen als echte Karbon-, Devon-, Wälderton-, Trias-, Tertiär-Kohle bezeichnen und daneben die spezielleren Bezeichnungen nach besonderer Struktur und charakteristischem Verhalten ebenfalls gelten lassen. Auch der vorurteilsfreie Chemiker wird sich zu dieser Frage — abgesehen allerdings von der genaueren chemischen Beurteilung, die mit der Namensbezeichnung streng genommen nichts zu tun hat — füglich nicht anders stellen.“

Dieser Äußerung ist zu entnehmen, daß man selbst von erster fachmännischer Seite aus keinen besonderen Wert auf die Bezeichnung einer Kohlensubstanz als Stein- oder Braunkohle legt. Andererseits ist man aber doch in manchen Fällen gezwungen, sich für die Zuteilung einer Kohlensubstanz zu der einen oder anderen der beiden Hauptkategorien zu entscheiden. Was die Oberbayerische Pechkohle betrifft, so kommt man bei der Betrachtung im großen und ganzen hinsichtlich der Wahl einer der beiden Namen, wenn sonst keine andere Bezeichnung gebraucht werden sollte, allerdings in Verlegenheit, da die genannte Kohle mit stein-

kohlenähnlichem Habitus braunkohlenartige Qualitäten vereinigt. Dies ist zunächst ganz allgemein gesprochen und unter Ausschluß einer alleinigen Berücksichtigung der geologisch-petrographisch-chemischen Momente, die auf Braunkohle hinweisen.

A. Allgemeines.

Die natürlich vorkommenden kohligen Substanzen — die Kohlen-
gesteine oder fossilen Brennstoffe, aus zersetzter Pflanzensubstanz hervor-
gegangene Ablagerungen — werden von den meisten Geologen oder Mineralogen
in vier oder, wenn man den Anthracit gleich mit der Steinkohle vereinigt, in drei
große Gruppen eingeteilt, nämlich in Steinkohle, Braunkohle und Torf. Der
Unterschied liegt in der Menge des Kohlenstoffgehaltes und in der erheblichen
Verminderung des Sauerstoffgehaltes in den kohlenstoffreicheren Gliedern (Beispiele:
Anthracit 92% C, Steinkohle von Mons wasserfrei 85% C, Braunkohle von Dax
wasserfrei 70%, lignitische Braunkohle von Bischofsheim v. d. Rhön wasser- und
aschenfrei 64%, dunkelbrauner Lignit vom Meißner wasserfrei 57%, Torf aus dem
Reichswald bei Kaiserslautern wasserfrei 47% C; auf 100 Gewichtsteile Kohlen-
stoff treffen 55—70 Gewichtsteile Sauerstoff auf den Torf, 30—45 auf Braunkohle,
15 auf Steinkohle und 3 auf Anthracit.) In typischer Ausbildung unterscheiden
sich, wie bekannt, die beiden Kohlenarten, die Schwarz- oder Steinkohle und die
Braunkohle, nach der Beschaffenheit ihrer Masse leicht von einander; es muß aber
ausdrücklich betont werden, daß feste Grenzen zwischen Braunkohle und Steinkohle
ebensowenig zu ziehen sind wie zwischen Steinkohle und Anthracit (siehe ZIRKEL,
Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., III. Teil, S. 618). WEINSCHENK bezeichnet in
seinen Grundzügen der Gesteinskunde (II. Teil, 2. Aufl., S. 256) die Oberbayerische
Grobkohle, weil sie noch rein schwarz und glänzend ist, geradezu als einen Über-
gang von Steinkohle zur Braunkohle. So kommt es, daß manche Autoren wegen
solcher, wenn man so sagen darf, Übergangskohle noch weitere Gruppen von
Mineralkohlen als jene drei oben angeführten annehmen. v. GÜMBEL scheidet zum
Beispiel in seinen Grundzügen der Geologie (Geologie von Bayern I. Teil, S. 68)
neben der Steinkohle (Karbonit) und der Braunkohle noch eine Mittelkohle oder
Mesokait aus, die als kohlenstoffarme (ungefähr 75% C), ziemlich weiche (2,0),
schwarze bis schwärzlichbraune, im Strich deutlich braune, würfelig oder schiefrig,
oft unregelmäßig muschelartig brechende, die Kalilauge ziemlich tiefbräunlich färbende,
nicht backende oder sinternde, unter starker Rußbildung verbrennende Kohle
charakterisiert wird; hierher gehört die Pechkohle, deren Eigenschaften auf S. 209
des gleichen Werkes nochmals vorgeführt werden mit folgenden Worten: „Die
Pechkohle, eine durch das pechartige Aussehen in die Augen fallende, weit ver-
breitete Mittelform zwischen Steinkohle und Braunkohle, nimmt auch nach ihrer
geologischen Stellung die Mitte zwischen den älteren und jüngeren Gebirgs-
gliedern ein.“ Zu ihr ist die Molassekohle der Voralpen zu rechnen.

Diese besondere Abtrennung einer Mittelkohle hat sich aber nicht eingebürgert,
sondern man zieht in geologischen Kreisen allgemein die Pechkohle der voralpinen
Bezirke zu den Braunkohlen; so wird auch in dem durch v. DECHEN begründeten
Werk „Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche“, neu
herausgegeben von BRUHNS, die Oberbayerische Pechkohle, wofür auch (S. 260) das
Synonym Schwarzkohle gesetzt ist, unter der Seitenüberschrift „Braunkohlen am
Rande der bayerischen Alpen“ abgehandelt (S. 290—294).

Der Torf ist ein rezentes Gebilde, die Kohlen dagegen lagern in den Schichten der verschiedenen Sedimentformationen, wobei, im allgemeinen gesprochen, die Steinkohle den alten Formationen angehört, während man die tertiären Kohlen als Braunkohlen bezeichnet; zu den Braunkohlen sind außerdem die kohligen Ablagerungen im Pleistocän oder in den Diluvialgebilden zu rechnen. Es kommen übrigens schon in der Steinkohlenformation vereinzelt braunkohlenartige Bildungen vor und andererseits gibt es im Tertiärgebirge, insbesondere in den Verbreitungsgebieten der aufgerichteten Schichten, Kohlen, die durch die spröde Masse, ihren Glanz und die schwarze Farbe steinkohlenähnlich erscheinen. Das sind eben unsere in Rede stehenden Kohlen — die oberbayerischen Pechkohlen der älteren voralpinen Tertiärschichten.

Wir wollen hier nicht zu viele Aussprüche über die allgemeine Natur der Pechkohle, welcher Name übrigens auch für gewisse Varietäten von zweifelloser Steinkohle in Anspruch genommen wird, bringen; es möge nur noch gestattet sein, einmal Professor POTONÉ, eine hervorragende Autorität, zu zitieren, welcher sich in seinem Aufsatz über die Entstehung und Klassifikation der Tertiärkohlen, siehe G. KLEIN, Handbuch für den Deutschen Braunkohlenbergbau S. 14, folgendermassen in vorsichtiger Weise äußert: „Die tertiären Kohlen, die sich äußerlich von schwarzen Steinkohlen nicht unterscheiden, heißen Pechkohlen. Von den Carbon-Schwarzkohlen unterscheiden sich die Braunkohlen-Pechkohlen — im allgemeinen wenigstens — dadurch, daß die letzteren mehr fettglänzend, also matter sind als die typischen Glanzkohlen des Karbons, was auf den Harz- und Wachsgehalt der Tertiärkohlen zurückzuführen sein dürfte. Ihrem stein(schwarz-)kohligen Ansehen entspricht ein geringerer O-Gehalt als ihn erdige Braunkohlen besitzen, wodurch sich also die tertiären Pechkohlen den Steinkohlen des Karbons nähern.“ Weiters soll auch die Ansicht von Professor SCHWACKHÖFER, einem hervorragenden Kohlentechniker, hier ihren Platz finden. Derselbe sagt in seinem Buche Die Kohlen Österreich-Ungarns, 2. Aufl., S. 11 bei der Charakteristik der Braunkohlen nachstehendes: „Eine scharfe Abgrenzung zwischen Braunkohlen und Steinkohlen existiert nicht, man hat es vielmehr mit einem allmählichen Übergang zu tun. Es gibt Braunkohlen, welche sowohl in ihrer äußeren Eigenschaft als auch hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung den Steinkohlen so nahe stehen, daß eine präzise Unterscheidung unmöglich ist. Auch das geologische Alter ist nicht immer maßgebend. Im allgemeinen werden alle Kohlen tertiären Alters zu den Braunkohlen, alle aus älteren Formationen stammenden zu den Steinkohlen gezählt. Gewisse alttertiäre Braunkohlen nähern sich aber in ihren Eigenschaften den jüngeren mesozoischen Steinkohlen derart, daß man nicht sagen kann, wo die eine aufhört und die andere anfängt.“

Als Schluß dieses Abschnitts sollen noch die drei wichtigsten Unterscheidungsmerkmale zwischen Stein- und Braunkohlen (nach MUCK zusammengestellt von REISCHLE, Zeitschrift des Bayer. Dampfkessel-Revisions-Vereins, 1903, S. 37) hervorgehoben werden: „Der Kohlenstoffgehalt der Braunkohlen und damit ihr Heizwert ist viel niedriger und der Sauerstoffgehalt viel höher wie der der Steinkohlen; letztere enthalten mehr sogen. disponiblen Wasserstoff als sogen. gebundenen, während bei den Braunkohlen — die älteren und dichteren Arten ausgenommen — das Umgekehrte der Fall ist. Die Braunkohlen sind viel mehr hygroskopisch (d. h. sie nehmen nach erfolgter gründlicher Austrocknung in feuchter Luft viel mehr Wasser wieder auf) als die Steinkohlen.“

B. Spezielle Prüfung der Oberbayerischen Pechkohle.

Wir gelangen nun dazu, die Kohlen der bayerischen Voralpen auf ihre Eigenschaften, namentlich ihren Gehalt an Kohlenstoff und ihren Heizwert hin näher zu prüfen. Dabei möge vorerst auf das Vorkommen im allgemeinen und auf die darauf basierten Anschauungen der Geologen hingewiesen werden. Nach Besprechung der Haupteigenschaften der Kohle wird dann anzuführen sein, wie dieselbe von industrieller Seite aus oder sonst im praktischen Leben aufgefaßt und benannt wird. Ein paar Punkte, die sich auf geologische Verhältnisse beziehen, verdienen vielleicht Berücksichtigung in gewissen Fällen bergwirtschaftlicher oder -rechtlicher Art, weshalb sie gleichfalls kurz berührt werden sollen.

Es sind die Betrachtungen hauptsächlich nach fünf Richtungen hin anzustellen.

1. Geologische Verhältnisse.

Da die Oberbayerische Pechkohle ihre Lagerung in einer Schichtenreihe des tertiären Systems, der oberoligocänen Molasse, besitzt, ist vom rein geologischen Standpunkt aus ihre Zugehörigkeit zu den Braunkohlen außer allem Zweifel. Beispielsweise findet man in KLEINS Handbuch für den Deutschen Braunkohlenbergbau (1907) im Abschnitte Geologische Verbreitung der Braunkohlen in Bayern, verfaßt von K. OEBBEKE und M. KERNAUL, die Kohlen von Miesbach und Peißenberg als oligocäne Braunkohlen aufgeführt. Wohl alle Geologen, wird man geradezu¹⁾ behaupten dürfen, rechnen heutzutage die Oberbayerische Pechkohle zur Braunkohle. Ja, die Definition für Braunkohle wird sogar direkt, weil die angenommenen Kennzeichen nicht völlig entscheidend seien, vom geologischen Auftreten abhängig gemacht. So sagt JUSTUS ROTH in seiner Allgemeinen und chemischen Geologie, 2. Bd., S. 645: „Die im Tertiär vorkommenden fossilen Brennstoffe heißen Braunkohle. Dieser Begriff ist daher ein geologischer, nicht ein auf bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften gegründeter.“ In gleicher Weise läßt sich QUENSTEDT in seinem Handbuch der Mineralogie (3. Aufl., S. 912) hinsichtlich der Frage, was wir Steinkohlen und was wir Braunkohlen nennen sollen, vernehmen; er äußert sich folgendermaßen: „Am besten hält man am geognostischen Unterschiede fest und nennt alles Kohl der sekundären Formation bis zur Kreide Steinkohle und alles der tertiären Braunkohle.“

2. Petrographisches Verhalten.

Eine treffende Charakteristik der Oberbayerischen Pechkohle gibt GÜMBEL (Geognostische Beschreibung des Bayer. Alpengebirges, S. 698). Er schreibt: „Pechkohle, eine vollständig homogene, der echten Steinkohle im Aussehen ähnliche, rabenschwarze Kohle von pechartigem Glanze mit dunkelbraunem Striche; sie kockt nicht; sintert nur in wenigen Ausnahmefällen zusammen; die Kalilauge färbt sich braun. In der Reihe der tertiären Braunkohlen nimmt sie eine der ersten Stellen ein.“ Geraume Zeit später brachte er, wie oben schon bemerkt, diese Kohle in seine neu errichtete Gruppe der Mittelkohle oder des Mesokaits unter; der Petrograph Professor WEINSCHENK nimmt, worauf gleichfalls schon verwiesen wurde,

¹⁾ Nachträglich ersehe ich aus einer gutachtlichen Äußerung (s. die Anmerkung auf S. 300) von REIS, daß dieser die oberbayerischen Pechkohlen unter dem Begriff „Mittelkohle“ im Sinne GÜMBELS (s. oben S. 290) als einen selbständigen Typus zwischen Schwarzkohlen oder Braunkohlen betrachtet.

einen direkten Übergang in die Steinkohle an; wohl alle übrigen Petrographen kommen dagegen überein, die südbayerische Pechkohle als Braunkohle zu bezeichnen, und in dem großen Lehrbuch der Petrographie von ZIRKEL (III. Bd., S. 625) werden die Lager, welche die Kohlen von Miesbach und Peißenberg liefern, als oligocäne Braunkohlenflöze angegeben. Auch SCHWACHHÖFER, von dem schon ein Ausspruch oben zitiert wurde, rechnet (l. c. S. 12) die Pechkohle, zu welcher, wie REISCHLE in seinem Aufsatz über die Nutzbarmachung der deutschen Braunkohlenlager (Zeitschrift des Bayer. Dampfkessel-Revisions-Vereins, 1903, S. 38) bemerkt, die Oberbayerische Kohle gehört, zu den Braunkohlen.

