3. Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein.

Von Herrn Ernst Kalkowsky in Dresden.

Hierzu Tafel IV—XI und 3 Textfiguren.

1. Über die Entstehung der Oolithe sind seit nahezu zweihundert Jahren die mannigfaltigsten Ansichten ausgesprochen worden, die sich auf mancherlei Beobachtungen, besonders aber auf theoretische Studien stützten. Es gewann wohl die Ansicht das Übergewicht, die in den Kalkkügelchen der Oolithe anorganische Niederschläge aus dem Meereswasser in der Nähe des Strandes erblickte. Neuerdings sind nun die Kalkkügelchen als phytogen gedeutet worden, als erzeugt durch die Lebenstätigkeit niedriger Pflanzen.

Unter allen Oolithen sind es die Rogensteine im Buntsandstein Norddeutschlands, die den Anlaß zur Benennung dieses Kalksteintypus gegeben haben; das Vorkommen und die Verbreitung dieser Kalksteine ist allgemein bekannt, so daß darüber an dieser Stelle nichts gesagt zu werden braucht.

2. Mikroskopische Untersuchungen der Rogensteine sind bereits mehrfach ausgeführt, aber vielleicht nur zum Teil veröffentlicht worden. Aber sei es, daß das Material nicht in genügender Weise zur Verfügung gestanden hat, sei es, daß die Untersuchungen von einem unzutreffenden Gesichtspunkte aus ausgeführt wurden, es ergibt sich, daß über viele Erscheinungen des Aufbaues der Körner der Rogensteine bisher keine Mitteilungen veröffentlicht worden sind. Aus dem Aufbau der Körner ergibt sich die Art der Entstehung in unzweideutiger Weise, sobald man dabei außer den Oolithen auch die Stromatolithe berücksichtigt.

3. Unter dem neuen Namen Stromatolith werden Kalksteinmassen von besonderer Struktur und besonderem Aufbau verstanden, die mit dem Rogenstein im norddeutschen Buntsandstein zusammen vorkommen. Aus der deutschen geologischen Literatur sind diese auffälligen Massen in neuerer Zeit vollkommen verschwunden, nachdem sie auch früher nur kurz und ohne ihrem Wesen nach genauer erkannt zu sein erwähnt

worden waren. Die einzige noch halbwegs neuere allgemeine Erwähnung der nun als Stromatolithe zu bezeichnenden Massen sind die beiden folgenden Sätze, die C. F. NAUMANN 1862 in der zweiten Auflage seines Lehrbuches der Geognosie, Bd II, S. 741 niederschrieb: „Bei Wolfenbüttel findet sich eine eigentümliche Varietät des Rogensteins, deren Körner zu fußgroßen Kugeln und Knollen verwachsen sind, die sich von der übrigen Gesteinsmasse sehr bestimmt unterscheiden. Bei Winnrode dagegen kommt eine Varietät mit konzentrisch-schaliger Absonderung vor, welche daselbst unter dem Namen Napfstein bekannt ist und Schalen von mehreren Fuß Durchmesser zu allerlei häuslichem Gebrauche liefert."

Diese Napfsteine sind nun aber durchaus keine „Varietät des Rogensteins", sondern ihre Masse ist etwas wesentlich anderes, nämlich Stromatolith mit oder ohne Einmischung von Oolithkörnern. Der Name Stromatolith soll im Gegensatz zu Oolith Kalkmassen bezeichnen, die eine feine, mehr oder minder ebene Lagenstruktur besitzen im Gegensatz zu der zentrischen Struktur der Oolithkörner. Diese Stromatolithe sind vielen Geologen, die namentlich den Nordrand des Harzes genauer kennen, lange bekannt; große Stücke davon liegen in manchen Sammlungen, auf dem Bahnhof Harzburg ist ihrer eine ganze Menge in den Anlagen untergebracht, der viel betretene Fußpfad von Blankenburg nach Thale läuft kilometerlang über und neben Stromatolith, aber eine genauere Würdigung haben diese Massen nicht erfahren.

4. Ich selbst wurde mit den „Napfsteinen" erst bekannt, als mir am 16. September 1893 Herr Lehrer LUDWIG KNOOP in Börssum den auf Taf. XI, Fig. 1 abgebildeten freien Stock eines Stromatolithes gezeigt hatte; ich bin ihm auch sonst für mancherlei Mitteilungen zu lebhaftem Danke verpflichtet. Seitdem hatte ich, namentlich in den Jahren 1894 und 1895, dann aber auch noch vor einem Jahre, alles Material für die vorliegende Abhandlung auf wiederholten Ausflügen selbst gesammelt; die Veröffentlichung meiner Untersuchungen ist durch verschiedene Umstände so sehr verzögert worden, daß das *nonum prematur in annum* überreichlich erfüllt ist. Aber auch früher hätte ich wie jetzt meist keine Stellen angeben können, wo die eine oder andere Erscheinung gewiß wieder zu beobachten sein würde. Das liegt an der Art des Abbaues der Oolithe und Stromatolithe in den Steinbrüchen, die bei einer großen Menge von Abraum stets sich im einzelnen verändernde Profile aufweisen; oft genug deuten nur Gräben, lang sich hinziehende Vertiefungen im Gelände, die Stellen

an, wo einst der Rogenstein und mit ihm der Stromatolith zutage ausging.

5. Oolithe und Stromatolithe sind meist recht schwer zu guten, sehr dünnen Schliffen zu verarbeiten wegen des Unterschiedes in der Härte von Quarz und Kalkspat; doch können auch sehr dünn geschliffene Präparate noch mit Deckglas und Kanadabalsam bedeckt werden, wenn man den heißen Balsam mit einem Spatel über den Schliff streicht und dann das Präparat von der Deckglasseite her erwärmt. Es wurden über 300 Dünnschliffe von Oolithen und Stromatolithen angefertigt, zu denen die Platten bei dem Stromatolith stets, bei dem Oolith, sobald es irgend wie möglich war, in bestimmter Orientierung zur Schichtung, parallel und senkrecht zu derselben, geschnitten wurden. Auch eine Anzahl sehr großer Dünnschliffe wurde angefertigt, und die Mehrzahl der gesammelten Handstücke wurde ebenfalls nach orientierten Flächen angeschliffen und so gut wie möglich poliert.

Eine Anzahl schon untersuchter Dünnschliffe wurde nach teilweiser Befreiung von Deckglas und oberer Balsamschicht durch stark verdünnte Salzsäure entkalkt; man kann den an der unteren Balsamschicht festhaftenden Rückstand nach dem Auswaschen und Trocknen noch mit einer Lösung von gekochtem Balsam in Chloroform bedecken, um Dauerpräparate zu erhalten, doch sind für die Untersuchung die frisch entkalkten und nur mit Wasser bedeckten Präparate vorzuziehen.

Zur Untersuchung der Dünnschliffe wurde fast ausschließlich das von R. Fuess in Steglitz zuerst hierfür konstruierte Lupenstativ mit Polarisationseinrichtung benutzt; die Untersuchung mit einem schwachen Objektive unter dem Mikroskop ist nur gelegentlich einmal nötig; im allgemeinen genügt 6 bis 10 fache Vergrößerung, um alle Eigentümlichkeiten der Struktur zu erkennen; meist erkennt man sogar bei schwacher Vergrößerung und schnell wechselndem auffallenden und durchfallenden Lichte mehr als bei stärkerer Vergrößerung.

6. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung, zu zeigen, daß Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein durch Pflanzen gebildet worden sind; von Anfang an aber müssen schon Ausdrücke bei der Schilderung gebraucht werden, die sich auf Organismen beziehen. Doch muß auch die mineralische Beschaffenheit der Gesteinsmassen berücksichtigt werden, wie bei der Untersuchung aller unter Beihilfe von Tieren oder von Pflanzen entstandenen Kalksteine. Die Verknüpfung von Erscheinungen der organischen Welt mit denen der anorganischen, die vielen Teilen der

Geologie ihr eigentümliches Gepräge gibt, kommt hier in Frage. Die vorliegende Arbeit will weder eine rein petrographische noch eine paläontologische sein, wohl aber eine geologische, eine aus dem Gebiete der dynamischen Geologie.

7. Aus diesem Grunde können auch die allothigenen Gemengteile in den Oolithen und Stromatolithen hier in der Einleitung kurz besprochen werden.

An erster Stelle ist der Quarz zu erwähnen, dessen meist eckige Körnchen höchstens einen mittleren Durchmesser von 0,25 mm aufweisen, sonst aber bis zu den geringsten Dimensionen herabsinken. In den norddeutschen Rogensteinen ist ferner auffällig viel und meist recht wenig zersetzter brauner Biotit vorhanden. Es wurden ferner beobachtet Feldspäte, Muscovit, Granat, Turmalin usw., aber stets nur in vereinzelten Körnchen; wo später Quarz oder Sand erwähnt wird, da gehören dazu alle erwähnten und vielleicht noch manche andere Mineralien, mineralische Besonderheiten, deren Anwesenheit aber für die hier zu erläuternden Verhältnisse bedeutungslos ist. Neben den Sandkörnchen ist nun aber auch noch ganz feine allothigene Substanz vorhanden, die notgedrungen einfach als „Ton“ bezeichnet werden muß.

8. Authigene, primäre oder sekundäre Gemengteile der Oolithe und Stromatolithe sind Kalkspat, Dolomit und Eisenverbindungen, namentlich Hydroxyde, die die Gesteine rot bis braun färben. Obwohl nur ausnahmsweise kleine Würfel von Eisenkies oder Pseudomorphosen von Eisenhydroxyd nach Eisenkies beobachtet wurden, so scheint die primäre Farbe aller dieser Kalksteine doch hellgrau bis schwärzlichgrau gewesen zu sein; sichere Beweise statt dieser Vermutung kann ich nicht beibringen. Der Dolomit ist stets ein sekundärer Gemengteil; die Rogensteine erleiden bisweilen eine Metamorphose in Dolomit, doch sollen diese Verhältnisse im folgenden z. T. nur der Vollständigkeit halber kurz erwähnt werden, obwohl sie eine genauere Untersuchung verdienten.

Oolith.

I. Ooide.

9. Dem allgemein angenommenen Gebrauche nach bezeichnet der an und für sich recht törichte Name Oolith das ganze Gestein als solches, dessen einzelne Körner eben vorherrschend Kugelform mit besonderer Struktur haben. W. v. Gümbel ist von diesem Gebrauche abgewichen, indem

er die Namen Extoolith und Entoolith auf Strukturarten der einzelnen Kügelchen bezog, aber wohl mit Unrecht. Da sich aber ein Kunstausdruck als nötig erweist für die kugeligen Bestandteile der Oolithe, die doch nicht im gewöhnlichen mineralogischen Sinne Körner sind, vielmehr infolge ihres pflanzlichen Ursprungs eine besondere Struktur haben, so nenne ich ein solches einzelnes Korn „Ooid“, von ᾠοειδής, eiähnlich; der Hauptbestandteil eines „echten Oolithes“ sind Ooide. Die Häufung der Vokale in diesem Worte, die in einigen Zusammensetzungen noch ärger wird, möge man um des Anklanges an Oolith in den Kauf nehmen, da bei der Häufigkeit von Kugelbildungen in der organischen wie in der anorganischen Welt wirklich alle anderen möglichen Bezeichnungen schon in anderer Bedeutung in Gebrauch sind. Den internationalen Namen Oolith aber werden wir wohl niemals aufgeben können.