Die Oberbayerische Pechkohle besitzt im allgemeinen einen etwas geringeren Glanz als die Steinkohle, welcher Unterschied bereits oben bei Anführung der Äußerung von Professor PORONÉ hervorgehoben worden ist.

Ein leicht anwendbares Mittel, die beiden Hauptkohlenarten, Steinkohle und Braunkohle, zu unterscheiden, beruht einmal auf der Strichprobe. Die Steinkohle zeigt ein schwarzes Strichpulver, die Braunkohle ein braunes. Unsere Oberbayerische Pechkohle weist im Strich eine tief dunkelbraune Farbe auf; diese ist wohl weit dunkler als die vom Strich einer erdigen oder lignitischen Braunkohle, aber es ist doch deutlich eine braune Nuance vorhanden, wodurch jene Kohle ihre Braunkohlennatur kundgibt. In gleicher Weise ist dies der Fall nach der Prüfung mit der zweiten Methode, wobei die Färbung von Kalilauge nach dem Kochen mit dem Kohlenpulver beobachtet wird. Ausnahmefälle sind allerdings bekannt, aber die Regel ist, daß die Kalilauge bei der Steinkohle hell bleibt oder nur einen schwachgelblichen Ton bekommt, während die Flüssigkeit bei der Braunkohle tief braun gefärbt wird. Die Oberbayerische Kohle nun erteilt der Kalilauge eine stark dunkelbraune Farbe und charakterisiert sich somit in dieser Beziehung als Braunkohle. In neuerer Zeit wendet man noch ein anderes Verfahren an zur Unterscheidung von Braun- und Steinkohle (nach DONATH und DITZ, Österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 51. Bd., 1903, S. 310), indem man die Kohle mit verdünnter Salpetersäure behandelt: bei der Steinkohle zeigt sich keine Veränderung, während die Braunkohle mit ihren Varietäten eine rot gefärbte Lösung bewirkt. Unsere Oberbayerische Kohle erwies sich dabei als keine Steinkohle. Auch bei der Untersuchung nach dem Verfahren von WIESNER (Anwendung von Chromsäure) zur Unterscheidung der einzelnen Kohlensorten voneinander (Sitzungsberichte d. K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien. Math. naturw. Kl., Bd. CI, 1. Abt., 1892) dokumentiert sie sich als Braunkohle. — Zusammenfassend kann man daher sagen, in petrographischer Beziehung stellt die voralpine Kohle die Pechkohlenausbildung der Braunkohle dar.

3. Kohlenstoffgehalt.

In der geologischen-petrographischen Literatur findet man Analysen der Oberbayerischen Pechkohle ziemlich spärlich verteilt vor. Meist sind es ältere Analysen mit auffallend hohem Kohlenstoffgehalt (bis über 70⁰/₀); offenbar ist dabei der Feuchtigkeitsgehalt der Kohle nicht mit in Betracht gezogen, wodurch sich die größere Menge an Kohlenstoff einigermaßen erklären läßt. Im Gegensatz hierzu, und den tatsächlichen Verhältnissen mehr entsprechend, erscheint die Angabe von Direktor HERTLE, welcher wohl die bergfeuchte Kohle meinte, wenn er sagte (Das oberbayerische Kohlenvorkommen und seine Ausbeute, Glückauf, 34. Jahrg., 1898, Nr. 44): „Der Kohlenstoffgehalt der Kohle aus den tieferen Flözen beträgt bis 60⁰/₀,

aus den höchsten 50%. Umgekehrt steigt der Wassergehalt der Kohle aus den tieferen zu den höchsten Flözen von 5 auf 15%.

Wir haben uns nun bemüht, eine Anzahl von Analysen zu erhalten oder aus den zerstreuten Angaben zusammenzutragen. Die betreffenden Analysen, die sich zum Teil auch auf einige der besten Kohlsorten des ganzen Areal der voralpinen Pechkohle beziehen, sind in beiruhender Tabelle (S. 295) aufgezeichnet, wobei außerdem noch zum Vergleich mehrere Sorten von Steinkohlen, weiters die der oberbayerischen ganz nah verwandte Kohle von Häring, sodann Braunkohle der besten böhmischen Qualitäten und Vertreter der gewöhnlichen bei uns vorkommenden Braunkohle Berücksichtigung gefunden haben.

Aus der Zusammenstellung in der Analysentabelle wird man sich über den Kohlenstoffgehalt einiger Haupttypen von Steinkohle und Braunkohle leicht einen Überblick verschaffen können. Bei den beiden ersten Analysen (St. Ingberter Kohle) ist der Feuchtigkeitsgehalt nicht besonders berücksichtigt worden, es gibt dies aber im Analysenbild keine besondere Veränderung, da die Menge an Wasser jedenfalls sehr gering ist.

Der Durchschnittsgehalt einer Steinkohle läßt sich (nach SCHWACKHÖFER und FISCHER, siehe POLSTERS Kalender für Kohleninteressenten, 4. Jahrg., 1904, S. 99) folgendermaßen aschen- und wasserfrei berechnet angeben: 86% Kohlenstoff, 4% Wasserstoff, 10% Sauerstoff. Es stehen demnach unsere oberbayerischen Kohlen (die nach einer der besseren Haushamer Sorten aschen- und wasserfrei die Zusammensetzung 75,69% Kohlenstoff, 5,82% Wasserstoff, 18,49% Sauerstoff ergeben) den Steinkohlen an Kohlenstoffgehalt beträchtlich nach. Sie erheben sich aber andererseits in nicht gerade sehr geringer Art über den Durchschnittswert der Braunkohle, die nach derselben Quelle die Zusammensetzung 66% Kohlenstoff, 5% Wasserstoff und 29% Sauerstoff zeigt.

Einen Durchschnittsgehalt von Braunkohlen anzugeben, ist bei ihrer wechselnden Zusammensetzung nicht leicht, doch kann die nachstehende Aufstellung, die POLSTERS Kalender 1904, S. 100 entnommen wurde, für typische Vertreter von Braunkohlenarten gelten, danach enthält ein Lignit 35—45% Kohlenstoff, 3—4% Wasserstoff, 20—25% Sauer- mit Stickstoff, 4—10% Asche und 25—30% Wasser und eine sonstige Braunkohle enthält 50—55% Kohlenstoff, 4—5% Wasserstoff, 15—22% Sauerstoff und Stickstoff, 4—20% Asche und 5—10% Wasser. Die beiden vorstehenden Braunkohlenanalysen sind konform nach dem Schema der in der Tabelle aufgeführten Analysen gehalten, was die Übersichtlichkeit bei Vergleichung der einzelnen Kohlsorten erleichtert.

Bei Betrachtung der chemischen Eigenschaften der Oberbayerischen Pechkohle fällt der relativ hohe Gehalt an Schwefel auf; dieser Schwefelgehalt ist ein mißlicher Umstand, da sich durch die Verbrennungsgase ungünstige Einwirkungen, namentlich auf die Vegetation ergeben. Schwefel kann den Kohlen im allgemeinen, den Stein- und Braunkohlen ganz fehlen, häufig aber ist dieses Element, teils an Eisen, teils an organische Substanz gebunden, in geringer Beimengung vorhanden. In den Steinkohlen beträgt der durchschnittliche Gehalt an Schwefel 0—3% (Beispiele: eine Kohle aus dem Newcastler Becken enthält 0,60% Schwefel, von Lanark in Schottland 1,03%, von Hainichen in Sachsen 1,15%, von Zwickau 1,79—2,95%). In den Braunkohlen wird nach ZIRKEL (l. c. S. 618) die etwa vorhandene Schwefelmenge (teils als freier Schwefel, teils als Eisenkies zugegen) im Durchschnitt ungefähr das gleiche halten, nämlich 0,5—3%; es scheint aber

Analysen-Tabelle.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Steinkohlen						Oberbayerische Pechkohle								Braunkohle					
	St. Ing- bert (Flöz 19)	St. Ing- bert Flöz 22 (Unter- bank)	Dud- weiler	Dud- weiler (wasser- frei)	Pilsen (Mantau Sulkov- zeche)	Kladno (Nuß- kohle)	Haus- ham (ge- wasch.)	Leit- zachtal	Waa- kirchen	Haus- ham (Klein- kohl)	Haus- ham (Klein- kohl- flöz)	Peißen- berg Flöz 8 (Stück- kohle)	Peißen- berg (Flöz 11 a)	Penz- berg (Flöz 17)	Ossegg- Riesen- berg (Alex.- Schacht Nußk.I)	Dux-La- dowitz (Fort- schritt- schacht Stücker)	Häring (Gries- kohle)	Schwar- zen- feld	Haidhof	Hen- gers- berg
Kohlenstoff C	88,72	82,08	80,96	72,58	71,19	63,16	67,80	62,39	62,22	61,61	58,77	59,01	54,08	50,77	61,30	59,26	51,29	31,50	29,14	27,49
Wasserstoff H	5,65	5,26	5,01	4,18	4,29	3,73	3,90	4,84	4,33	4,74	4,54	4,57	4,08	4,20	4,31	4,41	3,73	2,25	2,40	2,42
Sauerstoff O	3,99	9,06	7,71	9,17	9,75	8,26	7,73	13,69	15,51	15,05	19,65	17,53	16,00	17,71	14,30	12,70	16,32	11,70	13,63	9,11
Stickstoff N	0,64			0,61	1,25	0,93			1,24						0,80	0,73	0,99			
Asche	1,00	3,60	4,07	13,46	6,80	16,76	11,00	7,48	6,79	7,87	7,90	6,45	12,79	16,19	1,19	0,97	21,47	9,00	6,89	14,58
Schwefel S ¹⁾					(0,77)	(0,78)	3,57	3,49	2,91	3,98	(3,53)	(2,81)	(4,60)	(3,42)	(0,43)	(0,38)	(4,10)	0,55	0,89	1,40
Wasser			2,25		6,72	7,16	6,00	8,11	7,00	6,75	9,14	12,44	13,05	11,13	18,10	21,93	6,20	45,00	47,05	45,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹⁾ Die in Klammern gesetzten Zahlen geben die als flüchtigen Schwefel ermittelten Mengen für sich (bei den Berechnungen auf 100 kommen diese in Wegfall, da der S-Gehalt in die Asche mit einbezogen ist).

Bei einer Anzahl obiger Analysen wurde die Zusammensetzung auf aschen- und wasserfreie Kohle berechnet:

	2	3	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	19
Kohlenstoff C	85,71	86,42	82,32	83,02	75,69	70,84	72,79	72,92	69,88	75,95	76,86	70,91	64,51
Wasserstoff H	5,37	5,35	4,96	4,90	5,82	5,48	5,64	5,51	5,78	5,34	5,72	5,16	5,31
Sauerstoff O	8,92	8,23	11,27	10,86	18,49	23,68	21,57	21,57	24,34	17,72	16,47	22,56	30,18
Stickstoff N			1,45	1,22						0,99	0,95	1,37	
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

gleichwohl, wenn in der Braunkohle Schwefel überhaupt enthalten ist, dieser durchschnittlich etwas reichlicher vorhanden zu sein als in der Steinkohle (Beispiele: Braunkohle von Wildshut 0,98%, von Gloggnitz 3,15%, von Cilli 3,7%). Danach würde in diesem Punkte die Oberbayerische Pechkohle mehr der Braunkohle entsprechen, denn Proben von Haushamer, Penzberger und Peißenberger Kohlen Nr. 11 und 16 zeigen 3,53%, 3,42%, 4,60% und 4% Gehalt an flüchtigem Schwefel; in manchen Fällen geht dieser auch noch höher hinauf. Übrigens zeichnen sich die Pechkohlen aus der älteren Tertiärperiode besonders durch relativ hohen Schwefelgehalt aus, so hat die Kohle von Häring in Tirol 4,1%, die eocäne Kohle von Carpano in Istrien 7,5% Schwefel und in manchen Varietäten sogar bis zu 9%.

Wenden wir uns nun wiederum dem Kohlenstoffgehalte zu. Schon eine flüchtige Betrachtung der beigegebenen Tabelle läßt den großen Unterschied, der zwischen den Endgliedern der Kohlenreihe besteht, in auffälligster Weise erkennen. Die Menge des wichtigsten Elementes, des Kohlenstoffes, schwankt bei den einzelnen Kohlenvorkommnissen von fast 90% an abwärts bis zu fast 25%. Unsere Oberbayerischen Pechkohlen stehen mit ihrem Kohlenstoffgehalt von 59 oder rund 60% (bei den besseren Sorten) zwischen den Extremen gerade in der Mitte. Das ist dieselbe Menge wie bei den Braunkohlen von Dux und Ossegg in Böhmen; diese sind also in dieser Hinsicht gleichwertig mit den Oberbayerischen Pechkohlen, freilich gehen diese bis zu 50% im Kohlenstoffgehalt herunter, aber auch jene zeigen in zahlreichen Vorkommnissen ein ähnliches Verhalten. Blicken wir nun nach der Seite der Steinkohlen hin, so finden wir allerdings einige weniger gute Sorten, die sich in ihrer Kohlenstoffmenge der Oberbayerischen etwas nähern, aber im großen und ganzen ist doch ein beträchtlicher Abstand zwischen den Miesbach-Peißenberger Kohlen und den aus der Karbonformation stammenden Steinkohlen. Der Unterschied im Kohlenstoffgehalt mag, um in runden Zahlen zu sprechen, im allgemeinen 10—20% betragen.

Eine Kohle wie die von Dux und Ossegg haben wir nicht in Bayern, wohl aber typische Braunkohlen von lignitischem Gepräge, die bekannten Braunkohlen der Oberpfalz. Zu diesen ist aber der Abstand der Oberbayerischen Pechkohlen weit größer als zu den echten Steinkohlen. Eine Braunkohle von Haidhof (diese Analyse betrifft eine andere Probe als die in der Tabelle aufgeführte Haidhofer Kohle) enthält beispielsweise Kohlenstoff 26,65%, Wasserstoff 2,08%, Sauerstoff und Stickstoff 12,00%, Asche 8,38%, Schwefel 2,64%, Wasser 48,25%. Man kann den Unterschied auf rund 20—35% an Kohlenstoff annehmen, wobei der Vergleich zu Ungunsten der lignitischen bayerischen Braunkohle ausfällt.

Zu ähnlichem Resultate gelangt man, wenn man die Zusammensetzung der Kohlen, wasser- und aschenfrei berechnet, in Berücksichtigung zieht. Die Ingberter und Dudweiler Steinkohlen weisen dabei einen Kohlenstoffgehalt von 85 oder 86%, die Pilsener von 82%, die Peißenberg-Miesbacher Kohlen dagegen einen solchen von 70—75%, gleichwie die besseren Ossegger von 75% auf, während die Braunkohlen der Oberpfalz mit ca. 65% (Haidhof) oder auch etwas höher vertreten sind. Die Oberbayerischen Pechkohlen stünden also mit den besseren Böhmisches Braunkohlen nach dieser Betrachtung in der Mitte zwischen Stein- und lignitischer Braunkohle. Man muß aber bedenken, daß die Kohlen der letztgenannten Sorte, die Braunkohlen vom Typus der Oberpfälzer einen beträchtlich hohen Gehalt an Feuchtigkeit, zum Teil auch an Asche haben, dadurch erscheinen sie bei der aschen- und

wasserfreien Berechnung in verhältnismäßig günstigerem Lichte. Zieht man an den Kohlen nur den Gehalt der lufttrockenen Kohle an brennbarer Substanz in Betracht, so erhält man in runder Summe für die Steinkohlen 90%, für die Peißenberg-Miesbacher Kohle bei besseren Sorten 80%, im Durchschnitt 70—80%, für den Trauntaler Lignit 60%. Die bessere böhmische Kohle von Dux-Ossegg verhält sich dabei wiederum wie die Oberbayerische Pechkohle (in den reineren Sorten 77 und 80%), während die oberpfälzische oder sonst die lignitische Kohle aus Bayern mit ihrer natürlichen Feuchtigkeit nur 40—45% aufweist.

Es ist sonach im allgemeinen in der Oberbayerischen Pechkohle fast die doppelte Menge an brennbarer Substanz enthalten als in der gewöhnlichen d. h. lignitischen Braunkohle der bayerischen Vorkommnisse.

4. Heizwert.

Da auf pyrotechnische Einzelheiten nicht eingegangen werden kann, soll dieser Abschnitt möglichst kurz gefaßt und das hier Vorzubringende nur als Ergänzung oder auch weitere Bestätigung des bereits nach anderer Richtung hin Ermittelten gegeben werden.

Vorerst möge erwähnt sein, daß die Oberbayerische Pechkohle nicht verkokbar ist; sie gehört der Sand- oder mageren Kohle an (siehe BRUHNS, l. c., S. 290).

Der Heizwert einer Kohle wird nach der Zahl der Wärmeeinheiten bemessen. Nach den darüber vorliegenden Zusammenstellungen (Jahrg. 1904 und 1905 der Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins) hat beispielsweise die Steinkohle von Mittelbexbach (Nußkohle III) im ursprünglichen Zustand den kalorimetrisch ermittelten Heizwert von 6500 Wärmeeinheiten (WE) aufzuweisen, bei anderen Steinkohlen geht die Zahl bis zu 7900 hinauf (Ruhrkohle, Nußkohle I, Zeche Konstantin), so daß man für gute Steinkohle vielleicht 7200 WE annehmen darf; die böhmische Steinkohle schwankt zwischen 5400 und 7000 WE. Im Vergleich damit zeigt die Ossegger Kohle (Nr. 15 der Tabelle) 5598 WE, die Duxer (Nr. 16) 5496 WE (nach SCHWACKHÖFER). Nach den Zusammenstellungen kann man für die Ossegger und Duxer Kohle im allgemeinen 4700—5400, für die Kohle aus Bruch in Böhmen 5150 WE annehmen. Gehen wir zur Oberbayerischen Pechkohle über: Gewaschene Haushamer Nußkohle weist 5400 WE auf, Peißenberger Nußkohle 4600, Penzberger Förderkohle 3900; die Grenzen bewegen sich mit Ausschluß der extremen Glieder etwa zwischen 4200 bis 5400, so daß man für die guten Sorten im Durchschnitt 4800 WE annehmen darf. In Bezug auf die jüngeren Braunkohlen, wozu die Oberpfälzer und ähnliche lignitische Kohlen gehören, begegnet man öfters ziemlich stark differierenden Werten in der Angabe der Wärmeeinheiten, was darin seine Ursache hat, daß nicht gleichmäßig frisches Material benützt wurde, sondern die Untersuchungen sich häufig auf Kohlen, die mehr oder weniger ausgetrocknet waren, erstreckten. Man wird aber trachten müssen, die Kohlen in ihrem ursprünglichen d. h. gleich nach der Förderung bestehenden Zustand in Prüfung zu ziehen. Da ergibt sich denn für eine Haidhofer Kohle mit der Zusammensetzung 25,4% C; 2,2 H; 10,7 O + N; 9,7% Asche und 52% Wasser in grubenfeuchtem Zustand der Heizwert von 2012 WE; eine rheinische Braunkohle von ähnlicher Zusammensetzung zeigt 2074 WE (Zeitschrift des bayerischen Revisions-Vereins 1903, S. 57). An einer anderen Probe der Haidhofer Braunkohle ist der Heizwert zu 2018 WE gefunden worden. Bei Annahme eines Feuchtig-

keitsgrades von 40—45⁰/₀, wie es wohl der lufttrockenen Kohle entsprechen mag, ergeben sich 2400 WE.

Da die besseren böhmischen Kohlen und die Oberbayerischen Pechkohlen, wie bereits gezeigt wurde, einen Heizwert von 4800 WE besitzen, so hat man sonach das doppelte Quantum der gewöhnlichen in Bayern vorkommenden Braunkohle nötig, um denselben Heizeffekt zu erzielen, den die Oberbayerische Pechkohle oder die bessere böhmische Braunkohle hervorbringt.

In Bezug auf ihren Gehalt an flüchtigen Bestandteilen verhält sich die Oberbayerische Pechkohle geradeso wie die böhmische Braunkohle besserer Qualität. Das Verhältnis von fixem Kohlenstoff zu den flüchtigen Bestandteilen ist nach dem an das Kgl. Oberbergamt abgegebenen Gutachten des Bayerischen Revisionsvereins vom 27. März 1908 bei der Oberbayerischen Pechkohle das gleiche, nämlich 50⁰/₀ : 50⁰/₀, wie bei der Kohle aus Ossegg.

Die böhmischen Braunkohlen scheinen in ihren besten Sorten noch etwas vor den Oberbayerischen Pechkohlen in der Qualität zu rangieren, wie aus dem oben angegebenen Heizwert und der etwas größeren Kohlenstoffmenge geschlossen werden kann, zu ihren Gunsten spricht weiters ihr geringer Aschen- und sehr zurücktretender Schwefelgehalt; aber andererseits läßt sich, wie aus dem Gutachten des Bayerischen Revisionsvereins hervorgeht, zum Nachteil der besseren Braunkohlen gegenüber den Oberbayerischen Pechkohlen anführen, daß sie hygroskopisches Wasser stärker zu binden vermögen, nämlich mit 20—28⁰/₀, gegenüber diesen, den Oberbayerischen, die mit 10—15⁰/₀ Wasser mit böhmischen oder sächsischen Steinkohlen in dieser Beziehung verglichen werden können.

5. Wirtschaftliche Bedeutung.

Bei einer so wichtigen Substanz wie die Kohle ist es selbstverständlich nicht gleich, mit welcher Bezeichnung man sie im Verkehr oder im wirtschaftlichen Leben aufführt. Es werden durch den Namen bestimmte Vorstellungen erweckt, die zutreffend und jedenfalls nicht für die Anschauung ablenkend sein sollen. Es ist oben bereits ausgeführt worden, daß in Bayern die sogen. bessere Braunkohle als ausbeutbare Ablagerung gar nicht in Betracht kommt. Wenn man daher von Braunkohle bei bayerischen Vorkommnissen spricht, ist bei Ausschaltung der Pechkohle stets die sogen. jüngere Braunkohle, die lignitische vom Typus der Oberpfälzer Kohle, gemeint. Es sträubt sich gewissermaßen aber in natürlicher Weise das Gefühl gegen das Vorgehen, die schwarze glänzende Kohle aus Oberbayern, die sich von der Kohle aus der Steinkohlenformation kaum unterscheidet, mit der in diesem Fall geradezu verwirrenden Bezeichnung Braunkohle, zu welcher Hauptgruppe sie allerdings gehört, zu versehen. Man kann sich sogar in den Gedanken versetzen, ob hier nicht der Fall vorläge, daß für die Praxis ein leichter verständlicher Name als der durch wissenschaftliche Erkenntnis gewonnene in Anwendung kommen dürfe. In ähnlicher Weise wird zum Beispiel im Edelsteinhandel verfahren; gewisse Sorten von Schmucksteinen laufen im Verkehr anstandslos unter anderen Namen als die sind, die von wissenschaftlicher Seite den Steinen gebühren. In dieser Beziehung könnte man sogar für den Ausdruck Steinkohle eintreten und seine Anwendung motiviert erscheinen lassen. Gleichwohl sollte getrachtet werden, das Wort Steinkohle allein für die in Rede stehende Kohle nicht direkt anzuwenden, um auch nach der anderen Seite hin keine unrichtigen Vorstellungen zu erwecken.

Eher wäre der Ausdruck Schwarzkohle, wenn man sich nicht auf die Bezeichnung Pechkohle beschränken will, rätlich. Dieser Name (Schwarzkohle) wird auch tatsächlich von geologischen Autoren, die von der Braunkohlennatur der Oberbayerischen Pechkohle vollauf überzeugt sind, gebraucht (vgl. BRUHNS); doch liegt in dieser Bezeichnung immerhin etwas Unbestimmtes. Der Ausdruck „edle Braunkohle“, welchen einige Mineralogen (QUENSTEDT, Lehrbuch der Mineralogie, 3. Aufl., S. 913) benützen, wäre zwar einfach, ist aber nicht gang und gäbe geworden und bei dem hohen Schwefelgehalt der Kohle würde das schmückende Beiwort etwas zu viel sagen.

Die Schwierigkeit in der Bezeichnung für die Oberbayerische Pechkohle betreffs der Zuteilung zu einer der Hauptkategorien tritt zunächst bei industriellen Angaben oder Veröffentlichungen deutlich hervor. Im Jahrbuch der Deutschen Braunkohlen-, Steinkohlen- und Kaliindustrie 1908 (8. Jahrg.) sind beispielsweise für den Berginspektionsbezirk München die Gewerkschaft Marienstein, die Oberbayerische Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau in Miesbach, die Kgl. Steinkohlengrube Peißenberg und die Steinkohlengrube Schwarzerde bei Echelsbach beim Steinkohlenbergbau aufgeführt. Es heißt aber auf derselben Seite (S. 142) bei den Gruben Hausham, Miesbach und Penzberg weiter: „Da das geognostische Alter des oberbayerischen Kohlengebietes als oberoligocän festgestellt ist, dürften diese Gruben als Braunkohlengruben anzusehen sein.“ Doch läßt man in Veröffentlichungen, die nicht rein geologischer Art sind, zumeist die Bezeichnung Steinkohle gelten. In FERD. FISCHERS Technologie der Brennstoffe (I. Teil, S. 505) sind die Kohlen von Hausham-Miesbach, Penzberg und Peißenberg unter den deutschen Steinkohlen aufgeführt; in gleicher Weise werden in den einzelnen Jahrgängen von POLSTERS Kalender für Kohleninteressenten, jetzt Jahrbuch und Kalender für Kohlenhandel und Industrie benannt, die Kohlenwerke der genannten Gegenden zu den bayerischen Steinkohlenrevieren gerechnet. In dem Aufsatz über Heizwerte von Brennstoffen in den Jahrgängen 1904 und 1905 der Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins sind die Oberbayerischen Kohlen in die Rubrik Schwarzkohlen einbezogen und hier neben die Ruhr-, Saar- und übrigen Steinkohlen gestellt, während eine besondere Rubrik die Böhmisches Braunkohle, eine weitere der Lignit, wozu die Haidhofer Kohle gehört, bildet. Wir gelangen zum Schlusse an die amtlichen Publikationen. In den im Auftrage des Kgl. Staatsministeriums des Königlichen Hauses und des Äußern veröffentlichten Jahresberichten der Kgl. Bayer. Fabriken- und Gewerbeinspektoren und der Kgl. Bayer. Bergbehörden werden die Gruben von Peißenberg, der Oberbayerischen Aktiengesellschaft und von Marienstein als Steinkohlenbergwerke und das von ihnen gelieferte Produkt als Steinkohle bezeichnet.¹⁾ Man ersieht aus diesen Angaben, daß in den Veröffentlichungen, worin unsere Kohlen nach der wirtschaftlichen Seite hin betrachtet werden, diese in der Regel als Steinkohlen aufgeführt werden.¹⁾ Die Benennung Steinkohle ist zugleich volkstümlich und seit alter Zeit üblich, die jüngere Braunkohle hatte man früher als Bituminöses Holz bezeichnet.

Die richtige neutrale Bezeichnung für die Kohle der voralpinen Reviere ist Oberbayerische Pechkohle. Oberbayerische Kohle allein kann man nicht

¹⁾ Das war wenigstens bis jetzt der Fall. Neuerdings werden in diesen Jahresberichten auf Grund der gutachtlichen Äußerung, wonach die Braunkohlennatur der tertiären Pechkohle erwiesen ist, die Kohlen aus den oberbayerischen Bergwerken unter der Hauptrubrik Braunkohlen aufgeführt.

sagen, da dieser Begriff auch jüngere Braunkohlen (Grube Irene bei Großweil) in sich schließt. Wir müssen nochmals den bedeutenden Unterschied gegenüber den jüngeren Braunkohlen betonen. Dieser ist so groß, daß es unseres Erachtens vollkommen gerechtfertigt ist, die Pechkohle, trotzdem sie geologisch-petrographisch zu den Braunkohlen gehört, auch mit gewissen echten Braunkohlen, solchen der besseren Sorten nämlich, denselben Grad an Kohlenstoffmenge und Heizwert teilt, von der gewöhnlichen oder jüngeren Braunkohle, die, wie wir bereits hörten, unter den Braunkohlentypen in Bayern — die Pechkohlen unberücksichtigt gelassen — allein in Betracht kommt, wenigstens für das praktische Leben auch in der Allgemeinbezeichnung davon getrennt zu halten. Nun könnte man auf die böhmische Braunkohle hinweisen, die in den erwähnten wesentlichen Punkten die gleichen Verhältnisse zeigt; dieselbe, diese bessere Braunkohle, unterscheidet sich aber doch von der Pechkohle in zwei ebenfalls nicht unwesentlichen Punkten. Letzgenannte, die voralpine Pechkohle, besitzt nämlich zu ihrem Vorteile einmal eine geringere Aufnahmefähigkeit für hygroskopisches Wasser und zweitens trägt sie das Gepräge der Steinkohle an sich, für das praktische Leben gewiß ein wichtiger Umstand, ähnlich wie bei einem Bau die äußere Ausstattung oder beim Menschen das Gewand.