10. Die Ooide aller Rogensteine des norddeutschen Buntsandsteins haben eine eigene primäre Struktur, die am besten erhalten zu sein pflegt, wenn die Ooide durch ein reines Kalkzement zu einem festen Gestein primär verbunden worden waren. Sonst hat der kohlensaure Kalk der Ooide oft eine teilweise Umkristallisierung erfahren, die aber nur selten so weit gegangen ist, daß dadurch die primäre Struktur ganz zerstört wurde; meistens beeinträchtigt die Umkristallisierung die primäre Struktur der Ooide in nur sehr geringem Maße.

Die primäre Struktur tritt in den Dünnschliffen hervor durch die Größe der Kalkspatteilchen, durch ihre Form und Anordnung und durch die Verteilung und Anordnung allothigener Gemengteile, also von Sandkörnchen und Tonstäubchen. Nirgends aber ist etwas zu beobachten, was man der organischen Struktur des Kalkspates in anderen zoogenen oder phytogenen Kalksteinen gleichsetzen könnte: die organischen Bildner der Oolithe und Stromatolithe sind so klein gewesen, daß jetzt nur noch die Struktur ihrer Aggregate, ihrer Stöcke, Kormen oder wie man sonst sagen will, erhalten ist.

11. In diesem beschränkteren Sinne haben alle hier zu besprechenden Ooide eine besondere Struktur. Man findet in der Literatur wohl die Angabe, daß die Körner der Rogensteine eine unendliche Verschiedenheit der Ausbildung und Struktur aufwiesen; das ist aber nicht der Fall. Berücksichtigt man vor allem in den Dünnschliffen oder gelegentlich auch auf den polierten Flächen der Handstücke nur die durch den Mittelpunkt durchschnittenen Ooide — aus diesem Grunde

mußte von fast jedem besonders untersuchten Handstücke stets eine ganze Reihe von Schliffen hergestellt werden — so läßt sich die vermeintliche unendliche Verschiedenheit des Baues auf einige wenige Typen zurückführen. Die Mannigfaltigkeit beruht wesentlich auf den exzentrischen Schnitten, und da ist natürlich die Mannigfaltigkeit um so größer, je größer die Ooide sind. Von den einzelnen zentralen Schnitten durch die Ooide sind allerdings niemals zwei einander völlig gleich, was man wirklich mit Sicherheit behaupten kann. Es lohnt sich deshalb meist auch nicht, im folgenden einzelne Fundpunkte für Strukturverhältnisse anzugeben; in einigen wenigen Handstücken aber wird fast stets wenigstens die Mehrzahl der Typen vorhanden sein.

II. Kern der Ooide.

12. Als charakteristisch gerade für die Rogensteine der norddeutschen Buntsandsteine wird seit alters her angegeben, daß die Ooide niemals einen fremden Kern besäßen, daß sie vielmehr um einen idealen oder mathematischen Mittelpunkt herum zu weiterer Größe angewachsen seien. In der Tat finden sich Quarzkörnchen oder Biotitblättchen oder gar kalkige Gebilde von fremder organischer Form niemals im Zentrum der Ooide. Aber tonige Partikeln, die recht wohl als Anheftungspunkt für winzige organische Gebilde dienen konnten, sind auch im Kern der Ooide vorhanden, im Kern, in der zentralen Partie, die gerade in weitaus den meisten Fällen schon eine geringe Umkristallisierung zeigt. Das läßt sich besonders häufig erkennen an dem Auftreten von dreieckigen hellen Partien, die sich in günstig im Präparat vorhandenen recht dünnen Schnitten im polarisierten Lichte als Querschnitte durch Kristalle, wahrscheinlich Rhomboeder, bestimmen lassen. In dem zentralen Teile eines Schnittes durch ein Ooid können 3—7 und noch mehr solcher winziger Dreiecke zu sehen sein; zwischen ihnen ist die Masse durch den bei Seite geschobenen Ton weniger klar und weniger homogen.

13. Solche winzigen Kriställchen von Kalkspat sind das Anfangsstadium für weitere Entwickelung eines zentralen Kristalles, der gelegentlich einen fremden Kern vortäuschen kann. Nur in einem Oolith von Ilsenburg wurden solche größeren Rhomboeder als Kern der Ooide gefunden; sie bilden den Anfang zur Bildung von Entoolithen v. Gümbels, die stets ein Produkt der Metamorphose sind. (Siehe weiter unten im Abschnitt *57.*)

14. Wirkliche fremde Kerne kommen aber auch in den Ooiden der Rogensteine vor, sie sind sogar sehr häufig und auf angeschliffenen Flächen leicht mit bloßem Auge sichtbar in fast allen Vorkommnissen des Schlößchenberges bei Sangerhausen. Diese fremden Kerne sind ausnahmslos Plättchen und Stäbchen und Körnchen von einem ganz feinkörnigen Tonschiefer von heller, grünlichgrauer Farbe. Bei der Entkalkung von Präparaten bleiben diese Kerne unverändert zurück. Daß sie wirklich etwas dem Ooidgebilde Fremdes sind, nur der Körper sind, um den die Ablagerung des kohlensauren Kalkes stattgefunden hat, nur der Fremdkörper, auf dem sich organische Gebilde ansiedelten, geht auch daraus hervor, daß die meisten solcher Ooide mit Schieferkern nicht gut kugelförmig sind, sondern wenigstens etwas walzenförmig. Auf Taf. V, Fig. 1, ist ein solches schon stark walzenförmiges Ooid abgebildet. Die Ooide mit fremdem Kern sind meist stark in der Minderheit neben solchen ohne fremden Kern, und oft fehlen sie ganz.

III. Lagenstruktur der Ooide.

15. Um den Mittelpunkt oder den sonst irgendwie beschaffenen Kern der Ooide ist der kohlensaure Kalk nun in konzentrischen Lagen abgesetzt worden, die sich voneinander wesentlich durch geringe Verschiedenheit der Färbung oder in Dünnschliffen durch verschiedene Grade der Klarheit der Substanz unterscheiden. Es wechseln miteinander bald breitere, bald schmälere Lagen in der mannigfaltigsten Weise ab, ebenso mehr oder weniger klare Lagen. Eine Gesetzmäßigkeit in der Anzahl gleichbeschaffener Lagen, die aufeinanderfolgend nur durch eine äußerst feine Linie getrennt sind, oder in dem Auftreten verschieden breiter Lagen in der Nähe des Zentrums oder der Peripherie oder überhaupt in dem Auftreten einzelner Lagen von einer bestimmten Beschaffenheit ließ sich nicht erkennen.

16. Die Beschaffenheit der Lagen wird zu nicht geringem Teile durch den Gehalt an feinem Ton bedingt. Entkalkt man die Ooide, so bleiben von manchen Lagen kaum sichtbare Mengen, von anderen dagegen ganz bedeutende Mengen zurück, die wie scharfe Reifen auf dem tragenden Balsam liegen. Die tonreichen Lagen folgen ebenfalls ganz gesetzlos aufeinander, bald liegen sie vereinzelt, bald gedrängt nebeneinander. Ein Ooid hat bei seiner Entstehung eine Anzahl Wachstumsphasen seiner organischen Bildner durchmachen müssen. Diese organischen Bildner wuchsen periodenweise

kräftiger oder langsamer, sie nahmen periodenweise bald mehr, bald weniger anorganische Tonsubstanz zwischen sich auf, und zwar um so weniger Ton, je schneller sie wuchsen, oder je dichter sie nebeneinander entstanden. Aber irgendwie größere Quarzkörnchen haben die konzentrischen Lagen nie in sich aufgenommen; die Ooide enthalten ja auch oft Quarzkörnchen in sich, wie gleich gezeigt werden wird, aber niemals wurde weder in den frischen noch in den entkalkten Ooiden ein Quarzkorn in denjenigen Stellen der Ooide gefunden, die sich nur aus solchen konzentrischen Lagen zusammengesetzt erwiesen.

17. In der zentralen Partie, die bisweilen einen nicht unbeträchtlichen Durchmesser im Verhältnis zur Größe des Ooides haben kann, fehlt die konzentrische Struktur oft gänzlich, z. T. wenigstens infolge der bereits oben erwähnten Umkristallisierung. Dann aber folgen in allen Ooiden die konzentrischen Lagen in großer Anzahl aufeinander. So wurden z. B. auf der 1,5 mm langen Strecke von der zentralen Partie bis zum Rande eines Ooides 170 deutlich voneinander unterscheidbare Lagen bei etwas stärkerer Vergrößerung unter dem Mikroskop gezählt, so daß also die Lagen im Durchschnitt weniger als 10 μ dick sind. Mehrfache Zählungen ergaben immer ungefähr dasselbe Verhältnis.

18. Baut sich ein Ooid oder wenigstens ein Teil desselben nur aus solchen konzentrischen Lagen auf, die also geschlossene Kugelschalen sein müssen, so soll im folgenden die Struktur im ganzen als Lagenstruktur bezeichnet werden. (Vgl. Taf. IV, Fig. 1.) In diesem Begriff der Lagenstruktur ist immer mit einverstanden das Vorhandensein eines feinen radialen Aufbaues der einzelnen Lagen, der stets vorhanden ist.

IV. Feine radiale Struktur der Ooide.

19. Die einzelnen konzentrischen Lagen sind stets aus feinen Fäserchen von Kalkspat aufgebaut, die radial angeordnet sind. Es hängt ganz von dem Grade der Umkristallisierung der Ooide ab, ferner von der Menge des beigemischten feinsten Tones und nicht zum mindesten auch von der Güte des Präparates, wie deutlich die einzelnen radialen Elemente zu unterscheiden sind. Bei dem starken Lichtbrechungsvermögen des Kalkspates sind die einzelnen Fäserchen oft schwer abzugrenzen, aber doch kann angegeben werden, daß ihre Dicke höchstens 10 μ beträgt.

20. Die einzelnen Kalkspatfäserchen sind nun wahrscheinlich ein wenig längliche Kristallkörner, nicht Elemente von organogener Form, die etwa den Urteilchen der kalkigen Schalen oder Skeletten niedriger Tiere entsprächen. Bei der Lagenstruktur sind die länglichen Körner wohl stets so gestellt, daß ihre kristallographische Hauptachse recht genau radial nach dem Mittelpunkt des Ooides gerichtet ist. Als Beweis dafür können die später (Abschnitt *52*) zu besprechenden Kristallspitzen, die Ooide als Teile des Zementes zwischen den Ooiden umgeben, angeführt werden, deren Hauptachse ebenfalls ausnahmslos radial zum Mittelpunkt des betreffenden Ooides steht. Auch die scharfen Interferenzkreuze, die in sehr dünnen Schliffen von Ooiden mit reiner oder doch vorherrschender Lagenstruktur zwischen gekreuzten Nicols vorzüglich auftreten, können als Beweis für die radiale Anordnung der Hauptachsen der Kalkspatfäserchen gelten.

21. Sind also die Fäserchen nur Kristallkörner, Elemente, die vielleicht erst einer molekularen Umlagerung des kohlensauren Kalkes ihre Form verdanken, so läßt sich ihre Stärke nicht weiter zur Bestimmung der Größe der organischen Kalkbildner verwenden, außer daß vielleicht eben die Zahl 10 μ wieder ein äußerstes Maximum darstellt. Beinahe dasselbe gilt auch von der Dicke der konzentrischen Lagen der Ooide. Da viele Lagen weit weniger dick sind als 10 μ, so erhält man nur die Angabe, daß die organischen Bildner des kohlensauren Kalkes aus den Kalksalzen des Wassers, die Bildner, deren Stöcke oder Kormen in den Ooiden vorliegen, eine durchschnittliche Größe von wenigen Tausendsteln eines Millimeters gehabt haben müssen.

V. Spindelstruktur der Ooide.

22. Die feine radiale Struktur der konzentrischen Lagen ist meines Erachtens dadurch verursacht worden, daß die organischen Bildner selbst eine solche Anordnung besaßen. An Stellen des Ooides, wo sie eine solche radiale Anordnung nicht besaßen, bildete sich auch keine feine radiale Struktur des Kalkspates, ja nicht einmal die konzentrische Lagenstruktur heraus. Fast alle Ooide der Rogensteine im norddeutschen Buntsandstein haben nun auch noch Stellen, in denen eine wirre Lagerung der Kalkspatfäserchen oder -Körnchen herrscht. Das Vorkommen von Partien mit wirrer Lagerung und die damit Hand in Hand gehende Einmengung von allothigenen Gemengteilen erzeugt die besonderen Strukturformen, durch die diese Rogensteine ganz besonders ausgezeichnet sind.

23. In vielen Ooiden verschiedenster Vorkommnisse wird die reine Lagenstruktur durchbrochen durch gröbere Strahlen, die oft schon mit bloßem Auge auf angeschliffenen und polierten Stücken oder auf schwach angewitterten Bruchflächen der Oolithe gut und deutlich hervortreten, dabei aber ebenso festes und hartes Gefüge besitzen wie die konzentrisch struierten Partien. Aus der Form dieser groben Strahlen in genau zentralen Schnitten und aus der Zusammenstellung der Konturen auf diesen Schnitten mit denen auf stark exzentrischen läßt sich erkennen, daß die groben Strahlen in dem Falle der gleichmäßigsten, sozusagen schönsten Ausbildung die Form von meist ziemlich gestreckten Spindeln haben. Vgl. Taf. IV, Fig. 2 und 4. Aber auch hier wechselt das Verhältnis der Länge zur Breite der Spindeln beständig; das Wesentliche ist nur, daß diese Spindeln gegen den Mittelpunkt hin und stets auch gegen die Peripherie hin spitz auslaufen, sobald sie nur überhaupt zur vollen Entwickelung gelangt sind. Gelegentlich können die Spindeln auch stumpf nach außen aufhören, indem sie durch die überwuchernden konzentrischen Lagen unterdrückt wurden. Sind die Ooide nicht „ausgewachsen", dann tritt natürlich derselbe Fall der nicht fertig gewordenen Spindeln ein. Die Spindeln sind nicht selten auch etwas unregelmäßig gestaltet, indem sie teilweise seitlich miteinander verschmelzen, wie sich das sowohl in zentralen als auch besonders in stark exzentrischen Schnitten durch Ooide feststellen läßt.

24. Innerhalb der recht scharf begrenzten Spindeln herrscht wirre Lagerung der Kalkspatkörnchen; sie tragen nicht bei zur Erzeugung des Interferenzkreuzes zwischen gekreuzten Nicols. Die Spindeln erscheinen im Dünnschliff im auffallenden Lichte hell, im durchfallenden dunkel und trübe; sie enthalten meist nur wenig Ton, so daß sie nach der Entkalkung oft nur mit Mühe verfolgbar sind. Doch finden sich gelegentlich auch kleine Quarzkörnchen in den Spindeln eingewachsen. Einzelne konzentrische Lagen können von der Seite her stellenweise auch in die Spindeln hineinreichen oder durch sie ganz hindurchgehen, allein auch hier ist eine Gesetzmäßigkeit nicht feststellbar. Die Spindeln sind eben nur Partien, in denen die feine radiale Struktur ganz oder zum größten Teile fehlt. Sehr geneigt ist die Spindelmasse zur kristallinischen Umlagerung, zur Bildung gröberer Kristallkörner, wodurch sich dann die Spindeln noch kräftiger von der konzentrisch und radial struierten Masse abheben.

25. Die Anordnung der Spindeln in einem Ooid ist durchaus gesetzlos und unregelmäßig. Ob die Angaben von DEICKE in seiner für seine Zeit ganz hervorragenden Untersuchung: „Die Struktur des Roggensteins bei Bernburg“ in der Zeitschrift für die ges. Naturwissenschaften, Halle 1853, S. 188, sich auf diese Spindeln oder auf die in dem folgenden Abschnitt zu besprechenden Kegel beziehen, läßt sich nicht mit völliger Sicherheit entscheiden; jedenfalls fehlt bei beiden Strukturarten eine geometrische Anordnung der Strahlen. Auch lassen sich nicht Hauptstrahlen und Strahlen oder Spindeln mehrerer Ordnungen unterscheiden. Was eben zunächst die Spindeln anbetrifft, so sind sie in einem und demselben Ooid bald kurz, bald lang, bald dünn, bald dick, sie strahlen vom Mittelpunkt bald enger nebeneinander, bald mehr vereinzelt aus. Wenn die Ausbildung der Spindeln auch meist lange nicht so schön ist wie in dem zur Abbildung Taf. IV, Fig. 2, gewählten Ooid, so ist diese Strukturart doch überall wohl charakterisiert und leicht und scharf zu unterscheiden von der Kegelstruktur.

VI. Kegelstruktur der Ooide.

26. Bei der Spindelstruktur sind die Spindeln und die konzentrischen Lagen, die von ihnen durchbrochen werden, ungefähr gleich fest. Bei derjenigen Struktur, die als Kegelstruktur der Ooide bezeichnet werden soll, besteht ein Ooid aus mit ihren Spitzen gegen den Mittelpunkt konvergierenden kalkigen Kegeln, die voneinander durch die an Ton und Sand reiche Masse der „Interradien“ getrennt sind. Die Kegel haben einen rundlichen, mehr oder minder unregelmäßigen Querschnitt, und der Scheitelwinkel variiert auch zwischen weiten Grenzen. Die Form wird aus den Abbildungen Taf. IV, Fig. 3 und 5, besser zu erkennen sein als aus einer Schilderung. Die Kegel haben den oben beschriebenen Aufbau aus konzentrischen Lagen mit feiner radialer Struktur. Die Aufeinanderfolge der verschiedenartigen Lagen ist oft in allen Kegeln eines Ooides genau dieselbe, obwohl die Schalen benachbarter Kegel nicht in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Doch sind Ausnahmen von dieser Regel wohl vorhanden; es sind dann die Kegel wenigstens stellenweise jeder für sich mit seiner Phase weiter gewachsen. Der Krümmungsradius der Lagen der einzelnen Kegel ist oft etwas kleiner als der des ganzen Ooides an der betreffenden Stelle. Gerade dadurch erhalten die durch Verwitterung und Frost isolierten Ooide mit solchem Aufbau ihre höckerige Außenfläche; beim Schütteln

und Auswaschen solcher isolierten Ooide spalten dann wohl winzigste kleine Schälchen von den einzelnen Kegeln ab, den Beweis gebend, daß die einzelnen Kegel eines Ooides viel weniger innig miteinander verwachsen sind als die Teile eines Ooides mit Spindelstruktur. Bereits DEICKE[1]) gab eine verhältnismäßig recht gute Abbildung eines solchen Ooides mit Kegelstruktur.

27. Die Kegel werden voneinander getrennt durch die Interradien, wie die Massen bezeichnet werden sollen. Die Interradien enthalten auch noch Kalkspat, aber stets sind sie reich an Ton und vor allem an kleineren Sandkörnern. Eine besondere Struktur ist in ihnen nur insofern vorhanden, als radiale Anordnung der Elemente noch immerhin deutlich, Lagenstruktur aber gar nicht vorhanden ist. Die Masse der Interradien ist also noch nicht einfach ein Mergel, wie er als Zement der Ooide auftreten kann. Werden die Schliffe entkalkt, so bleiben die Interradien ausgeprägt liegen, obwohl auch aus ihnen Bläschen von Kohlensäure in Menge aufsteigen. Bei sehr vorsichtigem Verfahren und mit sehr stark verdünnter Salzsäure arbeitend kann man sogar ganze isolierte Ooide entkalken, und es bleibt dann ein ganz lockeres Gerüst von Ton und Sand übrig; die kalkigen Kegel sind wenigstens nach außen hin mehr oder minder isoliert, die Interradien hängen untereinander zusammen.

28. In Dünnschliffen zählt man in zentralen Schnitten 6 bis 9 und mehr solcher Kegel; niemals ist in den Ooiden eines und desselben Handstückes, ja selbst nicht eines Präparates, eine gleichmäßige Zahl und Form der Kegel vorhanden. An isolierten Ooiden von ungefähr 4 mm Durchmesser von Cönnern wurden 19—44 Kegel auf der Oberfläche gezählt. Im allgemeinen sind bald wenig, bald viel einzelne Kegel in einem Ooid vorhanden, sie können aber auch vereinzelt neben sonst herrschender, reiner Lagenstruktur auftreten; es sind dann die Interradien auf einen Teil des Ooides beschränkt. Exzentrische, mehr tangentiale Schnitte durch Ooide, die aus viel Kegeln bestehen, zeigen einzelne kleine Kalkpartien von rundlichen Umrissen in Mergel liegend, die aber doch im Dünnschliff augenscheinlich ihre Zusammengehörigkeit zu einem Ooid offenbaren. Im polierten Handstück ist das bisweilen nicht so augenscheinlich, und zwar deshalb oder dann nicht, wenn die Masse der Interradien in bedeutendem Grade übereinstimmt mit der mergeligen Masse,

[1]) a. a. O. Taf. V, Fig. 1.

die die Ooide zu einem Oolith verbindet; nur sind in den Interradien die Quarzkörner doch stets kleiner und spärlicher als in dem Zement des betreffenden Gesteins.

29. Bei der Entstehung eines solchen Ooides mit Kegelstruktur wuchsen die organischen Bildner an einzelnen Stellen in konzentrischen Lagen mit ihrer feinen, radialen Struktur weiter, indem dabei die im Wasser schwebenden und dann sich an den Körper der wachsenden Ooide anlagernden Ton- und kleineren Sandteilchen von den organischen, lebenden Bildnern bei Seite geschoben wurden, angehäuft wurden in den Interradien, in denen wiederum die Kalkbildner zwar auch noch vorhanden waren, aber wegen der sich dort anhäufenden allothigenen Gemengteile nicht mehr normale, d. h. radiale und konzentrische Anordnung annehmen konnten, sondern nur noch mehr oder minder radiale. Es ist durchaus nicht abzusehen, wie sich ohne Zuhilfenahme von Lebensäußerungen organischer Wesen der Aufbau solcher Ooide aus Kegeln durch rein anorganische Vorgänge, etwa durch konkretionäre Bildungen in bewegtem Meereswasser, wie man vielfach gesagt hat, sollte erklären lassen. Wo sehen wir denn im Laboratorium oder in der Natur etwas Ähnliches?

VII. Ooidbrut.

30. Neben den Ooiden, die als „ausgewachsen" bezeichnet werden können, welche Größe sie auch sonst haben mögen, enthalten viele Rogensteine auch noch recht kleine Ooide, die als Brut bezeichnet werden mögen. Es paßt dieser Ausdruck zwar vom biologischen Standpunkt aus nicht recht, aber ich glaube doch, daß er gerade das Charakteristische der Erscheinungsweise zum Ausdruck bringt, weil man die einzelnen Ooide, die Stöcke, auch als Individuen auffassen kann. Die Größe der als Brut zu bezeichnenden Ooide beträgt im Mittel 0,25 mm; sie sinkt hinab bis zu 0,1 mm — nicht tiefer! — und andererseits kann man in manchen Vorkommnissen auch noch in Menge vorhandene Ooide von 0,5 mm zur Brut rechnen. Es tritt eben die Brut zunächst in starken Gegensatz zu ausgewachsenen Ooiden, wie das Taf. IV, Fig. 3, zeigt. Es gibt Rogensteine, in denen die ausgewachsenen Ooide einen 50—60 mal größeren Durchmesser besitzen als die Brut, mit der Masse nach gleichen Anteilen an ausgewachsenen Ooiden und Brut, ohne daß weder in zahlreichen Präparaten noch in den Handstücken auch nur ein Ooid von intermediärer Größe zu finden wäre. Andererseits gibt es Rogensteine, die ausschließlich aus Brut bestehen,

nämlich die 1807 von FREIESLEBEN unter dem Namen Hornmergel aufgeführten, von HOFFMANN 1823 „noch passender" (NAUMANN a. a. O. I, 515) Hornkalk genannten Vorkommnisse, die schon 1864 von W. E. VON BRAUN als „mikroskopischer Rogenstein" erkannt wurden[1]).