Wo es angeht, wird man, auch bei offiziellen Angaben, möglichst den korrekten Ausdruck für die Kohle, nämlich Oberbayerische Pechkohle, wählen; sollte aber bei der Benennung eine der beiden Hauptkategorien der Brennstoffe in Berücksichtigung gelangen müssen, so dürfte es für die Zwecke des praktischen Lebens gleichwohl nicht unzumutbar erscheinen, sich an den Ausdruck Steinkohle anzulehnen. Beispielsweise könnte man auch von junger Steinkohle sprechen. Dieser Name würde dann den Begriff der Pechkohlenvarietät der Braunkohle in sich schließen. Man wird jedoch einen neuen Namen nicht bedürfen, da man ja die Kohle unter der alten Bezeichnung Pechkohle unbeschadet der wissenschaftlichen Anschauung in Anbetracht ihrer wirtschaftlichen Bedeutung, wenn es sich zweckentsprechend herausstellt, in analoger Weise, wie die eigentlichen steinkohlenartigen Brennstoffe in Behandlung nehmen kann.

So wie die Verhältnisse in Bayern liegen, würde mit der bloßen Bezeichnung Braunkohle sicherlich eine falsche Vorstellung verbunden werden. Das hat man auch an amtlicher Stelle empfunden und deshalb sind in der jährlich vom Kgl. Oberbergamt herausgegebenen Übersicht der Produktion des Bergwerks-, Hütten- und Salinenbetriebes im bayerischen Staate die in Rede stehenden Kohlen unter die Rubrik Stein- und Pechkohlen gebracht und daneben ist eine besondere Rubrik als Braunkohlen aufgeführt.¹⁾

¹⁾ Diese Angabe, geschrieben im Frühjahr 1908, trifft jetzt nicht mehr zu, sondern es gilt hinsichtlich der Bezeichnung in der amtlichen Zusammenstellung das, was in der Anmerkung auf S. 299 gesagt ist.

Für das wirtschaftliche Leben geht offenbar das allgemeine Empfinden dahin, die Oberbayerische Pechkohle mehr als Steinkohle denn als Braunkohle zu behandeln oder wenigstens sie nicht mit der gewöhnlichen Braunkohle zusammen zu werfen. Dies lehren weiters die nachstehenden Äußerungen. GÜMBEL reiht zwar in einer seiner älteren Publikationen (Bavaria I, 1860, S. 51) die alpine Pechkohle unter die Braunkohle ein, sagt aber, daß sie vor den übrigen Braunkohlen einer hervorhebenden Bezeichnung gewürdigt zu werden verdiene. REIS spricht sich in seiner unterm 16. April 1908 an das Kgl. Oberbergamt erstatteten gutachtlichen Äußerung, die allgemeine Charakteristik der oberbayerischen Molassekohlen betreffend, dahin aus, daß die Pechkohlen „jedenfalls Stein-

Dieses Vorgehen halten wir für das richtige: man sollte es möglichst vermeiden, den Ausdruck Steinkohle allein zu gebrauchen; andererseits wird nichts hindern, die Pechkohle der Braunkohle, da sie auch eine Schwarzkohle ist, in bergtechnischer oder -wirtschaftlicher Beziehung mit den Steinkohlen in eine Gruppe zusammenzustellen. Geht es aber irgendwie an, so wäre allein die Bezeichnung Oberbayerische Pechkohle als die zutreffendste zu gebrauchen.

Freilich kommt man in die Lage, wo eine Entscheidung zwischen Stein- und Braunkohle getroffen werden soll. Das ist bei Anwendung des Artikels 1 vom Berggesetz der Fall. Hier im genannten Artikel sind die fossilen Brennstoffe aufgeführt als „Stein- und Braunkohle“. Beide Begriffe sind gewiß koordiniert aufzufassen, nicht vereinigt zu denken, sonst würde Mineralkohle dafür stehen. Außerdem ist der Passus der Stelle und der benachbarten Zeilen konform mit dem Ausdruck in Titel 1, § 1 des Preußischen Berggesetzes gehalten und da heißt es an der betreffenden Stelle „Steinkohle, Braunkohle und Graphit“. Die letztgenannte Substanz kam im Bayerischen Gesetz in Wegfall, so steht das „und“ offenbar als trennende Partikel zwischen den beiden ersten, je als Einzelbegriffe geltenden Gliedern.

Man kann vom geologischen Standpunkt aus Gründe anführen, weshalb Stein- und Braunkohle (die jüngere Braunkohle) für bergtechnische Zwecke getrennt werden müssen. In einem und demselben Territorium oder sogar Feldesbezirke kann unten die alte Kohle, oben die jüngere gelagert sein. In manchen Gebietsteilen des nördlichen Bayerns sind oberflächlich Tertiärschichten mit Braunkohle ausgebreitet, während unten älteres Gebirge ruht. So ist, wenigstens vom theoretischen Standpunkt aus, die Möglichkeit denkbar, daß in der Tiefe ältere Kohlenschichten aufsetzen könnten. Es wird wohl im Sinne des Gesetzes liegen, daß für solche nach Substanz, Ausbildung und Lagerung verschiedenartige Kohlenvorkommnisse, trotzdem sie einem und demselben Bezirke angehören, auch getrennte Verleihungen stattfinden können. Gilt das für die entfernt stehenden Typen von alter Steinkohle und Braunkohle, so ist ähnliches bei der Pechkohle gegenüber der jüngeren Braunkohle gegeben. Hier kann der durchaus nicht unwahrscheinliche Fall einer Transgression von horizontalen jüngeren Tertiärschichten über aufgerichteten älteren ausgebildet sein oder es kann sich eine Decke von diluvialen Schichten mit lignitischen Braunkohleneinlagerungen über oligocäne Kohlenschichten erstrecken. Vielleicht mag dieser Fall später noch mehr Bedeutung erlangen. Die Wellen der alpinen Züge können sich möglicherweise unterirdisch nach Norden fortsetzen: dann wäre es sogar nicht ganz ausgeschlossen, daß in der Hochebene durch jüngeres Tertiär hindurch eventuell die Pechkohle in der Tiefe zu erreichen sei. Wenn nun die Pechkohle mit der Braunkohle zusammengezogen wird, so wäre für ein und dasselbe Mutungsfeld eine getrennte Verleihung des Bergwerkseigentums auf junge Kohle und alte Flöze (Pechkohle) nicht statthaft.

kohlen in der allgemeinen Bedeutung des Wortes sind“ und die Direktion des Bayerischen Revisionsvereines äußerte sich in ihrem oben (S. 298) erwähnten Gutachten folgendermaßen: „Obgleich so nach die oberbayerischen Kohlen entschieden näher den Braunkohlen als den Steinkohlen stehen, empfehlen wir, dieselben entweder nur als »oberbayerische Kohlen« zu bezeichnen oder aber es bei der eingeführten Bezeichnung »Oberbayerische Steinkohlen« zu belassen, welche sie nach ihrem Aussehen wohl mit Recht tragen. Wollte man die Kohlen von nun an als Braunkohlen bezeichnen, so würde entschieden bei den Kohlenverbrauchern die Unklarheit erhöht.“

C. Schlußwort.

Wenn wir unsere Anschauungen in den Hauptpunkten noch einmal kurz anführen wollen, so müssen wir folgendes sagen. Die Oberbayerische Pechkohle gehört unzweifelhaft zur Hauptgruppe der Braunkohle. Geologisch, petrographisch und chemisch steht dies fest. Auch pyrotechnisch scheint sich, wenn man in dieser Beziehung die Verhältnisse der sogen. besseren Braunkohle in Betracht zieht, dagegen keine Einwendung machen zu lassen. Aber diese bessere Braunkohle haben wir in Bayern nicht. Es sind von sonstigen Vertretern aus der Gruppe der braunkohlenartigen Brennstoffe in Bayern nur Kohlsorten vorhanden, die im Heizwert, im Kohlenstoffgehalt und auch im Aschengehalt weit hinter den besseren Braunkohlen stehen. Insoferne mag es begründet sein, innerhalb der großen Gruppe der Braunkohlen eine Scheidung zu machen und die Oberbayerische Pechkohle, auch edle Braunkohle oder Schwarzkohle genannt, möglichst unter Wahrung des zuerst aufgeführten Namens für die Zwecke des praktischen Lebens, namentlich in wirtschaftlicher oder bergwirtschaftlicher Hinsicht mit den übrigen Schwarzkohlen, den Steinkohlen, zusammenzuschließen.

Inhalts-Übersicht.

	Seite
Einleitung	289
A. Allgemeines	290—291
Die fossilen Brennstoffe: Steinkohle, Braunkohle und Torf (S. 290). — Mittelkohle (S. 290). — Pechkohlen (S. 290—291). — Allgemeine Unterscheidungsmerkmale zwischen Stein- und Braunkohle (S. 291).	
B. Spezielle Prüfung der Oberbayerischen Pechkohle	292—300
1. Geologische Verhältnisse	292
2. Petrographisches Verhalten	292—293
Charakteristik der Pechkohle (S. 292). — Verschiedenes Verhalten von Stein- und Braunkohle mit der Strichprobe und in der Behandlung mit Kalilauge und Salpetersäure (S. 293).	
3. Kohlenstoffgehalt	293—297
Analysen (S. 293). — Analysentabelle (S. 295). — Durchschnittsgehalt einer Steinkohle (S. 294), einer Braunkohle (S. 294). — Schwefelgehalt (S. 294—296). — Vergleichung der Pechkohle mit der Kohle von Dux-Ossegg und der gewöhnlichen Braunkohle (S. 296).	
4. Heizwert	297—298
Heizwert der Kohlen (S. 297). — Vergleichung mit Steinkohlen, den besseren und den gewöhnlichen Braunkohlen (S. 297—298).	
5. Wirtschaftliche Bedeutung	298—301
Allgemeines (S. 298). — Bezeichnung der Oberbayerischen Pechkohlen (S. 299 bis 301). — Bedeutung der Trennung von Pech- und Braunkohle für bergrechtliche Verhältnisse (S. 301).	
C. Schlußwort	302

Über die neueren Aufschlüsse im Peißenberger Kohlenrevier.

Von

Dr. Werner Koehne,

Kgl. Geologen bei der Geologischen Landesuntersuchung.

Seit mehr als zwei Jahren wird seitens der Kgl. Generaldirektion der Berg-, Hütten- und Salzwerke intensiv daran gearbeitet, die Kohlenvorräte in dem Reservatfelde des Staates im bayerischen Alpenvorlande genau festzustellen.¹⁾

Auf Antrag dieser Behörde war der Verfasser durch den Vorstand der Kgl. Bayer. Geologischen Landesuntersuchung (Geognostischen Abteilung des Kgl. Oberbergamtes) beauftragt worden, die einschlägigen geologischen Fragen nach Bedarf wissenschaftlich zu bearbeiten. Denn die Frage nach den Kohlenvorräten steht in engsten Wechselbeziehungen zu den interessanten wissenschaftlichen Fragen, die sich an die Peißenberger Gegend knüpfen. Da bereits drei geologische Aufnahmen des Gebietes, nämlich die von C. W. v. GÜMBEL, von R. BÄRTLING und von H. STUCLIK vorlagen, glaubten wir anfangs, daß es genügen würde, wenn wir im wesentlichen die veröffentlichten Beobachtungen zu Grunde legten und von ausgedehnteren eigenen Aufnahmen absähen. Es wurden daher zunächst nur orientierende Begehungen ausgeführt, um dabei Vergleichsmaterial zur Beurteilung der in Grubenaufschlüssen und Tiefbohrungen etwa anzutreffenden Gesteine zu gewinnen. Es stellte sich dabei heraus, daß die geologischen Verhältnisse des Gebietes einer gründlichen Aufklärung so große Schwierigkeiten in den Weg stellten, daß immer speziellere eigene Aufnahmen nötig wurden. Allerdings würde eine nach allen Richtungen hin wissenschaftlich gründlich durchgearbeitete Untersuchung jahrelange Arbeiten voraussetzen. In Anbetracht der Fülle der Aufgaben, welche die Geologische Landesuntersuchung zu bewältigen hat, mußten wir uns daher bislang darauf beschränken, diejenigen Fragen zu bearbeiten, deren Beantwortung durch die Anforderungen des Bergbaues dringend geworden war. Wir mußten aber davon absehen, Problemen rein wissenschaftlicher Natur und solchen, deren Lösung für den Bergbau erst in späteren Jahren nötig wird, nachzugehen, zumal ohnehin der wissenschaftlichen Durcharbeitung des bei solchen Aufnahmen zusammen-

¹⁾ Obwohl die Untersuchungen im Peißenberger Revier noch im Gange sind, halten wir es für angezeigt, einen aufklärenden Bericht darüber zu veröffentlichen, da die einschlägigen Fragen für weitere Kreise von Interesse sind und auch zum Teil irrige Anschauungen über die Verhältnisse sich verbreitet haben.

kommenden umfangreichen Gesteinsmaterials durch den bei der Geologischen Landesuntersuchung herrschenden Raummangel erhebliche Schwierigkeiten erwachsen.

Zur Klärung der geologischen Verhältnisse und zugleich zur Ermittlung der Kohlenvorräte kamen drei Methoden in Anwendung, nämlich die geologischen Begehungen über Tage, die Herstellung bergbaulicher Aufschlüsse und die Tiefbohrungen.

Was die geologischen Aufnahmen über Tage betrifft, so hat diese Methode den Vorzug gegenüber den bedeutenden Geldsummen, welche die beiden anderen Methoden verschlingen, nur verhältnismäßig bescheidene Mittel zu erfordern. Ihre Anwendung wird aber im Peißenberger Revier durch eine Reihe von Einflüssen beeinträchtigt. Vor allem hinderlich ist es, daß die Tertiärschichten, die für den Bergmann allein Interesse haben, von einer bis über 100 m mächtigen Decke jüngerer Bildungen, vor allem Moränen, bedeckt werden, unter welcher sie nur in tiefen Bacheinschnitten, Steilhängen etc. wie durch Fenster zu sehen sind. Unsere Beobachtungen in den tertiären Schichten müssen sich daher immer auf einzelne Punkte, bestenfalls Linien von einigen 100 m Länge, beschränken, und von diesen aus muß der Zusammenhang konstruiert werden. Dazu kommt, daß die Aufschlüsse in der Regel sehr unwegsam sind und nur mit großem Zeitaufwande passiert werden können.

Ferner müssen auch die Lagerungsverhältnisse der tertiären Schichten, sofern sie überwiegend weich sind, durch den Druck der Eismassen, welche einst über sie hinweggegangen sind, alteriert worden sein. Denn nachdem die Untersuchungen der Geologen in Norddeutschland gewaltige Stauchungserscheinungen im Untergrunde ehemaligen Inlandeises nachgewiesen haben, müssen wir mit der Möglichkeit von solchen auch in den ehemals vereisten Gebieten des südlichen Bayerns rechnen. Tatsächlich deuten auch manche von meinen Beobachtungen auf solche hin. So bemerkte ich im Jahre 1909 an dem neuen Forstweg im unteren Kohlgraben einen kleinen Sattel, welcher sich in die Tektonik des Gebietes nicht einfügt und auf Eisdruck zurückzuführen sein dürfte. Zu beobachten war dort eine schwache Kalksteinbank von einigen Zentimetern Dicke, deren Hangendes weiche gefleckte Mergel bildeten, während in ihrem Liegenden sich dunkle, schneckenführende Mergel befanden. Diese Kalkbank bildete in der Steilwand an der Straße das Segment eines Kreises, dessen Radius nur einige Meter betrug. Der Aufschluß wurde leider im Jahre 1910 durch die Hochwasser, welche den Weg überfluteten, zerstört.

Ferner machte ich im Jahre 1910 weiter oben in dem nach Süden zur Ammer fließenden Kohlgraben folgende Beobachtung: Der Einfallswinkel einer Schicht, welcher an der Sohle des Bachbettes 50° Süd beträgt, wird einige Meter weiter oben wesentlich flacher. Dies Verhalten kann auf tektonischen Vorgängen beruhen, kann aber auch dadurch veranlaßt sein, daß der Druck des Eises in der Eiszeit die Schichtköpfe etwas gegen Norden umgelegt hat. In einem Graben nordöstlich von Hohenwart konnte ich sogar wahrnehmen, wie die Moräne keilförmig in die weichen tertiären Mergel eingepreßt ist. Es ist klar, daß wir alle solche Beobachtungen über Fallen und Streichen, bei denen Veränderungen durch Eisdruck in Frage kommen können, ausschalten müssen, wenn wir Schlüsse auf den tieferen Untergrund ziehen wollen.

Zu den möglicherweise durch Eisdruck zu erklärenden jugendlichen Störungen kommen noch diejenigen durch Gehängerutsch. Denn die Ammer ist ein noch lebhaft erodierender Fluß, welcher sein Bett beständig verlegt; sehr intensive Um-

gestaltungen finden auch alle paar Jahre in den Seitenbächen der Ammer statt. Nun finden wir einen beständigen Wechsel zwischen härteren Gesteinen, welche auf ihren Klüften Wasser durchlassen und weichen, wasserstauenden, durchfeuchteten. Partien härterer Bänke können nun leicht auf den weicheren abrutschen bzw. in diese einsinken und so den Einfallswinkel verändern. Man kann daher in vielen Fällen nicht ganz feststellen, daß die an der Oberfläche zu messenden Streich- und Fallrichtungen auch für die Tiefe maßgebend sind. Unter anderem befindet sich am Ammerknie bei Ramsau südlich Peiting eine schon seit längerer Zeit bekannte sattelförmige Biegung der Cyrenenschichten. Es ist jedoch möglich, daß hier die Schichten infolge von Unterwaschung durch die Ammer nachgesunken sind und daher die umgebogene Bank sich nicht mehr ganz in ihrer ursprünglichen Lagerung befindet, so daß wir eine gewisse Scheu davor haben, die wichtigen Schlußfolgerungen, die sich aus dieser Lagerung für den Bergbau ergeben würden, zu ziehen.

Trotz aller dieser Schwierigkeiten lassen sich aus den Beobachtungen über Tage, sowohl den von früheren Beobachtern veröffentlichten, als auch den von uns neu hinzugefügten wertvolle Schlüsse ziehen, wenn man auch nicht alles aufklären kann.

Im Vergleich zu den großen Schwierigkeiten, mit welchen der Geologe bei der Aufnahme über Tage in der dortigen Gegend zu kämpfen hat, bieten sich ihm geradezu ideale Arbeitsbedingungen sobald Grubenaufschlüsse zu untersuchen sind. Die Peißenberger und Bühlacher Gruben gewähren einen großartigen Einblick in das Innere; ist doch am Peißenberge ein zusammenhängender Aufschluß von nicht weniger als 5000 m Länge hergestellt worden, dazu kommen noch im Westen in einem Abstände von etwa $2\frac{1}{2}$ km die ausgedehnten Untersuchungsarbeiten durch Stollen und Querschläge am Bühlacher Berg. Schon ein Studium der auf dem Bergamte Peißenberg vorhandenen Pläne belehrt uns in ausgezeichnete Weise über das Streichen und Fallen der Schichten sowie über einige Sprünge, welche die Flöze um glücklicherweise nur unbedeutende Entfernungen verschoben haben. Von ganz besonderem Interesse waren die Strecken, welche in neuerer Zeit auf der zweiten Tiefbausohle, d. h. ca. 120 m unter dem Niveau des Bahnhofs Peißenberg aufgefahen wurden.

Gegen Westen ist man hier bereits unter dem Kohlgraben hindurchgelangt und befindet sich unter dem Moränenhügel der Winterleite. Während die Streichrichtung der Flöze unter Schendrich noch WNW.—OSO. war, wurde sie in der Gegend des Kohlgrabens genau ostwestlich und zeigte unter der Winterleite bereits eine geringe Abweichung von dieser Richtung gegen diejenige WSW.—ONO.

Über 2 km westlich von hier beginnen die Aufschlüsse im Bühlach bei Peiting; diese wurden bisher nur bergtechnisch und markscheiderisch aufgenommen. Es wird beabsichtigt, diese Strecken und Querschläge jetzt wieder zugänglich zu machen, so daß sie vom Verfasser geologisch untersucht und mit denjenigen am Peißenberge verglichen werden können. Über Tage finden wir zwischen dem Bühlach und dem Kohlgraben eine bis etwa 100 m mächtige Decke von Moräne, fluvio-glacialen Bildungen und Torf, so daß es nicht möglich ist, hier die Tertiärschichten zu verfolgen.

Die Schichten am Bühlach zeigen zwar in ihrem Gesamtcharakter und ihrem Inhalt an Versteinerungen große Übereinstimmung mit den Cyrenenschichten, welche am Peißenberge die Kohlenflöze enthalten. Gerade so, wie es am Peißen-

berge der Fall ist, werden sie gegen Norden von einem großen Sprung abgeschnitten, hinter dem wir die marinen Miocänschichten finden. Sobald man aber versuchte, einzelne Kohlenflöze und Gesteinsbänke mit solchen am Peißenberge zu identifizieren, geriet man stets in Widersprüche. Wir haben daher vorläufig noch mit drei Möglichkeiten zu rechnen. Erstens können sich die am Peißenberg abgebauten Flöze in ihrem Fortstreichen gegen den Bühlach hin stark verändert haben, was aber nicht sehr wahrscheinlich ist. Zweitens können die am Peißenberg in den hangenderen Schichten sich findenden, dort unbauwürdigen Flöze gegen den Bühlach zu besser geworden sein. Die tieferen Flöze müßten dann durch den großen Sprung abgeschnitten worden sein, können aber trotzdem noch ganz gut in der Tiefe sich finden. Drittens könnte auch durch einen streichenden Sprung eine Verdoppelung der Schichtenfolge hervorgerufen worden sein. Zur Aufklärung dieser Frage empfiehlt es sich, die Versuchsstrecke im zweiten Tiefbau noch weiter gegen Westen aufzufahren, im übrigen noch die Ergebnisse der geologischen Aufnahme im Bühlach abzuwarten.

Von großem Interesse sind auch die Verhältnisse an der Ammerbiegung zwischen Ramsau und der Schnalz unweit der Straße von Peiting nach Rottenbuch, wo sich ein schon seit längerer Zeit bekannter Kohlenfundpunkt befindet. Ich konnte dort ein Flöz von 35—42 cm Mächtigkeit aufschürfen und mich überzeugen, daß es von Cyrenen- und Cerithien-führenden Bänken begleitet wird. Die Frage, ob wir hier tatsächlich ein Äquivalent der Peißenberger Flöze vor uns haben, ist für die gesamte Sachlage bedeutungsvoll. Es sind daher hier auch die bergmännischen Aufschlußarbeiten sofort von der Grubenverwaltung eingeleitet worden. Man wird zunächst einen Stollen im Flöz treiben und dann querschlägig gegen Norden vorgehen. Hoffentlich gelingt es dabei, nicht nur weitere Flöze zu finden, sondern auch festzustellen, ob und wie diese mit den Bühlacher und Peißenberger Flözen in Verbindung stehen. Ähnliche Cyrenenschichten streichen übrigens im nördlichen Abhang der Schnalz noch über 2 km weiter, wir haben bisher darin aber nur Kohlenflöze bis zu 10 cm Mächtigkeit gefunden. Das Einfallen ist dort auch südlich, wird aber nach Osten zu immer steiler. Unsere Untersuchungen dort sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Was die Grubenaufschlüsse im Osten anlangt, so wurde dort vor Niederbringung der Tiefbohrungen ein höchst instruktiver Aufschluß¹⁾ hergestellt. Es wurde nämlich in der zweiten Tiefbausohle möglichst weit gegen Osten zu aufgefahren. Zunächst wurde dabei nördlich von St. Georg eine NO.—SW. streichende Verwerfung getroffen, durch welche die Flöze auf dem Grundriß um etwa 30 m in das Liegende verschoben erscheinen. Wir können diese Störung entweder durch eine Horizontalverschiebung oder durch ein Absinken nach Osten oder durch eine Kombination beider Bewegungen erklären. Weiter nach Osten zu zeigt sich, daß die im Flöz 10 + 11 aufgefahrene Strecke immer mehr gegen Norden zu aus der ostwestlichen Richtung umbiegt, schließlich direkt nach Norden streicht und dann nach Westen zu umbiegt, also fast einen Halbkreis beschreibt.

Man verlor nun das Flöz und ging darauf von der Umbiegungsstelle querschlägig gegen Norden vor. Dabei wurde Flöz 10 + 11 wieder angetroffen sowie mehrere der hangenden Flöze. Wir gelangen hier somit nach Norden zu in immer jüngere Schichten, jedoch fehlen die obersten Flöze und die mächtigen

¹⁾ Vgl. die Karte S. 308.

Sandsteinbänke; vielmehr finden wir plötzlich die äußerst charakteristischen rotgefleckten Mergel, wie wir sie sonst im Hangenden der flözführenden Schichten finden und welche wir der bunten Molasse zuweisen, wir sehen diese Gesteine hier stark von Kluffflächen durchsetzt. Da der Hauptzweck der Aufschlußarbeiten erreicht war und es schwierig war, die mit größtmöglicher Beschleunigung vorgetriebenen Aufschlüsse noch weiter auszudehnen, wurden die Arbeiten hier eingestellt.

Höchst interessant ist es, diese Aufschlüsse mit denen auf der ca. 120 m höher gelegenen Tiefstollensohle zu vergleichen. Vom Stollenmundloch aus finden wir hier 300 m weit meist harte Sandsteine mit wechselnden Einfallswinkeln, alsdann eine Kluft, welche quer durch den Stollen geht und gerade ein Kohlenflöz abschneidet; es ist dies anscheinend das Flöz 6, während die jüngeren Flöze fehlen, da die Verwerfung die noch jüngeren Sandsteine an ihre Stelle gebracht hat. Die Kluft, welche mehrfach verbogen ist, fällt unten mit ca. 60° gegen Westen ein. Das Flöz 6 hat hier ein Streichen von SO. nach NW., ist also aus der allgemeinen Streichrichtung bereits abgelenkt.

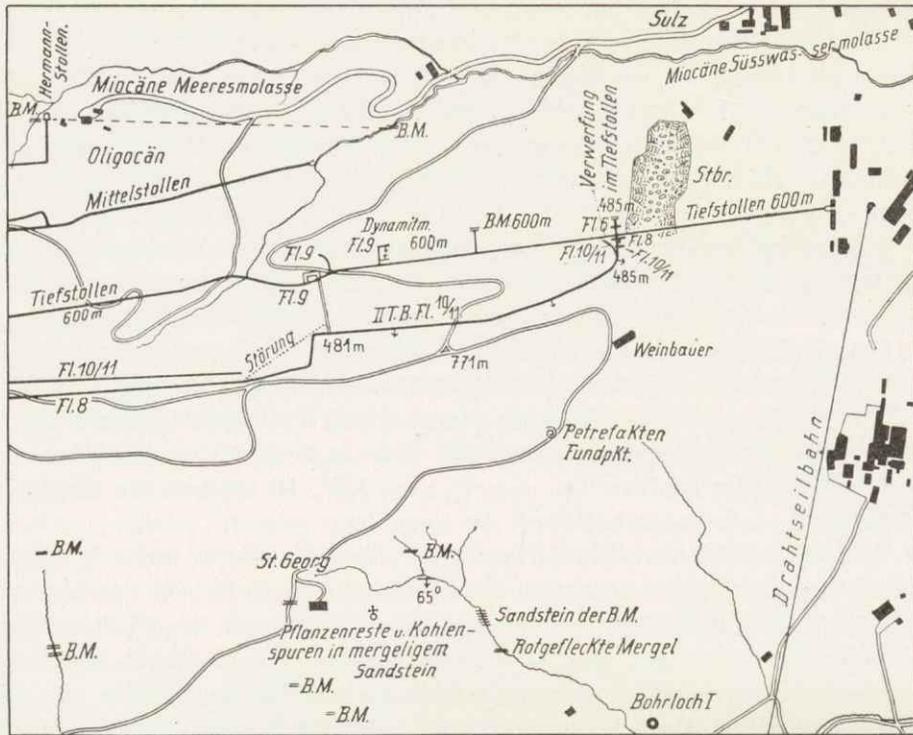
Sehr interessant muß ein kleiner 475 m vom Mundloch gegen Norden getriebener Querschlag gewesen sein, dieser muß nämlich nach beim Bergamte Peißenberg befindlichen Stücken zu schließen, schon nach 30 m in die gefleckten Mergel der bunten Molasse gelangt sein.

Wiederum eigenartige Störungen finden wir im Dynamitstollen, so sehen wir 5 m von dessen Eingang ein Flözchen steil nach Norden fallen, hinten im Dynamitmagazin finden wir Flöz 9 ganz gleichmäßig nach Süden einfallend.