31. Die Ooidbrut hat wohl gewiß ursprünglich keine andere Struktur besessen als die zentralen Partien der ausgewachsenen Ooide. Wenn man aber bedenkt, daß eine Umkristallisierung des Kalkspates der Ooide doch wohl teilweise erst erfolgt ist, nachdem diese Stöcke abgestorben waren, so wird es verständlich, daß die Brut vielfach und namentlich gerade in ihren kleinsten Formen jetzt eine etwas besondere Struktur darbieten kann. Die Brut hat durch ihre ganze Größe eine mehr gleichmäßige Umkristallisierung erfahren; es konnten sich nicht die in Abschnitt *12* erwähnten Kriställchen bilden, es wurde vielmehr gleich die Struktur des ganzen Ooides gröber radialstrahlig mit dickeren Kristallfasern. Es fehlt ihnen meistens gut ausgebildete konzentrische Lagenstruktur, und sie scheinen bei ihren der Dicke der Präparate nahezu gleichen Durchmessern von der verkittenden Grundmasse des Gesteins nicht scharf getrennt zu sein. Doch kommt gelegentlich auch recht gute konzentrische Struktur in ihnen vor, und in den meisten Fällen sind wenigstens einige konzentrische Zonen zu unterscheiden. Irgend welche radiale Struktur ist in ihnen immer zu beobachten, Spindelstruktur mit stumpf nach außen endigenden Spindeln ist sogar sehr oft deutlich ausgebildet erhalten. Kegelstruktur gibt sich nur bisweilen durch gekerbten Rand der Durchschnitte zu erkennen; meist ist die Brut außen glatt.

VIII. Aufbau der Ooide.

32. Auf das Brutstadium soll gleich das Stadium der ausgewachsenen Ooide folgen; eine weitere Unterscheidung würde sich nicht genügend begründen lassen. Es gibt von der Brutgröße an alle Größen unter den Ooiden bis zu 7 mm Durchmesser im Maximum. Ich habe nur ein einziges Ooid in einem Mauerstein in Ilsenburg gesehen, das ungefähr 10 mm Durchmesser hatte. Es finden sich durchaus nicht größere Ooide in weiterer Verbreitung als von 7 mm Durchmesser, und auch solche Riesen sind nur in wenigen

[1]) Vgl. E. W. VON BRAUN: Beiträge zur Kenntnis der sphäroidischen Concretionen des kohlensauren Kalkes, in Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss., Halle 1864, S. 97.

Vorkommnissen vorhanden; ich fand sie bei Aderstedt bei Bernburg und bei Eggerode bei Thale am Harz. Alle in der Literatur vorhandenen Angaben über bis kirschgroße und noch größere Ooide sind irrtümlich oder beziehen sich nicht auf einheitliche Ooide, sondern auf weiter unten zu erwähnende Dinge.

33. Die besondere Struktur der Ooide ist nun zum Teil einfach abhängig von der Größe, indem größere Ooide im allgemeinen eine kompliziertere Struktur haben als kleinere. Sonst aber muß die Struktur abhängen von Wachstumsbedingungen, d. h. von den Lebensverhältnissen der organischen Bildner und von besonderen Verhältnissen der einzelnen Stöcke. Gelegentlich haben die meisten Ooide eines Oolithes ziemlich dieselbe Art der Struktur, doch herrscht bei großen Ooiden in einem Gestein fast niemals nur eine Strukturart. Umgekehrt ist es nicht selten der Fall, daß sich sehr verschiedene Strukturarten in einem und demselben Vorkommnis, ja in einem und demselben Präparat vorfinden. Auch können verschiedene Strukturverhältnisse in einer und derselben Bank in verschiedenen Niveaus vorkommen. Eine gewisse Abhängigkeit der Struktur der Ooide von der Beschaffenheit des ganzen Gesteins ist insofern zu erkennen, als die Kegelstruktur besonders gern dann auftritt, wenn im Zement zwischen den Ooiden auch viel allothigene Gemengteile vorhanden sind. Eine wesentliche Verschiedenheit der Struktur nach der geographischen Verbreitung habe ich mit Sicherheit nicht erkennen können.

34. Als erste Gruppe der Strukturarten sind diejenigen anzuführen. bei denen nur eine Art der oben in den Abschnitten *15—29* beschriebenen allein für sich in dem ganzen Ooid vorhanden ist oder doch ganz stark vorherrscht. Reine Lagenstruktur tritt nur ausnahmsweise auf, meist zeigen sich im Kern Andeutungen von Spindel- oder in der Peripherie Beginn der Kegelstruktur. Doch findet man gelegentlich vereinzelt auch recht große Ooide, die reine Lagenstruktur besitzen. Reine Spindelstruktur, bei der die Spindeln fast unmittelbar im Mittelpunkt beginnen und bis an die Peripherie reichen, ist nicht gerade selten, doch nur bei Ooiden vorhanden, die einen Durchmesser von höchstens 2 mm haben. Reine Kegelstruktur, bei der die Kegel wenigstens sehr nahe dem Mittelpunkt beginnen, ist auch nicht sehr häufig, doch erreichen solche Ooide selbst eine Größe von 3—4 mm Durchmesser; in den zentralen Partien kann man oft eine unbedeutende Entwickelung von Spindeln erkennen.

35. Eine zweite Gruppe von Ooiden zeigt zonenweise gemischte Struktur. Schon DEICKE unterschied solche Zonen im Aufbau der Ooide; ich ziehe es aber bei aller Achtung vor seinen Untersuchungen vor, doch nicht erst eine Deutung seiner Angaben nach den hier gegebenen Anschauungen zu versuchen. Das gewöhnliche Verhältnis ist nun das, daß Spindelstruktur im zentralen Teil, dagegen Lagen- und Kegelstruktur im übrigen Teil herrscht. Um einen Ooidkern mit reiner Spindelstruktur legt sich eine mehr oder minder breite Zone mit reiner Lagenstruktur, wie in Taf. IV, Fig. 1. Mehrmals wurde in Präparaten festgestellt, daß die größeren Ooide die kombinierte Struktur, die kleineren die einfache Spindelstruktur aufwiesen. Bei einem zweiten Typus folgt wie in Taf. IV, Fig. 3 und 5, auf die innere Spindelstruktur nach außen hin sogleich Kegelstruktur. Die Spindeln haben im auffallenden Licht in Präparaten, wie oben angegeben wurde, hellere Färbung als die Partien mit reiner Lagenstruktur zwischen ihnen, weil sie wesentlich aus wirr gelagerten und sehr kleinen Kalkspatkörnchen bestehen; die Interradien bei der Kegelstruktur dagegen sehen bei auffallendem Licht wegen ihres Reichtums an kleinen Quarzkörnchen dunkler aus als die Kegel. Deshalb scheint auf den ersten Blick kein Zusammenhang zwischen Spindeln und Interradien zu bestehen; aber doch fangen wenigstens meist die Interradien da an, wo die Spindeln aufhören. Es können aber die Interradien auch ganz unabhängig von den Enden der Spindeln auftreten. Besonders beachtenswert ist das Verhältnis, daß die umgekehrte Folge, innen Kegel und außen Spindeln, durchaus niemals vorkommt.

Seltener im allgemeinen ist der Aufbau der Ooide derart, daß die zentrale Partie Kegelstruktur, die peripherische reine Lagenstruktur aufweist. Dann können die Interradien sich entweder auskeilen, oder sie hören plötzlich auf, sie werden plötzlich von der reinen Lagenstruktur überwuchert. Bisweilen erscheinen in der peripherischen Partie mit reiner Lagenstruktur nochmals kleine Anläufe zur Kegelstruktur, ohne daß dann kleine Stückchen von Interradien den Habitus des Ooides im ganzen merklich ändern.

Nicht selten jedoch ist an den größeren, bisweilen aber auch an kleineren Ooiden ein Aufbau aus drei Zonen zu beobachten; es folgen aufeinander von innen nach außen: Spindel-, Kegel- und Lagenstruktur oder Spindel-, Lagen- und Kegelstruktur. Nur in einem Vorkommnis von der Asse

wurden vierzonige Ooide gefunden mit der Folge: Spindel-, Lagen-, Kegel- und nochmals Lagenstruktur.

36. Nach den in den vorigen beiden Abschnitten aufgezählten 8 oder 9 Typen sind alle Ooide aufgebaut, so verschieden die einzelnen Vorkommnisse auf den ersten Blick auch aussehen mögen. Die angeführten Typen sind nicht bloße Abstraktionen, sondern die wirklichen Repräsentanten vorkommender Arten des Aufbaues. Irgendwie komplizierterer Aufbau herrscht vor einfacherem vor, und hierdurch zeichnen sich die Rogensteine des norddeutschen Buntsandsteins in der Tat vor vielen Oolithen anderer Formationen aus. Und entspricht nicht der Aufbau von innen nach außen etwa mit Spindel-, Kegel-, Lagenstruktur den Angaben F. E. BRÜCKMANNs in seinem „Specimen physicum exhibens Historiam naturalem Oolithi seu Ovariorum piscium et concharum in saxa mutatorum", Helmstedt 1721, der in den Ooiden *„crustam, albumen et vitellum armatis oculis"* zu sehen glaubte?

37. Die Ooide mit fremdem Kern in Gestalt eines Schieferbruchstückes zeigen sonst keine besonderen Arten des Aufbaues; im allgemeinen aber haben sie weniger regelmäßigen Aufbau aus verschieden struierten Zonen als die Ooide ohne erkennbaren fremden Kern. Um den fremden Kern legen sich die ersten Lagen knapp an, und etwaige Unregelmäßigkeiten des Umrisses werden schnell ausgeglichen. Nur ausnahmsweise wurde beobachtet, daß neben dem fremden Kern noch ein besonderer organischer Mittelpunkt auftrat. Im ganzen weicht die Gestalt der Ooide mit fremdem Kern, die kaum einen größeren Durchmesser als von 3 mm erreichen, von der typischen Kugelform gern etwas ab; solche Ooide leiten hinüber zu den walzenförmigen Ooiden.

IX. Walzenförmige Ooide.

38. Ooide ohne fremden Kern haben nur ausnahmsweise nicht Kugelform, sondern die Gestalt von kurzen, dicken Walzen, während umgekehrt die mit fremdem Kern nur selten gute Kugelform aufweisen; ja es könnten die kreisrunden Durchschnitte mit fremdem Kern in den Präparaten nur Querschnitte durch kurze Walzen sein. Es muß betont werden, daß die etwas länglichen Körper ohne fremden Kern nicht etwa erst durch mechanische Einwirkung ihre Form erhalten haben, die, wie gezeigt werden wird, die Ooide in ganz anderer Weise angreift. Solche etwas länglichen Ooide haben primäre Form; sie finden sich gelegentlich einmal vor, und wenn sie in der

Brut, in den sog. Hornkalken, besonders häufig auftreten, so mag die Ursache davon sein, daß in Präparaten mit Brut ja unverhältnismäßig mehr Ooide zur Beobachtung gelangen als in Dünnschliffen mit einigen wenigen großen Ooiden.