Etwa 50 m weiter fand man wieder dasselbe Flöz, welches quer durch den Stollen setzt, es zeigt hier eine ganz entsprechende Umbiegung, wie wir sie auf der zweiten Tiefbausohle vorhin geschildert haben.

Wir sehen also hier im Ostfelde im Gegensatz zu den sonst recht ruhigen Lagerungsverhältnissen so viele Störungen, daß es schwer hält, die einzelnen Systeme auseinander zu kennen. Doch ist dies, wenn wir noch die Beobachtungen über Tage zu Hilfe nehmen, einigermassen möglich.

In erster Linie haben wir den ostwestlich verlaufenden Hauptsprung anzuführen, welcher über Tage die älteren (oligocänen) Schichten im Süden von den jüngeren (miocänen) im Norden trennt. Dieser Hauptsprung selbst ist in den neueren Grubenaufschlüssen im Osten nicht angetroffen worden. Auffallend und bemerkenswert ist die von mir beobachtete Tatsache, daß sich an den Hauptsprung nach Süden zu zunächst in einer schmalen Zone gefleckte Mergel anlegen; sie sehen denjenigen der bunten Molasse, welche im Süden über den flözführenden Schichten liegt, gleich. Diese gefleckten Mergel entdeckte ich über Tage im Bachbett gleich oberhalb vom Mundloch des Hermannstollens, ferner östlich davon oberhalb der kleinen Brücke, mit welcher der blauweiß markierte Weg über den Bach geführt ist. Die Letten, welche zwischen der Sulz und dem Bergamte gegraben werden, scheinen ebenfalls als Verwitterungsprodukte dieser Mergel angesehen werden zu dürfen. Unter Tage fand ich die rotgefleckten Mergel in dem östlichsten Querschlag der zweiten Tiefbausohle, ferner müssen sie in dem 475 m vom Mundloch des Tiefstollens angesetzten Querschlag angefahren worden sein. Wir müssen nach diesen Beobachtungen vermuten, daß die Oberfläche der Mergel zuerst flach nach Süden einfällt, dann sich umbiegt und steil in die Tiefe geht, ein Verhalten, bei welchem wohl noch nicht genau bekannte Störungen mitwirken.



Maßstab 1 : 10 000.

Situationsplan vom Ostfelde der Grube Peißenberg.

Die Zahlen geben die Höhen über dem Meere für die einzelnen Sohlen an. B.M. (mit Doppelstrich) bedeutet Aufschluß im Schichtkomplex der „Bunten Molasse“.

An die gefleckten Mergel schließen sich nach Süden die Cyrenenschichten und zwar zunächst mit einer stark gestörten schmalen Zone an.

Südlich von dieser Störungszone finden wir einen Sattel der Cyrenenschichten, dessen Nordflügel von der Störungszone abgeschnitten wird, während der Südflügel ruhig nach Süden zu einfällt und sich nach Westen durch die ganze Grube fortsetzt. Die Achse dieses Sattels liegt jedoch nicht wagerecht, sondern senkt sich nach Osten zu ab, daher muß jedes Kohlenflöz eine horizontale Ebene in einer parabelähnlichen Linie schneiden. Dies bewirkt die Umbiegung, welche die Flöze im Grundriß einzelner Strecken gezeigt haben. Mit jeder tieferen Sohle wird diese Umbiegung weiter nach Osten verlegt, so daß der Bergbau, je tiefer er kommt, um so weiter nach Osten zu ausgreifen kann, wenn nicht weitere Störungen dazu kommen. Wir haben oben schon zwei namhafte Störungen aufgeführt, welche die Schichten diagonal durchsetzen. Alle diese Störungen haben für die Praxis die gemeinsame Wirkung, die Kohlen nach Osten zu in größere Tiefe zu versenken.

Aus dem vorhergehenden haben wir ersehen, wie außerordentlich instruktiv die bergbaulichen Aufschlüsse am Peißenberg waren. Nun können aber solche nicht erheblich unter das Niveau des Schachtes heruntergebracht werden. Wir sind daher, um uns über die Flözvorräte in größerer Tiefe zu unterrichten, genötigt, die Tiefbohrung anzuwenden. Wir müssen aber dabei uns von vornherein klar sein, daß diese bei den Peißenberger Verhältnissen ein weit unvoll-

kommeneres Mittel darstellt als die bergbaulichen Aufschlüsse. Man denke sich z. B., daß eine Bohrung gerade da niederginge, wo die Störung im zweiten Tiefbau auf unserer Karte eingetragen ist, sie würde dann ohne sichere Resultate verlaufen, während man beim Grubenaufschluß durch die Möglichkeit, die bisherige Richtung zu verlassen, leicht die Verhältnisse klar stellt. Trotzdem mußten wir, um die Kohlenvorräte für einen projektierten tieferen Schacht zu berechnen, Tiefbohrungen wagen. Die Bohrung Nr. I wurde südlich des östlichsten bisher nachgewiesenen Flözvorkommens angesetzt in der bunten Molasse. Nachdem diese durchsunken war, wurden programmäßig die hangenden Sandsteine und dann die flözführenden Cyrenenschichten angetroffen genau in der vorher von uns angenommenen Teufe. Der Einfallswinkel der Cyrenenschichten war flacher als es dem Generaleinfallen entsprach. Nachdem aber ähnliche Veränderungen des Einfallens aus der Grube bekannt sind, konnten sie nicht als abnorme Erscheinung gelten. Nachdem die bekannte Flözgruppe durchsunken war, wurde die Bohrung noch weiter in das bisher wenig bekannte Liegende getrieben. Da sich hier aber keine Flöze mehr sondern Störungen zeigten, wurde die Bohrung bei 916,05 m eingestellt.

Sie stellt nicht nur den südlichsten und tiefsten sondern auch einen der östlichsten Fundpunkte der Kohlen im Peißenberger Revier dar.

Es galt nun der überaus schwierigen Frage näher zu treten, wo weiter im Osten die Cyrenenschichten zu suchen sind. Denn wenn es gelang, östlich des bisherigen Feldes noch ein ganz neues zu entdecken, so mußte natürlich der projektierte Schacht größere Dimensionen erhalten als wenn er nur die Kohlen aus dem Westfelde zu fördern hatte.

Eine Bohrung in nächster Nähe der bisherigen, östlich davon konnten wir nicht empfehlen, denn wir mußten hier in dem alten Tale, durch welches die Ammer zwischen Peißenberg und Guggerberg hindurchgeflossen war, auf Querstörungen rechnen, welche die Bohrung resultatlos machen konnten. Selbst wenn aber noch die Kohlen nachgewiesen würden, mußte erst durch Grubenaufschlüsse entschieden werden, ob die Kohlen hier trotz der Querstörungen rentabel gewonnen werden können oder nicht. Wir mußten daher für die Bohrung einen Punkt weiter östlich wählen, wo Querstörungen weniger zu fürchten waren. Derjenige Punkt, welcher am geeignetsten erschienen wäre, war aber unerreichbar, da er mitten in dem tiefen Torfmoor des Grandelmooses gelegen wäre, in welchem die Anlegung einer Fahrstraße gewaltige Schwierigkeiten verursacht hätte. Wir mußten daher bis an die Straße hinausrücken, welche südlich von Unterpeißenberg das Moos durchschneidet. Wir mußten nun den Bohrpunkt so wählen, daß er möglichst die Achse unseres Sattels treffen mußte, ohne in den nördlich davon gelegenen Hauptsprung oder die südlich davon gelegene, vermutlich unergründlich tiefe Mulde zu geraten. Freilich ob die Sattelachse die aus der Grube bekannte Richtung beibehalten, ob sie sich der Oberfläche mehr nähern oder in größere Tiefe versinken würde, konnte niemand voraussagen, da das ganze in Frage kommende Gebiet mit Moränen, Torf etc. zugedeckt ist und alle Anhaltspunkte fehlten. Nachdem die Bohrung die jüngeren Überdeckungsgebilde durchsunken hatte, zeigte sich, daß unserer Voraussetzung gemäß die bunte Molasse angetroffen war. Es handelte sich aber anscheinend nicht um deren tiefere Schichten wie bei Bohrloch I sondern um deren höhere. Auch waren die Einfallswinkel steiler, nämlich meist etwa 60°. Übrigens läßt sich das Einfallen nicht an allen Kernen

messen, sondern nur an einem kleinen Prozentsatz, da sonst Schichtflächen fehlen. Infolgedessen gelang es trotz mehrfacher Versuche nicht, einen orientierten Kern so zu ziehen, daß man auch die Richtung des Einfallens hätte messen können; vermutlich ist sie SO. Bei dem steilen Einfallen mußten wir darauf gefaßt sein, daß die Flöze erst in größerer Tiefe liegen würden. Immerhin mußten wir hoffen, wenigstens die obersten Cyrenenschichten zu erreichen. Es erwies sich aber, daß die Sattelachse in größere Tiefe versenkt sein muß, als nach ihrem Einfallen in der Grube zu erwarten war. Irgendwelche Beweise dafür, daß die Bohrung eine größere Störung angetroffen hat, haben sich nicht ergeben. Denn die manchmal auftretenden sehr weichen Mergelschiefer können einen Kenner der Schichtenfolge der bunten Molasse nicht verwundern; die Einfallswinkel sind recht gleichmäßig, gewisse Abweichungen in den Sandsteinen lassen sich mit Sicherheit auf primäre Schrägrichtung zurückführen. Ganz ausgeschlossen ist es, daß der Hauptsprung durchteuft worden wäre, denn sonst hätten wir die charakteristischen marinen Schichten treffen müssen. Dies war aber nicht der Fall, die Bohrung blieb vielmehr bis zu ihrer größten Teufe von über 1000 m in dem uns wohlbekannten Schichtkomplex der „bunten Molasse“. Wir nehmen daher an, daß die Flöze in einer noch größeren Teufe von vielleicht 1700 m liegen. Wir haben aus der Bohrung keinen Anhalt dafür gewonnen, daß der Bohrpunkt ungünstig gewählt war, können also auch keinen geeigneteren im Ostfelde empfehlen.

Es ist daher nötig, den projektierten Schacht auf die Kohlenvorräte westlich vom Bohrloch I einzurichten und erst später durch Grubenaufschlüsse zu untersuchen, ob östlich davon etwa noch bauwürdige Flöze zu finden sind.

Dagegen könnte man daran denken, westlich des bisher berechneten Vorratsfeldes etwa am Eierbach bei Schendrich noch ein Bohrloch niederzubringen. Menschlicher Voraussicht nach müßten wir dort die flözführende Partie treffen, es würde sich bei dem Bohrloch nur darum handeln, die Qualität der einzelnen Flöze zu bestimmen und festzustellen, ob das Einfallen dem in der Grube entspricht, um durch diese Ermittlungen eine Richtschnur für die weiteren Aufschlußarbeiten zu gewinnen.

Interessanter aber auch viel gewagter wäre es jedoch, gleich den Kernpunkt des Peißenberger Problems, die Frage nach dem Muldentiefsten und einem eventuellen Gegenflügel, d. h. einem Wiederemporsteigen der Flöze im Süden, in Angriff zu nehmen. Nach meinen Aufnahmen im Kohlgraben ist zu vermuten, daß die bunte Molasse dort eine Mächtigkeit von 1000 m erreicht, Flöz 10 und 11 also dort bei der Ammer erst bei mindestens 1300 m Tiefe zu erwarten wäre. Ferner scheint ein Gesetz die Peißenberger Gegend zu beherrschen, daß sich die Mulden- und Sattelachsen nach Osten zu absenken; demgemäß müßten wir die Flöze im Muldentiefsten westlich des Kohlgrabens in geringerer, östlich des Kohlgrabens in größerer Tiefe als 1300 m erwarten. Im Widerspruch damit steht aber die Beobachtung, daß im Bohrloch Nr. I die Cyrenenschichten ein flaches Einfallen von etwa 25° zeigen. Ein so flaches Fallen findet sich nun im Kohlgraben nur in nächster Nähe des Muldentiefsten; es würde also dafür sprechen, daß dieses unweit des Bohrloches Nr. I zu suchen sei; vielleicht daß es durch eine Querstörung horizontal nach Norden verschoben sein könnte. Andererseits werden aber im Bohrloch P. I die Einfallswinkel unterhalb der flözführenden Region wieder steiler; dies spricht dafür, daß das Fallen von 25° nur lokal ist und sich die Flöze weiter südlich wieder steiler stellen. Immerhin wäre es höchst interessant,

diese Verhältnisse durch eine Bohrung zu untersuchen. Man müßte bei dieser, sowie das Quartär durchsunken ist, sofort mit Kernbohrung beginnen und den Grad und die Richtung des Einfallens bestimmen. Ist das Einfallen nördlich, befindet man sich also im Gegenflügel, so wäre weiterzubohren; ist das Einfallen flach südlich und wird es nach der Tiefe zu immer flacher, so wäre ebenfalls weiter zu bohren, um die Cyrenenschichten zu suchen. Ist das Einfallen mehr als 40° südlich und nimmt nach der Tiefe nicht ab, so wäre die Bohrung einzustellen, da dann keine Hoffnung besteht, die Cyrenenschichten zu erreichen.

Von Wichtigkeit wäre es ferner für die Gesamtaufassung des Peißenberger Problems, wenn wir die Peißenberger Flözgruppe mit einer bestimmten des Penzberger Revieres identifizieren könnten. STUCHLIK glaubte, daß dies auf Grund der beiden Glassandhorizonte möglich sei. Wir konnten aber die Beobachtungen STUCHLIKS über die Glassande bei Peißenberg nicht soweit als zutreffend bestätigen, daß wir seine diesbezüglichen Schlüsse anerkennen könnten. Nach STUCHLIKS Karte müßte man vermuten, daß sich am Peißenberg zwei Bänder eines weichen Glassandes zu Tage austreichend entlang ziehen, von denen nur das eine auf kurze Erstreckung von Moräne bedeckt wird. Im Vertrauen darauf brachte ich bei meinem ersten Besuche des dortigen Revieres 1908 einen Zweimeter-Bohrer mit, um den Verlauf dieser Sande auf der Karte genau zu verfolgen, sah mich aber gründlich getäuscht. In der Region des „unteren Glassandes“ findet sich zwar eine ganz brauchbare, weichere, etwas gröberen Sand enthaltende Leitschicht, welche an einzelnen Punkten auch zu Tage austreicht. Im Ostfelde, wo ihr Verlauf für die Erkennung der Tektonik sehr wichtig wäre, ist dieser aber ganz anders als auf der Karte STUCHLIKS angegeben ist. Im Texte gibt STUCHLIK z. B. auch einen Fundpunkt 60 m vom Mundloch des alten Mittelstollens an. An der bezeichneten Stelle findet man zwar im Gehänge Sand, im Bachbett aber feste Kalksteinsandbänke; der Sand bildet hier nur ein Verwitterungsprodukt, aber keine stratigraphische Leitschicht.