Es gibt jedoch außer solchen nur wenig von der Kugelform abweichenden Ooiden auch solche, die eine ausgesprochen walzenförmige Gestalt haben, z. B. fünfmal so lang als dick sind. Solche Walzen bilden den Übergang zu Körpern, die geradezu als stabförmig zu bezeichnen sind. Und diese Stäbe sind unzweifelhaft, wenigstens in den meisten Fällen, nicht nur etwa als Querschnitte durch ganz platte Ooide zu deuten, sondern sie haben wirklich die Form dünner langer Walzen.

39. Die Struktur dieser stark walzenförmigen Ooide ist im allgemeinen auch viel weniger mannigfaltig als die der kugeligen Ooide. Konzentrische Lagenstruktur und radiale Struktur ist zwar stets vorhanden, oft aber recht undeutlich; Spindel- und Kegelstruktur ist nur in schlechter Ausbildung und dann auch noch nur selten zu beobachten. Wenn kein fremder Kern vorhanden ist (oder nur im Präparat nicht vorhanden ist?), zeigt die zentrale Partie, besonders der stabförmigen Ooide, eine wirre Lagerung der kleinsten Teilchen, sie ist also strukturlos. Eine Umkristallisierung der zentralen Partie wurde auch beobachtet. Auffällig sind die seltenen walzenförmigen Ooide, die auf der einen Seite von der Achse aus dicker sind als auf der anderen; an einigen orientierten Dünnschliffen konnte mit völliger Sicherheit festgestellt werden, daß die obere Seite, die nach dem Hangenden der Schicht gerichtete Seite horizontal liegender walzenförmiger Ooide, die dickere ist. Es scheint dieses mehr einseitige Wachstum im Zusammenhange zu stehen mit der Beschaffenheit des ganzen Gesteins; die walzenförmigen Ooide und besonders die stark gestreckten treten erstens in sehr sandreichen Gesteinen auf und zweitens in den Stromatolithen. In diesen letzteren erscheint es manchmal geradezu zweifelhaft, ob die extrem langen Formen, die bis zehn und noch mehr mal so lang als dick sein können, noch zu den Ooiden zu rechnen sind. Doch würde es schwer sein, eine Grenze zu ziehen, da sich alle Formen von den wenig von der Kugelform abweichenden bis zu den lang stabförmigen finden.

X. Hemiooide.

40. Als sehr merkwürdige und schwer zu erklärende Dinge treten in einigen wenigen Vorkommnissen von Oolithen

die Hemiooide auf. Mit diesem Namen werden halbierte Ooide, die dann noch weiter gewachsen sind, bezeichnet. Die Abbildung Taf. V, Fig. 2, mag zunächst eine Vorstellung von diesen Dingen geben. Im Handstück sind sie nur zu erkennen, wenn es Bruchflächen durch Ooide aufweist, und auch dann nur schwer. Obwohl ich mir beim Sammeln jedes Stück auch mit der Lupe angesehen habe, fand ich die Hemiooide doch erst in den Präparaten auf, da sie nur an einer Stelle verhältnismäßig häufig waren. Ein Hemiooid entsteht, indem Bruchstücke eines noch im Wachstum begriffenen, noch lebenden Ooides noch weiter wachsen. Nach der Zerstückelung überzieht die nächste sich bildende konzentrische Lage sofort auch die Bruchfläche, und dann geht das Wachstum mehr oder minder lange auf allen Seiten gleichmäßig fort, so als wenn dem Ooid überhaupt nichts passiert wäre. In weitaus den meisten Fällen sind die Bruchstücke Hälften von Ooiden, indem die Bruchfläche gerade durch den Mittelpunkt oder nur wenig davon entfernt hindurchgeht. Doch treten als Bruchstücke auch größere oder kleinere Kalotten oder Stücke auf, die auf eine Zerteilung eines Ooides in mehrere Stücke durch einen Akt hinweisen. Nur in einem Exemplar wurde ein zweimal zu verschiedenen Zeiten zerbrochenes Ooid gefunden: ein Ooidstück wuchs weiter, das noch wachsende Hemiooid wurde zum zweiten Male zerbrochen und wuchs auch dann noch weiter.

41. Die von der Spaltung betroffenen Ooide sind meist bereits recht groß gewesen; Bruchstücke von kleineren Ooiden sind sehr selten, und von der Brut wurde kaum jemals unter den Tausenden in Präparaten durchmusterter Individuen ein Bruchstück gefunden. Die Struktur der von der Zerstückelung betroffenen Ooide kann verschieden sein, doch herrscht mehr oder minder reine Lagenstruktur vor. Die Dicke der neuen Anlagerungen schwankt sehr, selbst in einem Präparat; manche Bruchstücke sind nur von wenigen umlaufenden Lagen umrindet, an anderen beträgt die Dicke der neuen Anlagerung vielleicht ein Drittel und mehr der Länge des Radius an der unversehrten Seite des Ooides. Gelegentlich zeigt sich in der neuen Hülle auch Kegelstruktur, auch über der Bruchfläche. Ganz unzweifelhaft aber verdankt die neue Anlagerung denselben Bildnern ihre Entstehung wie das ursprüngliche Ooid.

42. Die schönsten, größten und zahlreichsten Hemiooide fanden sich in einem Oolith, von dem ich einige wenige Stücke auf einem Felde unweit Aderstedt bei Bernburg wegen der

Größe der Ooide gesammelt hatte, ohne daß dort irgend etwas von anstehendem Gestein entblößt war. In den zahlreichen Dünnschliffen von diesem Vorkommnis waren von ungefähr 147 Ooiden 34 Hemiooide. Diese Zahlen geben aber wohl nicht das richtige Verhältnis, da von dem Handstück dünne Platten geschnitten wurden, und es somit möglich oder gar wahrscheinlich ist, daß bisweilen ein Ooid in zwei Schliffen zum Durchschnitt gelangt ist. Immerhin kann man behaupten, daß ungefähr der vierte Teil der großen Ooide dieses Vorkommnisses Hemiooide sind. In viel geringerer Anzahl wurden typische Hemiooide in Rogensteinen von Bründel bei Bernburg, von Wienrode bei Blankenburg am Harz und an der Asse bei Remmlingen in Braunschweig gefunden. Eine andere Art halber Ooide ohne umlaufende Hüllen wird weiter unten im Abschnitt *77* bei den Stromatolithen erwähnt werden.

43. Es ist recht schwierig, Anhaltspunkte für die Erklärung der Zerteilung der in den Hemiooiden vorhandenen Ooide zu finden. Eine mechanische Zertrümmerung der Ooide etwa durch den Wellenschlag erscheint ausgeschlossen, denn einer solchen Erklärung steht sowohl die Seltenheit der Hemiooide nach Vorkommnissen entgegen wie der Umstand, daß die Ooide stets einfach glatt zerteilt sind, ohne sonstige Beschädigungen aufzuweisen; Spuren irgend welcher Abrollung sind durchaus nirgends bei den Ooiden festzustellen, und bei den Hemiooiden kommt noch hinzu, daß die Bruchflächen wieder überhüllt wurden zugleich mit dem Weiterwachsen der unbeschädigten kugeligen Fläche, ohne daß die scharfen Kanten der Bruchfläche erst abgerundet wurden. Von Tieren, die durch ihr Gebiß oder sonstwie die Ooide zerteilt haben könnten, haben wir absolut keine Nachricht, da Tierreste in den Rogensteinen fehlen.

Nur eine Erklärung hat Anspruch auf Wahrscheinlichkeit, nämlich die, daß unter gewissen Verhältnissen wachsende oder noch lebensfähige Ooide ohne äußere Gewalt zerspringen konnten infolge von Spannungen in ihrer Masse. Zur Stütze dieser Anschauung kann folgendes herbeigezogen werden. Erstens sind es ganz vorherrschend große Ooide, die zerteilt wurden. Zweitens sind es solche ohne ausgeprägte Kegelstruktur, also solche, die eine sehr dichte, gleichmäßige Beschaffenheit haben. Drittens finden sich die Hemiooide nie ganz vereinzelt, sondern immer in größerer oder geringerer Anzahl; wenn in einem Präparat eines Vorkommnisses ein Hemiooid gefunden wird, dann wird man in weiteren Präparaten meist nicht vergebens darnach suchen.

Dieses Verhalten bedeutet, daß sich unter gleichen Lebensbedingungen auch gleiche Spannungen in den groß gewordenen Ooiden einstellen konnten. Wodurch die Spannungen entstanden sind, ist gewiß auch schwer zu erklären. Es ist aber wohl nicht undenkbar, daß im Mittelpunkt eines Ooides schon Umkristallisierung eintrat, während es in der Peripherie noch wuchs. Jedenfalls kann aber zur Erklärung des Zerspringens der Ooide der Umstand zur Hilfe herbeigezogen werden, daß die Ooide auf wenig angewitterten Bruchflächen von Oolithen gar nicht selten radiale, wenig tief eindringende Sprünge aufweisen, die nicht etwa ausgewitterte Spindeln oder Interradien sind. Neigung zum Zerspringen haben also die Ooide noch jetzt in den Gesteinen, ja es beruht wohl, wenigstens zum Teil, gerade darauf die Verwendbarkeit der Rogensteine zur Anfertigung bossierter Pflastersteine. Was aber die oben erwähnten gewissen Verhältnisse anbetrifft, unter denen die Ooide zerspringen konnten, so läßt es sich recht wohl vermuten, daß diese Ooide zeitweilig trocken lagen auf dem Strande; durch Austrocknen verlieren niedrigste Pflanzen nicht ihre Lebensfähigkeit.

XI. Ooidviellinge.

44. Obwohl die Ooide stets in Menge sich bildeten, so kommt doch nur recht selten der Fall vor, daß zwei kleine Ooide miteinander verwachsen, und dann doch jedes für sich weiter wächst. Zwischen den beiden Ooiden bildet sich dabei eine relativ ziemlich breite Zone mit wirrer, regelloser Struktur, über die keines der Ooide beim Weiterwachsen hinausgreift. Jedes Ooid ist dann einseitig im Wachstum behindert, und es bildet sich bis zum Aufhören des Wachstums keine gemeinschaftliche Hülle um beide Ooide. In der Abbildung Taf. IV, Fig. 6, sind sogar deutliche Lücken auf beiden Seiten der Berührungslinie zur Ausbildung gelangt. Mehrfach wurden zwei und drei Ooide in dieser Weise verwachsen beobachtet.

XII. Polyooide.

45. Den seltenen Ooidzwillingen und -drillingen stehen gegenüber die mehrkernigen Ooide oder Polyooide, bei denen mehrere kleine Ooide von weiteren gemeinsamen Hüllen mit gleicher Wachstumsphase umgeben werden wie in Taf. V, Fig. 4. Je nach der Anzahl derselben kann man von Binonen, Ternionen usw. sprechen. Die kleinen Ooide, die sich aneinander lagern, pflegen dieselbe Größe zu haben;

es kommt jedoch auch vor, daß sich an ein etwas größeres Ooid ein kleineres anlegt, und nun der Komplex beider alsbald von gemeinsamen Hüllen umgeben wird. Da es durchaus nur kleine Ooide, Brut, sind, die sich aneinander legen, so findet meist bald eine Ausgleichung der Winkel zwischen den Ooiden statt; das ausgewachsene Polyooid ist wieder eine regelmäßige oder doch ziemlich regelmäßige Kugel (*sit venia verbo*), namentlich wenn die Dicke der Hüllschichten den Durchmesser der aneinander gelagerten Ooide beträchtlich übertrifft. Die Polyooide finden sich auch nur ziemlich spärlich in sehr verschiedenartigen Oolithen; nur einmal wurden ihrer auffällig viele unter den sehr kleinen Ooiden eines immerhin noch als sehr feinkörnig zu bezeichnenden Rogensteins von Gr.-Leinungen bei Wallmoden am Südrande des Harzes gefunden. Ein Grund, weshalb sich einmal kleine Ooide zu Viellingen, ein andermal zu Polyooiden vereinen, ist nicht zu erkennen gewesen. Der verschiedenartige Aufbau bei beiderlei Dingen ist augenscheinlich.

XIII. Ooidbeutel.

46. Am Schlößchenberg bei Sangerhausen, in der Nähe von Ilsenburg und an der Asse finden sich Oolithe, die neben einzelnen Ooiden auch kleinere oder größere Partien von Ooiden enthalten, die von einer gemeinsamen Hülle umschlossen werden. Diese oft völlig geschlossenen Ooidbeutel sind schon auf dem Querbruch der Oolithe zu erkennen, oder sie treten auf Spaltungsflächen des Gesteins, namentlich wenn es schon etwas von der Verwitterung angegriffen ist, wie bei Ilsenburg, mit ihrer kontinuierlichen, buckeligen oder höckerigen Hülle hervor. Manche Beutel sind nur klein, mit 1—2 cm Durchmesser; sie mögen Anlaß gegeben haben zu der Erwähnung sehr großer Ooide, die wir in der Literatur finden. Andere Beutel, die stets flache Formen aufweisen, haben einen Durchmesser von 7—10 cm und eine Dicke von etwa 1,5—2,5 cm. Auch noch viel größere Beutel kommen vor, die erst recht flach, niemals annähernd dick, bauchig sind. Die Wand der Beutel, die Hülle um die Ooidpartien, ist stets verhältnismäßig dünn; sie war z. B. bei einem Beutel von 7 cm Durchmesser und 1,5 cm Höhe nur 0,6 mm dick. Infolge dieser Dünne erscheint eben die Oberfläche der Beutel kleinbuckelig, indem die größeren Ooide im Beutel diesen gleichsam stellenweise nach außen pressen. Mehrfach konnte beobachtet werden, daß die Beutel nicht ganz geschlossen waren; diese Erscheinung kann zweierlei

Ursachen haben, denn einmal kann die Hülle von Anfang an nicht völlig geschlossen gewesen sein, dann aber kann sie stellenweise später bei der Verfestigung des Gesteins zerstört, aufgelöst worden sein, ganz in der Art, wie auch Ooide teilweise aufgelöst worden sind, worüber in Kapitel XV. berichtet werden wird. Als extremer Fall der ursprünglich nicht ganz geschlossenen Beutel kann die Erscheinung angesehen werden, daß im Rogenstein wohlbegrenzte Partien von Rogenstein liegen, die ihren Eigenschaften nach mit dem Inhalt von Beuteln übereinstimmen, an denen aber im Querbruche eine Hülle nur stellenweise oder vielleicht gar nicht zu beobachten ist.

47. Die Hülle der Beutel, vgl. die Abbildungen Taf. IV, Fig. 6 und Taf. V, Fig. 3 und 4, hat stets dieselbe feine radiale und die konzentrische Struktur wie die Ooide; ein Unterschied im Habitus oder in den Größenverhältnissen der Kalkfäserchen konnte nicht wahrgenommen werden. Es kommt auch Kegelstruktur in der Beutelhülle vor, und dann liegen wohl auch bisweilen kleinere Ooide in den „Interradien" der Hülle, indem sie da hineingerieten als fremde Bestandteile, wie Ton und Sand. Größere Ooide, die an die Beutelhülle anstoßen, stehen sehr oft zu ihr in dem Verhältnis, daß die Lagen der Hülle sich vollkommen gleichmäßig den konzentrischen Lagen des Ooides anschmiegen, wie in Taf. V, Fig. 3; die Ooide scheinen in die Hülle weiterzuwachsen. In anderen Fällen ist ein merkliches Absetzen der Hülle gegen die Ooide trotz der konzentrisch weiter reichenden Lagenstruktur zu beobachten; eine besonders lichte Kalkzone oder eine äußerst dünne Lage von allothigenen Partikelchen trennt die Hülle von den Ooiden. Da nun bisweilen auch Ooide an der Hülle scharf abgeschnitten, zerteilt sind, ein Verhältnis, wie es erst weiter unter bei den Stromatolithen in Abschnitt *77* ausführlicher besprochen werden wird, so könnte man recht wohl auf den Gedanken kommen, die Bildner der Ooide und die Bildner der Beutelhüllen seien voneinander spezifisch verschieden, es wären dann die Beutelhüllen als dünnste Stromatolithe, wie sie in Abschnitt *79* erwähnt werden, aufzufassen. Eine sichere Entscheidung ist nicht möglich; sie ist allerdings auch ohne Belang.

48. Die Beutelhülle umschließt nun je nach der Größe der Beutel viele bis viele hundert und bis viele tausend Ooide, die miteinander durch ein Gesteinszement verbunden sind. Die Ooide im Beutel sind dabei nach Größe und Struktur, bei Sangerhausen auch mit den fremden Kernen, ganz identisch mit denen des ganzen Oolithes, oder es tritt in den

Beuteln neben den gleichen Ooiden auch noch eine große Menge Brut auf, die dem ganzen Gestein da, wo alle Ooide frei für sich liegen, durchaus fehlt. Recht oft ist das Zement zwischen den Ooiden in den Beuteln reich an Kalk, arm an Sand, während im Zement zwischen den freien Ooiden das Verhältnis das umgekehrte ist. Auf angeschliffenen, polierten Flächen treten die Beutel deshalb oft schon durch höhere Politur und bisweilen auch durch etwas abweichende Farbe hervor. Zu erwähnen ist endlich noch, daß auch Beutel nebst einer großen Anzahl weiterer Ooide nochmals von einer Beutelhülle umschlossen werden können, so daß also Beutel in Beuteln vorkommen.

49. Die Beutel treten bisweilen vereinzelt im Gestein auf, meist aber ist ihrer gleich eine größere Anzahl vorhanden, und dann liegen sie oft nebeneinander in einem bestimmten Niveau, voneinander durch größere oder kleinere Partien freier Ooide getrennt. Stets liegen die Beutel mit ihren größten Dimensionen parallel der Schichtung, und man gewinnt unwillkürlich den Eindruck, als sei die Hülle der Beutel biegsam gewesen; wie ein mit Erbsen nicht prall gefülltes Beutelchen von dünnem Zeug sich flach auf ebener Unterlage ausbreitet, so liegen diese Ooidbeutel da. Durch umgebendes und darüber liegendes Haufwerk von Ooiden können dann die Beutel vor der endgültigen Verfestigung schwach eckige und kantige Formen annehmen. Solche Beutel mit ihrem meist kalkreichen Zement können geradezu wie Bruchstücke von Oolith im Oolith aussehen.

50. Die Ooidbeutel sind offenbar von hervorragender Bedeutung für die genetischen Verhältnisse der Oolithe. Man kann sich vielleicht vorstellen, daß einzelne Ooide vom Wellenschlag bewegt werden und durch Niederschläge von Kalkkarbonat anorganischen Ursprungs wachsen; allein daß nun eine Handvoll Ooide schleunigst zu einem Ganzen ohne Sandkörner, dagegen gerade mit reichlicher Brut zusammenbacken soll, das ebenso wie die kleinen einzelnen Ooide von den Wellen bewegt wird, bis es mit einer nur nach einem Bruchteil eines Millimeters dicken Kruste allseitig umhüllt ist, das wird wohl niemand glauben mögen. Die Entstehung der Ooidbeutel durch organische Wesen wird erst klar werden durch die Besprechung anderer Verhältnisse. Denn es fragt sich zunächst, woher das Kalkspatzement innerhalb der Ooidbeutel herstammt.

XIV. Zement der Oolithe und Dispulsionsstruktur.

51. Fast alle Rogensteine des norddeutschen Buntsandsteins enthalten mehr oder weniger Ton und Sand, die in das Wasser hinausgeführt worden waren, in dem sich die Ooide bildeten, und zugleich mit diesen zum Niederschlag gelangten. Mögen die Rogensteine in dünnen oder mögen sie in mächtigeren Schichten auftreten, immer sind sie gut geschichtet, und die einzelnen Schichten sind im allgemeinen verschieden reich an diesem allothigenen Material. Aber auch in einer und derselben Schicht oder Bank wechselt der Gehalt an Ton und Sand beständig, wenngleich das oft durch bloße Beobachtung des Anstehenden nicht zu erkennen ist, nach einzelnen Lagen und auch im Streichen der Schichten. Und auch die Eisenoxyde sind ungleich nach Schichten und oft auch innerhalb der einzelnen Schicht verbreitet. Dasselbe gilt in noch höherem Maße von dem Gehalt an Kalkspat als Zement der Oolithe; schon innerhalb eines Präparates kann man oft genug an Kalkspat arme und reiche Partien unterscheiden. Der Kalkspat ist im Zement stets vorhanden ohne Ton und Sand oder mit denselben in den verschiedensten Verhältnissen. Er erscheint in unregelmäßig begrenzten Körnchen von geringer Größe, die wirr durcheinander liegen und ohne Zweifel einen authigenen Gemengteil der Oolithe bilden. Irgend welche Eigentümlichkeit der Struktur besitzen diese Kalkspatkörner nicht. Auffällig ist nur das recht häufige Auftreten von einzelnen Kriställchen in der Form des Grundrhomboeders, die auch den sonst unregelmäßig körnigen Aggregaten von Kalkspat eingelagert sein können. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Rhomboeder nicht aus reinem kohlensauren Kalk bestehen, sondern die Träger des geringen Magnesiumgehaltes sind, den die Analysen der Rogensteine aufweisen. Wenn grobe Kalkspatadern die Rogensteine oft ziemlich reichlich durchziehen, so verdanken diese offenbar sekundären Prozessen ihre Entstehung, vielleicht erst in der Zeit, nachdem die Gesteine aus der Tiefe emporgekommen waren und Lagerungsstörungen erlitten hatten.

52. Der Kalkspat des Zementes erfordert aber noch weitere Beachtung. In vielen Vorkommnissen sieht man die Ooide, namentlich größere, von einem Kranze von winzigen Kristallspitzen von Kalkspat umgeben, deren Hauptachse immer gegen den Mittelpunkt der Ooide gerichtet ist. Selbst größere Kalkspatindividuen des Zementes ohne Kristallform haben dieselbe optische Orientierung wie die Teile der Ooide, an die sie angrenzen. Die Kristallspitzen aber erzeugen

in den Oolithen wie sonst in vielen organogenen Kalksteinen die Struktur, die als Dispulsionsstruktur bezeichnet werden soll. Besonders in den an Zement-Kalkspat reichen Oolithen berühren sich die Ooide sehr oft nicht unmittelbar, sondern sie sind alle voneinander durch Zement-Kalkspat getrennt, mag dieser mit Kristallspitzen die Ooide umsäumen, wie sie in der Abbildung Taf. IV, Fig. 4, deutlich zu erkennen sind, oder nicht, was auch oft vorkommt. Diese Dispulsionsstruktur bietet die Abbildung Taf. IV, Fig. 3, in schwacher Vergrößerung dar. Nur ganz ausnahmsweise wurde es einmal beobachtet, daß durch solche Dispulsion Schalenstückchen von Ooiden abgetrennt worden waren; also waren die Ooide bei der Kristallisation des Zement-Kalkspates schon so fest, daß sie durch Kristallisationskräfte nicht mehr zerteilt werden konnten. Beiläufig bemerkt, es entspricht die Dispulsionsstruktur vollkommen der Struktur der Ringelerze in den Gängen.