An Stelle des „oberen Glassandes“ findet man zu Tage austreichend einen Komplex von Sandsteinbänken von verschiedener Härte. Auch die weicheren Bänke zeigen beim Befeuchten mit Salzsäure ein lebhaftes Aufbrausen, es sind angewitterte Kalksandsteine. Nur oberflächlich finden wir zuweilen lose kalkfreie Sande als Verwitterungsprodukte der Sandsteine. Ich suchte nun die Glassande in der Grube auf, unter Zuhilfenahme von Grubenplänen, auf welchen sie eingezeichnet waren. Statt des „oberen Glassandes“ fand ich Kalksandsteinbänke von meist großer Festigkeit. Nur in deren Hangenden an der Grenze gegen eine Mergelbank findet sich eine einige Dezimeter mächtige Sandschichte; anscheinend haben hier besonders lebhaft zirkulierende Wasser eine Auslaugung des kalkhaltigen Bindemittels hervorgerufen.

Zwischen den Flözen 1 und 4, wo STUCHLIK den unteren Glassand angibt, finden sich zwar im Hauptquerschlag der Tiefstollensohle Sandsteine mit kalkigem Bindemittel, aber kein Sand; solchen konnte ich aber zwischen Flöz 4 und 5 beobachten und zwar in 15 m Mächtigkeit. In der Nähe dieses Sandes findet sich ein weicher Kalksandstein mit Kugeln eines sehr festen Kalksandsteins darin. Anscheinend ist hier von sich kreuzenden Klüften aus eine Anwitterung des Gesteins erfolgt, bis von dem ursprünglichen harten Gestein nur noch Kugeln übrig blieben. Dies läßt die Vermutung naheliegend erscheinen, daß auch die benachbarte Sandschicht nur durch Auslaugung von Kalksandstein entstanden ist, wozu

größere, leichter wassereinlassende Bänke besonders Veranlassung gaben. Daß sich unter den Kalksandsteinen verschiedene Varietäten unterscheiden lassen, die auch eine gewisse Niveaubeständigkeit zeigen, ist indessen nicht zu leugnen. Wir können aber auf STÜCHLIKS Angaben hin unmöglich eine Identifizierung der Peißenberger Schichten mit ganz bestimmten der Penzberger als erwiesen betrachten.

Aus unseren vorstehenden Ausführungen ergibt sich, daß zur gründlichen Aufklärung des Peißenberger Problems und zur Ermittlung aller Kohlenvorräte noch eine größere Zahl von montangeologischen Untersuchungen durch Gruben-aufschlüsse, Aufnahmen über Tage und Tiefbohrungen nötig sind.

Anhang.

Schichtprofil durch die bunte Molasse südlich vom Hohenpeißenberg ca. 1000 m mächtig.

		Ungefähre Mächtigkeit	
Bunte Molasse	Gefleckte Mergel		
	Bituminöser Kalkstein (einige Zentimeter mächtig)		
	Obere Helixschicht, dunkelgraue Mergel (einige Dezimeter mächtig)		
	Mergel und Sandsteine	30 m	
	Kohlgrabenflöz	Hangendes: Hellgraue Mergel	
		Kohle	4 cm
		Stinkstein	11 cm
		Kohle	2 cm
		Stinkstein	2 cm
	Kohle	9 cm	
Liegendes: Graue Mergel mit Helix (mittlere Helixbank).			
Gefleckte Mergel mit wenig Sandsteinbänken	200 m		
Bank konglomeratischen Sandsteins (einige Dezimeter mächtig), auf 2 ¹ / ₂ km streichende Länge verfolgt vom Kohlgraben bis zur Schnalzhüttenstraße.			
Gefleckte Mergel mit Sandsteinbänken	350 m		
Dunkelgrauer Mergel mit Helix und Pflanzenresten, einige Dezimeter mächtig, auf über 6 km streichende Länge verfolgt (= untere Helixbank)			
Wechsellagerung von rotpunktierten Sandsteinen mit gelb-, grau- und rotgefleckten Mergeln	350 m		
Hangende Sandsteine	Fester Sandstein	27 m	
	Weicher Sandstein	3 m	
	Fester Sandstein	10 m	
	Pholadenähnliche Gebilde im Sandstein		
	Sandstein mit spärlichen Petrefakten und nur noch ganz vereinzelt roten Pünktchen	30 m	
	Sandstein, in der Mitte Petrefakten führend	25 m	
Cyrenenschichten bis Flöz 10 + 11	350 m		



Das geologische Profil Waldkirchen-Neureichenau-Haidmühle.

Von

Prof. Dr. M. Weber.

Durch den neuen Bahnbau der von Waldkirchen nach Haidmühle abzweigenden Linie sind verschiedene neue und schöne Aufschlüsse geschaffen worden. Besonders die Strecke Waldkirchen—Neureichenau bietet für den Geologen sehr vieles Interessante. Wo GÜMBEL infolge unzureichender Aufdeckung auf der Karte einförmige Gneise und Granitmassen, hie und da noch Diorit eingezeichnet hat, findet sich eine Serie zusammenhängender, aber ganz anders struierter Gesteine. Ferner wurden bei Neureichenau direkt am Bahnhofe die Pfahlschiefer in prachtvollem Profile bloßgelegt und auch ihre Untersuchung förderte manches zu Tage, was GÜMBEL seinerzeit in den Zusammenhängen noch nicht richtig erfassen konnte, und was ich als Ergänzung zu meinen „Studien an den Pfahlschiefern“ (diese Jahreshefte, XXIII) hier anreihen möchte.

Es könnte auffallend erscheinen, daß hier nur die Beschreibung eines Profiles gegeben wird, daß nicht gleichzeitig die geologische Schilderung, womöglich mit Übersichtskarte, des ganzen fraglichen Gebietes erfolgt, anschließend an die geologische Übersicht, welche A. FRENTZEL in seiner Dissertation, die in den Geognostischen Jahreshften zur Veröffentlichung kommen wird, über das Hauzenberger Granitmassiv gegeben hat.

Aber die Verhältnisse drängen mich schon jetzt zur Veröffentlichung, weil die beschränkten Raumverhältnisse in unserem Institute die notwendige übersichtliche Zusammenstellung eines größeren Materiales nicht gestatten, und weil nach längerer Zeit die Eindrücke verblassen, die dann infolge der Verwitterung und Verrußung der Gesteine durch den Lokomotivenrauch nicht wieder so aufgefrischt werden können.

Ich halte es daher für besser, lieber kleinere Gebiete isoliert zu behandeln, so lange die Aufschlüsse und die Eindrücke noch frisch sind. Aus mehreren derartigen kleinen Arbeiten wird sich dann erst eine Übersicht über ein größeres Gebiet gewinnen lassen.

Die Gefahr, daß bei Übersicht über das größere Gebiet manche Einzelaufassung entsprechend geändert werden muß, verkenne ich dabei nicht, weiß ihr aber nicht zu entgehen.

Die Gesteinsarten, welche in den Eisenbahneinschnitten (andere Aufschlüsse gibt es in der Gegend so gut wie gar nicht) von Waldkirchen bis zum Spitzenberg einschließlich anstehen, habe ich ausführlicher bereits in einem Aufsätze: „Metamorphe Fremdlinge in Erstarrungsgesteinen“ (Sitzungsber. d. Kgl. Bayer. Akad. d. Wiss. 1910) beschrieben, weshalb ich mich hier kurz fassen kann.

Zunächst hat man überall nur die Gesteinsvarietät, welche auch allenthalben in der Umgegend von Waldkirchen ansteht, und die im PENN'schen Steinbruche abgebaut wird: ein dunkles ziemlich feinkörniges Gestein, durchsetzt von kleinen dunklen Putzen von Hornblende mit Schwefelkies. GÜMBEL, welcher dieses Vorkommen noch nicht kannte, wohl aber Findlinge davon in der Umgebung gesehen hatte, nennt das Gestein Diorit.

Der mikroskopische Befund entspricht dem nicht ganz. Die dunklen Gemengteile sind wesentlich Biotit, aber unter den Feldspäten überwiegt stark der Orthoklas über den Oligoklas und Andesin; dazu kommt Quarz, der fast immer gerundet ist, gern Einschlüsse in den Feldspäten bildet und auch in granophyrische Verwachsungen eintritt. Die Struktur ist eigentümlich panidiomorph-körnig, daher ist dieses Gestein in die Nähe der von ROSENBUSCH so genannten Glimmermalchite zu stellen; weil aber hier der Orthoklas überwiegt, möge es Orthoklasmalchit heißen, ein Name, der jedenfalls bezeichnender ist, als der von ANDREAE seinerzeit vorgeschlagene: Biotitaplit.

Schon im Steinbruche von Penn sind diese Malchite vielfach durchzogen von hellen kleinen, etwa fingerstarken granitischen Gängen, welche oft ein Netzwerk bilden, das dunkle Gestein breccienartig in sich schließen.

Weiter gegen Reichermühle zu werden diese Gänge von Granit weniger häufig, aber immer mächtiger, der Malchit sieht schließlich nur mehr in meist kugelig ausgewitterten Partien in den Böschungen aus dem Granite heraus.

Bei Erlauzwiesel allerdings besteht eine derartige Kugel oder Scholle aus unfrischem etwas schieferigem Hornblendegabbro oder Amphibotit.

Unter dem Mikroskop erkennt man darin ein gabbroides Gestein, zusammengesetzt aus Labradorit, farblosem monoklinem Augit und brauner Hornblende, welche letztere immer enge mit dem Pyroxene verwachsen ist. Möglicherweise entspricht dieses Gestein den später zu beschreibenden Mangeriten, doch ist bei seiner Unfrische eine genauere Untersuchung nicht möglich.

Bei der Reichermühle ändert sich das Bild. Es beginnen mittelkörnige helle Gesteine, meist frei von dunklen Gemengteilen, dafür aber Granaten in zunehmender Menge führend. Vielfach treten kleine dunkle Schlieren, manchmal auch eckige Schollen darin auf. Verschwommen begrenzte Partien von Zweiglimmergranit lassen sich manchmal gut unterscheiden von den schon aus der Waldkirchener Gegend her bekannten Granitgängen, die auch hier noch das ganze Gebiet durchziehen.

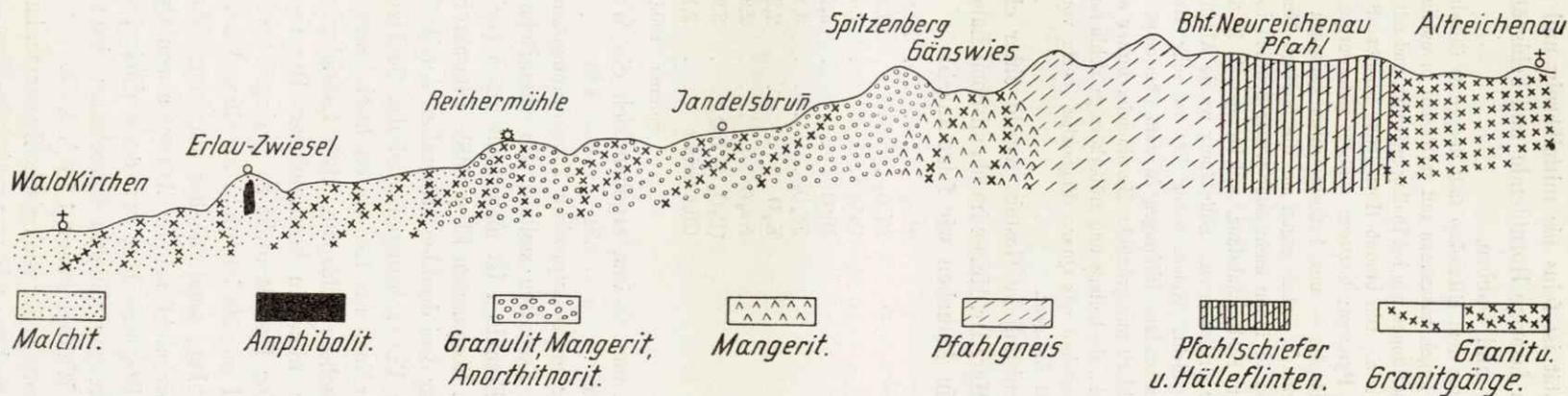
Den schönsten Aufschluß gewährt der Bahneinschnitt am Spitzenberg, NO. Jandelsbrunn.

In meiner oben zitierten Publikation habe ich die schlierig ineinander verwobenen, teilweise auch schollenartig auftretenden verschiedenen Varietäten genau beschrieben; es handelt sich um Zweiglimmergranit, Plagioklasgranulit Quarzaugitdiorit (Mangerit) und Anorthitnorit.

Da diese Gesteine mit dem Orthoklasmalchit die gleiche aplitische Struktur teilen, glaube ich, daß sie mit ihm zusammengebildete Differenzierungsprodukte eines einheitlichen Schmelzflusses darstellen, in welche später Granitgänge eingedrungen sind. —

Diese Granitgänge, meist sehr feinkörnig und ziemlich reich an Biotit, erstrecken sich auch noch über das anschließende Areal der sogen. Gänsweise. Aber das von den Gängen durchschwärmte Gestein hat andere Zusammensetzung und sein Zusammenhang mit den vorigen Typen ist nicht recht aufgeschlossen.

Schematisches Geologisches Profil Waldkirchen-Altreichenau.



Diese Varietät ist fein- bis mittelkörnig und läßt für das freie Auge nur sehr viel Biotit, etwas faserige Hornblende und Feldspäte erkennen; es macht den Eindruck von Diorit und Gabbro.