53. Es gibt einige Vorkommnisse von Rogensteinen, in denen alle Ooide fast genau gleich groß sind, und die dabei nur äußerst wenig Ton und Sand enthalten; die Zwischenräume zwischen den Ooiden sind fast ausschließlich von kristallinischem Kalkspat so ausgefüllt, daß nirgends Poren vorhanden sind. Manche Oolithe scheinen wirklich das Maximum von Zement-Kalkspat zu enthalten, das dem Porenvolumen in einem lockeren Haufen von Kugeln entsprechen kann. Über die Herkunft dieses Zement-Kalkspats ist Bescheid zu geben. Denn es ist doch wohl in der Tat recht auffällig, in solchen Oolithen neben Kalkspatmassen mit einer besonderen, und zwar sehr feinen Struktur auch beinahe ebensoviel oder nicht viel weniger Kalkspat in Form von absolut reinen und strukturlosen Kristallkörnern zu finden. Solcher Kalkspat findet sich ja auch in zahllosen anderen Kalksteinen, und wir wissen über seine Herkunft herzlich wenig. Da zeigt sich nun in diesen Oolithen, daß die Ooide zwar alle möglichen Größen bis zu einem Maximum aufweisen können, daß aber durchaus niemals kleinere Ooide als von 0,1 mm Durchmesser vorkommen. Diese kleinsten Ooide zeigen noch stets besondere Struktur, und sie sind dabei doch noch lange nicht als mikroskopisch klein zu bezeichnen. Die kleinsten vorhandenen Ooide zeigen bereits deutlichste Wachstumserscheinungen, und zwar ganz bestimmt in den konzentrischen Lagen; sie haben gewiß ihre Größe erst allmählich erworben. Also müssen noch kleinere Stadien der Ooide bei der Bildung der Oolithe vorhanden gewesen sein. Nun wurde schon oben im Abschnitt *31* darauf hingewiesen,

daß die „Brut“ von Ooiden besonders starke Umkristallisierung zeigt, daß ihre Fasern gröber sind als die größerer Ooide. Da liegt es denn doch wohl nahe zu behaupten, daß die allerersten Anfangsstadien der Ooide so leicht der Umkristallisierung unterlagen, daß sie ganz zerfielen, ganz umgewandelt wurden, daß sie den Zement-Kalkspat lieferten. Bei der Besprechung der Typen der Oolithe wird es sich zeigen, daß augenscheinlich die Anhäufung der Ooide bisweilen so schnell vor sich ging, daß viele junge Kolonien, viele junge Ooide — sagen wir es nur geradezu — in dem Kampfe ums Dasein zugrunde gingen. Während einige Ooide noch wuchsen, begannen auch immer wieder andere ihr Dasein; die jeweilig jüngsten, denen durch Überschüttung mit größeren Ooiden, mit Ton und Sand die Lebensbedingungen entzogen wurden, zerfielen, und ihr Gehalt an Kalkkarbonat bildete das Zement für die größeren Ooide und die allothigenen Gemengteile.

Außer dieser ersten Herkunft des Zement-Kalkspates gibt es aber auch noch eine zweite.

XV. Impressionsstruktur.

54. In vorzüglicher Weise zeigen fast alle Rogensteine in bald stärkerem, bald geringerem Grade die Impressionsstruktur. Ich fasse unter dieser Bezeichnung alle Erscheinungen der Struktur in Kalksteinen zusammen, die in bekannter Weise durch Umsatz mechanischer Kräfte in chemisch wirksame erklärt werden können. Hier sind es die Ooide, in die Sandkörner, Rhomboeder des Zementes und auch Ooide eingepreßt werden. Immer und ausnahmslos geht die Impression ohne alle Deformation der Kugelform der Ooide vor sich; es wird einfach Kalkspat aufgelöst und weggeführt, und Ton und Sand bleiben liegen. Das wäre dann also die zweite Herkunft für den kohlensauren Kalk als Zement. Es kommen Dispulsions- und Impressionsstruktur zusammen in einem und demselben Stück vor, und darin ist kein Widerspruch vorhanden. Impression liefert den Kalkspat für Dispulsion; das Kalkkarbonat, das an einer Stelle aufgelöst wurde, setzte sich an anderer Stelle wieder als Kristallspitze oder Kristallkorn ab. Durch welche Vorgänge letzteres zu Stande kam, das zu erläutern, ist hier nicht der Ort. Denkbar wäre es, daß dabei auch eine weitere Wanderung des Kalkkarbonates stattfindet, so daß etwa in den an Zement-Kalkspat sehr reichen Oolithen, in denen überdies die Impressionsstruktur zu fehlen pflegt, nicht aller dieser Kalkspat von aufgelösten allerkleinsten

Ooiden herzurühren braucht, sondern aus der Nachbarschaft hinzugeführt worden sein kann. Zugleich mag aber noch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß der Vorgang der Auflösung der winzigsten, niemals mehr erhaltenen Ooide wohl nicht sehr verschieden gedacht zu werden braucht von den Vorgängen bei der Impression.

55. Die Erscheinungen der Impression zeigen sich in den Rogensteinen im großen in den weit verbreiteten Stylolithen, die meiner Ansicht nach nichts mit dem Gebirgsbau zu tun haben. Viel größere Wirkungen aber werden durch die Impression im kleinen erzielt. Eingepreßt werden in Ooide zunächst die größeren allothigenen Quarzkörner, dann aber auch die weichen Biotitblättchen und die anderen selteneren allothigenen Gemengteile. Je größer die Quarze sind, um so leichter scheinen sie in die Ooide einzudringen. So fand sich besonders in einem feinstkörnigen roten Rogenstein (Hornkalk) von Remmlingen an der Asse, dessen Gemengteile Ooid-Brut und etwas größere Quarzkörner mit nur sehr wenig Ton sind, die Impressionserscheinung in prachtvollster Weise ausgebildet. Beachtenswert ist die Leichtigkeit, mit der auch Biotitblättchen in die Ooide eindringen und die noch weicheren Rhomboeder des Zementes. Diese wohl Magnesia enthaltenden Rhomboeder zeigen ja schon durch ihre eigene gute Form, daß sie gebildet worden waren, ehe das übrige kristallinisch-körnige Kalkspatzement fest wurde; sie konnten somit noch ebenso wirken wie die Sandkörner.

In typischer Weise dringen nun auch Ooide in Ooide ein, und zwar wohl immer kleinere in größere, Körper mit kleinerem Krümmungsradius in solche mit größerem, ganz, wie das längst von den Geröllen der Kalknagelfluh bekannt ist. Mit zackigen Linien, mit wahrhaften mikroskopisch kleinen Stylolithen dringen die Ooide ineinander ein, und der Ton- und Sandgehalt des aufgelösten Teiles häuft sich nebst Eisenhydroxyden auf diesen Linien an, so daß sie oft sehr kräftig und dunkel hervortreten.

Unzweifelhaft ist somit auch die Impressionsstruktur neben kristallinischem Kalkzement die Ursache der Festigkeit der Rogensteine, namentlich gerade der an Zement-Kalkspat armen und an Sandkörnern reichen Varietäten. Die Impression der Ooide ineinander erzeugt im Gestein stets senkrecht gegen die Schichtflächen stehende Ketten von Ooiden, wie Taf. V, Fig. 5 zeigt, die auf angeschliffenen Flächen vielfach leicht erkennbar hervortreten; 4—7 und noch mehr Ooide hängen von oben nach unten hin zusammen,

während sie von ihren seitlichen Nachbarn mehr oder minder großen Abstand durch Zement besitzen. Auf polierten Flächen oder in Schliffen parallel der Schichtung findet man niemals solche Ketten, die vielleicht nur gewissen ganz grobkörnigen Rogensteinen und sonst denen mit fast reinem und reichlichem Kalkspat-Zement fehlen.

56. Impression zeigen die Ooide, wo sie überhaupt kräftiger auftritt, meist ganz gleichmäßig durch das ganze Gestein. Es treten aber auch oft besondere Lagen im Gestein hervor, in denen die Impressionserscheinungen besonders stark erscheinen, so daß oft nur ein kleiner Rest von den Ooiden übrig geblieben ist, wie Taf. V, Fig. 6 zeigt. Auflösungslagen kann man diese Lagen nennen. Sie sind überall auf den Querbrüchen der Oolithe leicht zu beobachten, da sie meist recht scharf begrenzt sind. Sie sind 1—2, in anderen Fällen bis über 10 mm mächtig und liegen vielfach in mehreren Niveaus übereinander, voneinander durch Oolith getrennt, der nur in geringem und makroskopisch nicht auffälligem Grade Impressionsstruktur besitzt. Die Auflösungslagen verlaufen immer der Schichtung parallel und sind überall in derselben Weise zu finden, ganz gleich, ob die Bänke ungestört horizontal liegen wie in der Gegend von Bernburg oder schwach aufgerichtet sind wie bei Sangerhausen oder stark aufgerichtet wie an der Asse oder gar überkippt wie am Nordrande des Harzes von Ilsenburg bis Thale. Ganz unzweifelhaft sind die Schichten mit stärkster Störung der Lagerung nicht mehr von Auflösungslagen durchzogen als die ungestört liegenden. Aus alledem folgt, daß eine mechanische Bewegung und Pressung der Schichten durch gebirgsbildende Kräfte nicht als Ursache weder der Auflösungslagen, noch der Impressionsstruktur, noch der Stylolithen als makroskopischer Fälle von Impressionsstruktur in Frage kommt. Es ist einzig und allein der Druck der zur Ablagerung gelangenden Massen auf imprimierbares Material, der schon zur Buntsandsteinzeit diese Impression und damit auch die Zementierung der Oolithe durch kristallinischen Kalkspat verursachte. Daß die, wie gesagt, stets der Schichtung parallel liegenden Auflösungslagen recht auffällig scharf begrenzt sind, läßt sich wieder durch die primäre Beschaffenheit der Ooide einer solchen Lage und vielleicht in geringerem Grade durch die Menge der sehr rasch auf einmal darüber abgelagerten Sedimente erklären. Die wenigen Verwerfungen, die ich durch Rogensteine im Anstehenden gesehen habe, sind ohne allen Einfluß auf die Beschaffenheit der Auflösungslagen geblieben.

XVI. Chemische Umwandlung der Ooide.

57. Es ist bereits erwähnt worden, daß so ziemlich alle Ooide in allen Vorkommnissen wenigstens in geringem Grade und namentlich in den zentralen Partien eine molekulare Umlagerung des kohlensauren Kalkes erfahren haben. In manchen Vorkommnissen greift eine solche Umwandlung oder Umkristallisierung weiter um sich; es bilden sich etwas größere Kristalle mit scharfer Begrenzung im Mittelpunkt der Ooide; es bleibt schließlich nur ein schmaler Rand mit der ursprünglichen feinen konzentrischen Struktur übrig. Es geht das Ooid mit primärer Struktur über in ein Gebilde, das von C. W. von Gümbel als Entoolith bezeichnet wurde. Meines Wissens sind Entoolithe niemals und nirgends primäre Bildungen, sondern nur Produkte einer chemischen Umwandlung. In den Rogensteinen läßt sich dieser Vorgang schrittweise verfolgen.