Unter dem Mikroskop fällt der große Gehalt an Biotit zunächst in die Augen; die Blättchen liegen zusammen mit farblosem monoklinem Augit, der gelegentlich Andeutung von Interpositionen wie bei Diallag aufweist, und mit bräunlicher Hornblende mit $c : c = 22^\circ$ und $b > c > a$. Die braune Hornblende umgibt oft in paralleler Fortwachsung der Spalt- risse den Pyroxen; letzterer schließt gelegentlich wieder den Biotit ein. Die vorhandenen Feldspäte — nur Andesin wurde gefunden — haben ihre Ausscheidung ziemlich frühe begonnen, daher gegen sie die farbigen Mineralien oft lappig begrenzt sind. Oft findet man in ihnen mehr oder wenig deutlich begrenzte Flecke einer schwächer lichtbrechenden Feldspatsubstanz, welche niemals Zwillingslamellierung zeigt und vielleicht Albit oder Orthoklas ist. Selbständig wurde Alkalifeldspat sonst nicht gefunden. Quarz überhaupt nicht. Neben wenig Erz ist sehr viel Apatit allenthalben verstreut, dazu kommen sekundäre Bildungen in dem überhaupt nicht ganz frischen Gesteine, nämlich Epidot, Chlorit und grünliche Hornblende, ferner sehr viel Muskovit in den Feldspäten. — Kleine, schmale hellere und gröberkörnige Schlieren, welche manchmal das Gestein durchziehen, bestehen aus Quarz, Plagioklas, beide von farblosen Hornblendennadeln durchzogen, und Kalkspat.

Dieses eigentümliche Gestein wurde einer chemischen Analyse unterworfen, deren Resultate Herr Dr. HOPPE im chemischen Laboratorium der Herren Dr. BENDER und Dr. HOBEIN in München wie folgt angab:

SiO ₂	50,57
Al ₂ O ₃	16,35
CaO	7,39
MgO	5,26
Fe ₂ O ₃	9,42
K ₂ O	2,29
Na ₂ O	2,68
(P ₂ O ₅ + TiO ₂)	3,92
Glühverlust	2,12
Summe	100,00

Berechnet nach OSANN, ergeben sich die Werte:

$$s = 57,95 \quad a = 2,94 \quad c = 4,21 \quad f = 12,84 \quad n = 6,51.$$

Wegen der mikroskopischen Zusammensetzung möchte man das Gestein am liebsten zu den Essexiten stellen; die chemische Analyse spricht nicht dagegen, denn auch bei Essexiten ist manchmal $c > a$ (vgl. das Vorkommen von Moltenborough, zit. b. ROSENBUSCH El. p. 238). Charakteristisch gilt doch für Essexite die Kombination aller drei dunklen Mineralien Augit, Hornblende und Biotit, besonders in gegenseitigen Verwachsungen, und das fleckige Aussehen der Plagioklase. Der Andesin ist allerdings für Essexit reichlich sauer, doch scheinen nach der Analyse wohl auch basischere Feldspäte, etwa Labradorit nicht zu fehlen, wenn sie auch im Schlicke sich nicht in bestimmbareren Durchschnitten fanden. Der Gehalt an Alkalien wäre für Essexit nicht zu gering.

Gleichwohl möchte ich nicht an einen Vertreter einer ganz anderen Gesteinsprovinz hier denken, sondern eher annehmen, daß auch hier ein Mangerit vorliegt. Schon das nicht seltene Auftreten von Quarz auf den schmalen Schlieren wird man zur Diagnose hier verwerten dürfen, weiterhin aber den Mangel aller Alkaligesteine in der näheren Umgebung; denn die durchsetzenden Granitgänge führen wie die Waldkirchener 1,78% Kalk.

Wenn allerdings der geologische Zusammenhang nicht so aufgehellt ist, wie hier möchte es oft sehr schwer sein, monzonitartige Mangerite von Essexiten zu unterscheiden

In dem tiefen Bahneinschnitte vor Neureichenau tritt plötzlich wieder eine ganz andere Gesteinsart auf; es sind schlierige granitische Gesteine mit vielen dunklen Putzen und dunklen flaserigen Anreicherungen wesentlich aus Biotit, übergehend in „Augengneise“ oder Kristallgranit. Je mehr man sich Neureichenau nähert, desto stärker tritt die Flaserung hervor.

Hier liegt nichts anderes vor als Pfahlgneis, „Palit“, wie ihn A. FRENTZEL genannt hat, Syenitgranit im Sinne GÜMBELS, wie er besonders an der Südseite den Pfahlzug schon von Oedhof in der Oberpfalz her in größerer oder geringerer Breite begleitet. Die groben „Kristallgranite“ bei Oedhof, am Bahnhof Grafenau und am Eingang der Buchberger Leite bei Freyung gehören sicher hierher.

In einer früheren Arbeit „Studien an den Pfahlschiefern“ (dieses Jahreshaft) habe ich ausgeführt, daß hier im wesentlichen Mischgesteine vorliegen und gerade in der Schlucht vor dem Bahnhofe Neureichenau habe ich den Fund gemacht, der deutlich bewies, daß aplitische Adern bei der Zusammensetzung mitgewirkt haben, und daß die Feldspatpartien nichts anderes sind als allerdings teilweise riesige abgeschnürte Partien dieser Aplite; den reichen Glimmer- und stellenweisen Hornblendegehalt führte ich auf Reste von Sedimenten zurück, auf Tonschiefer, die einer Injektion durch die Aplite unterlegen waren.

Es ist nun nicht unbedingt nötig, daß gerade klastische Sedimente es waren, welche diese Glimmerbildung bedingten; es wäre auch möglich, daß es sich um ursprüngliche basische glimmerreiche Ausscheidungen aus dem Schmelzflusse selbst, vielleicht nach Metamorphose oder gar Resorption von Nebengestein handelte. Denn der Gehalt an diesen dunklen Gemengteilen wechselt und scheint von der Oberpfalz her gegen die böhmische Grenze ziemlich konstant zuzunehmen, also längs des Pfahles selbst, während allenthalben auf den Pfahl zu eine Anreicherung nicht beobachtet wird, abgesehen von der scheinbaren Zunahme, welche durch die Verdrückung bedingt wird.

Aber daß hier allenthalben Mischung, d. h. zeitlich verschiedene Ausbildung stattgefunden hat, glaube ich durch meine früheren Deduktionen über jeden Zweifel erhoben zu haben. Mit der eigentlichen Pfahlbildung hat die Formierung dieser Gesteine, wie ich gleichfalls, unter Benutzung einer Beobachtung von J. LEHMANN, nachweisen konnte, nichts zu tun, so weit es die große Dislokation selbst betrifft.

Der Verband nun, in welchem hier diese eigentlichen Pfahlgesteine zu den vorhergehenden Mangeriten etc. stehen, ist nicht aufgeschlossen. Aber, wie es scheint, wird sich an anderen Stellen der Zusammenhang feststellen lassen, nämlich an der neuen Straße bei Schönberg. Dort hat man den Eindruck, als wären die Pfahlgesteine ältere Bildungen als der dort anstoßende normale Granit; doch sind die Beobachtungen und Untersuchungen noch nicht weit genug gediehen, um eine klare Übersicht zu gewähren. —

In der erwähnten Arbeit habe ich noch einen Rest von Pfahlschiefern bezüglich ihrer Abkunft nicht genügend klarstellen können; es sind das die merkwürdigen, auch für GÜMBEL schon schwer erklärlichen grünen, oft serpentinarartigen Schiefer, welche direkt am Anschnitte gegenüber dem Bahnhofe Neureichenau in vertikaler Richtung austreichen.

Das dortige Profil zeigt lauter senkrechte Bänke und dünngeschichtete Lagen, die in ihrer Zusammensetzung ziemlich wechseln. Zum Teile sind es, ohne weiteres

erkennbar, gepreßte Granitgänge, teilweise auch Hälleflint-artige Schiefer, wie sie allenthalben am Pfahle in der Nähe der Quarzgänge auftreten. Unter dem Mikroskop zeigen diese genau die gleiche Zusammensetzung wie anderswo, dünne Lagen von Sericit durchziehen ein ganz feinkörniges Gemenge von Feldspat und Quarz, um einzelne größere noch nicht ganz verdrückte, aber schon sehr gerundete Feldspäte schlingen sich diese Strähne herum, wie die Lider um das Auge.

Nun findet sich aber dazwischen auch das oben erwähnte hellbläuliche bis hellgrünliche ganz dichte Gestein, nichts weniger als deutlich geschiefert, sondern in massigen vertikalen Bänken. Es hat ganz den Habitus von Serpentin oder dichten Chlorit, ist aber zu hart dafür. Die bei GÜMBEL angegebene und von mir zitierte Analyse gibt einen verhältnismäßig geringen Kieselsäuregehalt von nur 58% an.

Ich glaubte ursprünglich, dieses auch chemisch so sehr von der Zusammensetzung der Pfahlhälleflinten abweichende Gestein seiner Herkunft nach auf Diorite oder Gabbros beziehen zu müssen, die ja, wie unser Profil angibt, in nicht zu großer Ferne anstehen; von dieser Vermutung bin ich aber nach der vollständigen Eröffnung der Aufschlüsse abgekommen; denn der Zusammenhang mit dem gewöhnlichen normalen „Pfahlgneise“ ist jetzt gründlich erschlossen, so daß man die Reihe der Varietäten in ihren verschiedenen Verquetschungsstadien deutlich verfolgen kann. Es ist hier die Abart nur deswegen eine andere und schwer kenntliche, weil das Ausgangsgestein des Schiefers, also das Mischgestein, außergewöhnlich viel dunkle Gemengteile enthielt, woher auch die abweichende basische Zusammensetzung kommt.

Unter dem Mikroskop ist der Gehalt an Glimmer und Sericit auffallend gering; fast nirgends bildet dies Mineral zusammenhängende Bänder wie sonst; dagegen ist die Umwandlung hier wohl am weitesten gediehen; Chlorit bildet verstreute Schuppen, und massenhaft kleine Körnchen von Epidot, oft serienweise aneinandergebunden, durchziehen das Gefüge der kleinsten gequetschten Feldspäte und Quarze. Dazu gesellen sich fadenartige Gebilde von Erz.

So sind es also mikroskopisch nicht sehr wesentliche Unterschiede, welche für das freie Auge ein so abweichendes Aussehen bedingen, und GÜMBEL hatte im allgemeinen ganz recht, wenn er vermutete, es handle sich hier um eine Vermengung von dichter feldspatiger Grundmasse mit einem chloritischen Mineral; er hat dabei nur den reichlichen Epidot, den sicher vorhandenen Quarz und das Erz nicht beachtet. —

Daß hier, wo so gut wie gar kein Quarzgang sichtbar ist, die intensivste Umwandlung stattgefunden hat, ist leicht verständlich. Nach eingetretenem Bruche wurden an der Verwerfungsstelle die beiden Lippen doch irgendwie gegeneinander bewegt, wenn auch an verschiedenen Stellen in verschiedenem Sinne, wie das schon von GÜMBEL konstatierte Wechseln im Einfallen der Schiefer und des Quarzganges nach NO. oder SW. bezeugt. Dabei mußten gelegentlich auf beiden Seiten Vorwölbungen einander gegenüber zu liegen kommen, an denen sich die stärkste Druckwirkung geltend machte; hier konnte dann keine Quarzfällung eintreten, wie das Beispiel von Neureichenau lehrt. Aber durch derartige Berührungsstellen mußten in der Umgebung andernteils Einbuchtungen der Bruchlippen einander gegenüber zu stehen kommen, welche klaffende Risse bildeten, die der nach meiner Ansicht schmelzflüssigen Kieselsäure Gelegenheit zum Aufdringen gegeben haben. Daher die so verschiedene Mächtigkeit des Pfahlquarzes, sein Auftreten oft nur

in ganz feinen Adern in der weiteren Umgebung, die den Arbeitern dort sehr bekannte Erscheinung, daß ein ziemlich mächtiges Quarzvorkommen nach der Tiefe zu plötzlich aufhört, und daß stellenweise der Quarzstrom durch eine zwischen die Bruchränder eingesunkene Scholle in mehrere Gänge verteilt wurde.

Es ist das genau das Verhalten wie bei der Entstehung von Erzgängen und liefert einen interessanten Beitrag zu der Frage, ob Spalten klaffen können; diese ist demnach unbedingt zu bejahen, weil beiderseitige Hervorragungen, sobald sie aufeinander treffen, auf größere Entfernungen hin ein Klaffen der Bruchränder verursachen müssen; das braucht allerdings an einer bestimmten Stelle nicht ganz bis zum Schmelzflusse zu reichen, aber durch Wiederholung an anderen Stellen wird eine netzförmige Kombination von Spalten hergestellt. —

Wenn wir also die Pfahlschiefer in ihrer Gesamtheit überblicken, so haben wir in ihnen sicher Zermalmungsprodukte zu sehen, wie man das ja längst erkannt hat. Aber nur an den Stellen, wo es sich um Sericitbildung in ihnen handelt, sind es aplitische oder wenigstens biotitarmer Granite gewesen, welche das Ausgangsmaterial bildeten. Wo aber ein größerer Reichtum an Biotit in dem ursprünglichen Pfahlgesteine vorhanden war, drückt sich dieser auch aus im Pfahlschiefer, teils makroskopisch in dunklerer Färbung überhaupt, teils in hälleflintartiger Bänderung, und unter dem Mikroskope durch großen Reichtum an kleinsten Biotitblättchen, welche niemals die zusammenhängenden Züge wie Sericit bilden. In ganz ähnlicher Art kennt man von der Verwerfung an den Husquarna-Fällen beim Wettersee in Schweden teils Sericitschiefer, teils abwechselnd gebänderte Hälleflinten; die dunkleren Lagen der letzteren dürften ehemaligen tonereichen Sedimenten, oder vielleicht wahrscheinlicher dioritischen Schiefen entsprechen, in welche die Granitaplite eingedrungen sind. Beispiele für letzteren Vorgang kennt man ja aus Schweden verschiedene, auf der Insel Vaxholmen sind Vorgänge dieser Art deutlich zu verfolgen.

Ob es sich bei den Pfahlgneisen nur um injizierte Sedimente oder auch um injizierte Diorite etc. handelt, werden vielleicht spätere Untersuchungen noch klar erkennen lassen. —

Damit wäre der interessanteste Teil des Profiles geschildert. Es wäre noch beizufügen, daß ich am Bahnhofe von Neureichenau einen Klotz von Spateisenstein gefunden habe, dessen Herkunft ich aber nirgends nachweisen konnte. —

Weiter nach der böhmischen Grenze zu ist überall schöner grauer mittelkörniger Granit, zunächst noch manchmal mit kleinen Quarzadern durchzogen und manchmal schlierig verwachsen mit roten Granitarten. In der Nähe des Pfahles ganz bei Neureichenau ist auch der Granit selbst noch oft gepreßt, aber bald wird er wieder ganz normalkörnig, so daß der Eindruck verstärkt wird, den man auch sonst vielfach hat, daß die Quetschwirkung bei der Dislokation an der Südwestseite viel intensiver war, als an der Nordostseite, daß also wohl letztere gegen und teilweise wohl auch über die erstere bewegt wurde. —