58. Nimmt an der Zusammensetzung der „Entoolithe", die gelegentlich z. B. bei Wallhausen am Südrande des Harzes, in Menge in einem Oolithe vorhanden sein können, noch kohlensaurer Kalk teil, so wandeln sich an anderen Stellen die Oolithe in ganzen Schichten in körnige Dolomite um. So z. B. in der Gegend von Cönnern; in den Erläuterungen zu Blatt Cönnern der Geologischen Spezialkarte von Preußen, Berlin 1884, gibt E. Kayser S. 12 nur an: „Der mittlere Teil des Untern Buntsandsteins ist durch Einschaltungen von schwachen Bänkchen eines gelblichen oder weißlichen körnigen Dolomites anstatt des Rogensteins ausgezeichnet." Die Dolomite sind aber gewiß aus Rogensteinen hervorgegangen; neben Stücken mit rein körniger Struktur findet man auf den Lesesteinhaufen z. B. bei Mucrena an der Saale auch Stücke, die manchmal besser, manchmal gleichsam nur schattenhaft die Ooide erkennen lassen sowohl im Handstück wie im Dünnschliff. Ich führe dieses Verhältnis hier nur der Vollständigkeit halber an; diese Dolomite sind gewiß weiterer eingehenderer Untersuchung wert, da ursprüngliche und umgewandelte Gesteine, wenn sie vielleicht auch nicht derselben Ablagerung angehören, so doch dicht nebeneinander vorkommen. So kann man auch z. B. bei Wallhausen am Südrande des Harzes sehr verschiedenartige Produkte der chemischen Umwandlung feinstkörniger Oolithe sammeln, vom reinen Kalkstein bis zum reinen Dolomit.

XVII. Typen der Oolithe.

59. Für die Frage nach der Entstehung der Oolithe ist es auch von Bedeutung darzulegen, wie die Ooide von verschiedener Größe und von verschiedener Struktur in den Gesteinen vorkommen, und welche Beziehungen zwischen den Ooiden und der Menge und Beschaffenheit des Zementes bestehen. Wie es möglich war, die auf den ersten Blick schier endlos verschiedenartig aufgebauten Ooide nach besonderen Typen zu klassifizieren, so lassen sich auch unter den Rogensteinen des norddeutschen Buntsandsteins verschiedene Typen auseinanderhalten. Es wird meist nicht schwer sein, ein gegebenes Vorkommnis einem bestimmten Typus zuzurechnen. Beachtenswert ist es auch, daß manche Typen, deren Vorhandensein man durch Vereinigung der zur Klassifikation benutzten Merkmale voraussetzen möchte, in der Natur nicht gefunden wurden. Es dienen aber als Kennzeichen der Typen die Größe der Ooide und die Beschaffenheit des Zementes. Im allgemeinen kommen Ooide in viererlei verschiedenen Gesteinen vor: in kalkigen Oolithen, in sandig-mergeligen Oolithen, in sehr feinkörnigen Sandsteinen und Mergeln, in Stromatolith-Kalksteinen. Über die letzte Gruppe wird erst bei der Besprechung der Stromatolithe zu berichten sein. Die beiden ersten Gruppen von Gesteinen werden aber besser zunächst nach den Ooiden in gleichkörnige und in gemischtkörnige Oolithe eingeteilt. Der Aufbau der Ooide kann in keiner Weise zur Einteilung der Gesteine benutzt werden, da oft sehr verschiedene Strukturtypen in einem und demselben Gestein vorkommen.

60. Unter den gleichkörnigen Oolithen vermißt man zunächst ein Gestein, das nur aus 2 bis 3 oder 5 mm großen Ooiden und einem reinen Kalkzement bestünde. Dagegen finden sich solche gleichkörnigen, grobkörnigen Oolithe mit sandig-kalkigem Zement vielorts, so zu Cönnern, Aderstedt, Sangerhausen, Wienrode, am Harlyberg bei Vienenburg; sie stellen den Typus I dar. Gleichmäßig feinkörnige Oolithe mit ungefähr 1 mm großen Ooiden und rein kalkigem Zement habe ich nicht angetroffen; gleichkörnige, feinkörnige Oolithe mit sandig-kalkigem Zement als Typus II finden sich zu Aderstedt, Bründel usw. In den feinstkörnigen Oolithen, die nur Ooidbrut enthalten, haben die Ooide meist auffällig gleiche Größe von etwa 0,37 mm im Mittel; einzelne größere Ooide kommen darin nur selten und spärlich vor. Die Farbe dieser feinstkörnigen Oolithe ist rotbraun, seltener graulich. Es sind das meist sehr zähe,

feste Gesteine, aber der Name „Hornkalk“ dürfte doch besser aus der Literatur verschwinden. Als dicht lassen sich diese Oolithe nicht bezeichnen, da man die kleinen Ooide recht wohl noch mit unbewaffnetem Auge erkennen kann. Diese Brut-Oolithe können als feinstkörnig recht wohl aus der ganzen Reihe ausgeschieden werden. Es kommen vor feinstkörnige Oolithe mit reinem Kalkzement (d. h. mit sehr wenig Ton und Sand) als Typus III und mit sandigem Zement als Typus IV.

61. Zu den ungleichkörnigen Oolithen gehört zunächst ein Typus V, der sich noch an die feinstkörnigen Oolithe anschließt; Vorkommisse mit reichlichem sandigen Zement enthalten in den sandreicheren Lagen nur Ooidbrut, in den sandärmeren Lagen vielfach auch größere Ooide; sie können bezeichnet werden als feinstkörnige Oolithe mit viel sandigem Zement und größeren Ooiden. Ein sehr grobkörniger Oolith mit Ooidbrut und mit kalkigem Zement ist als Typus VI zu beachten. In ihm zeigt sich vor allem der auffällige Gegensatz zwischen Brut einerseits und ausgewachsenen, sehr großen Ooiden andererseits. So besteht ein Oolith von den Feldern bei Aderstedt aus braunen Ooiden von 6,5 mm herab bis zu 3 mm Durchmesser, die in einer hellgrauen aus viel Ooidbrut, etwas Zement-Kalkspat und sehr wenig Sand bestehenden Masse, gleichsam einer Grundmasse, liegen, die alle großen Ooide voneinander trennt, so daß sie sich kaum jemals berühren. Zwischenstufen zwischen der Ooidbrut und den kleinsten der großen Ooide fehlen dem Gestein völlig. Ein ähnliches Gestein, ein grobkörniger Oolith mit Ooidbrut und mit sandigem Zement, in dem sich aber die großen Ooide vielfach berühren, ist als Typus VII zu nennen. Das Vorkommnis von Aderstedt enthält die zahlreichen Hemiooide. Völlig gemischtkörnige Oolithe mit Ooiden von allen Größen, von der Brut bis zu solchen von 6 mm Durchmesser, und mit reinem kalkigen Zement, meist arm an Eisenhydroxyden und von grauer Gesamtfarbe, bilden den Typus VIII, der zu Bründel bei Bernburg, an der Asse und anderswo ausgezeichnete Vertreter aufweist. Ebenso völlig gemischtkörnige Oolithe mit kalkig-sandigem Zement fanden sich als Typus IX zu Eggerode, Ilsenburg usw.

62. Feinkörnige, und zwar nur feinkörnige Sandsteine mit Ooiden von verschiedener Größe kommen doch nur selten vor. Bisweilen deuten in den Lesesteinen von den Feldern nur verstreut vorhandene kleine Löcher auf die ehemalige Anwesenheit von einzelnen Ooiden hin. Solche Gesteine

sind noch recht wohl, wenn auch erst durch genauere Untersuchung, von dem obigen Typus V zu unterscheiden. An diese feinkörnigen Sandsteine mit Ooiden aber schließen sich an die schon in der Literatur angegebenen Mergel mit Ooiden, in denen einzelne größere Ooide vorkommen; es stecken aber in den Mergeln eben zwischen Ton und Sand nicht Kalkspatkörner, sondern vielfach gerade Ooidbrut, und deshalb wäre es wohl eine dankbare Aufgabe, einmal alle sog. Mergel des Buntsandsteins zu untersuchen, nachdem man sich mit dem Aussehen der Brut vertraut gemacht hat, wenn von dieser nur noch schattenhafte Reste übrig sind. Gerade diese wesentlich aus allothigenen Gemengteilen bestehenden Sandsteine und Mergel mit wenig Ooiden sind doch für die Ansichten über das Wesen der Oolithe von großer Bedeutung: durch welche anorganischen Vorgänge sollten sich wohl spärliche Ooide als Konkretionen in reichlichem, allothigenem Sediment bilden können! Ich bedauere es lebhaft, bei meinen Studien im Felde auf diese Gesteine zu wenig acht gegeben zu haben.

XVIII. Lagerung der Oolithe.

63. Die Typen der Oolithe lassen erkennen, daß ihre Zusammensetzung abhängt von der Zufuhr von Detritus in den Bildungsraum im Verhältnis zu der schnelleren oder langsameren Bildung der Ooide. Irgend eine Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der Typen ist aber kaum zu erkennen. DEICKEs Angabe, daß auf feinerkörnige Oolithe nach oben gröbere folgen, hat sich mehrfach als zutreffend erwiesen; jedoch ist das Verhältnis nicht so zu verstehen, daß in einer und derselben Bank die Ooide von unten nach oben zu immer größer werden, es liegen vielmehr nur öfters über feinkörnigen Oolithen Bänke von gröberkörnigem Oolith. Aber auch das umgekehrte Verhältnis ist zu beachten, und in den Oolithen mit vorwaltend kalkigem Zement wechseln besonders häufig Lagen von verschiedener Größe der Ooide.

64. In betreff des Bildungsraumes der Oolithe im norddeutschen Bundsandstein wird wohl allgemein angenommen, daß sie einer Strandfacies angehören. Doch wurde diskordante Parallelstruktur in Oolithen selbst nur ganz ausnahmsweise, und zwar nur in den feinstkörnigen, z. B. an der Asse, beobachtet. Auch Wellenfurchen konnten auf den Oolithen nicht beobachtet werden, obwohl sie auf den begleitenden Gesteinen vorkommen. Daß Rogensteinbänke sich auskeilen oder lokal anschwellen, wird man leicht beobachten können.

Die größte Mächtigkeit eines einzelnen Oolith-Horizontes wurde an der Asse in Braunschweig zu 5,20 m gefunden. Die Zahl der Oolith-Horizonte unterliegt mannigfaltigem Wechsel; ich halte es für unmöglich, weit voneinander entfernte Vorkommnisse irgendwie bei der Kartierung miteinander zu parallelisieren. Erst nach der Vollendung der Kartierung des ganzen Gebietes der norddeutschen Rogensteine wird es möglich sein, nach Gesetzmäßigkeiten in der Verbreitung der einzelnen Typen zu forschen. Die Beschaffenheit des Bildungsraumes wird dann neues Licht werfen auf die Entstehung der Oolithe. Man könnte leicht verführt werden, schon jetzt an Salzseen als Bildungsräume der Rogensteine zu denken, sie mit den Salzlagerstätten in Verbindung zu bringen; ich verzichte aber gern auf die Behandlung solcher Fragen.

Stromatolith.

I. Stromatoid.

65. Die mit den Oolithen im norddeutschen Buntsandstein zusammen vorkommenden Stromatolithe sind bisher niemals Gegenstand einer besonderen Untersuchung gewesen, und es dürften daher alle ihre Verhältnisse einer eingehenderen Schilderung wert sein. Es ist allerdings mißlich, in ihrem Habitus äußerst wandelbare Dinge zu beschreiben, auch unter Beihilfe von Abbildungen; allein es haben doch alle Vorkommnisse von Stromatolith vieles gemeinsame Bezeichnende an sich, das einer Darstellung zugänglich ist.

Ist bei den Oolithen die Form der Ooide zunächst die auffälligste Erscheinung, so sind die Stromatolithe hauptsächlich durch ihren Aufbau im großen bemerkenswert. Oolithe bestehen stets aus Ooiden und einem sie zum Gestein verbindenden Zement, am Aufbau der Stromatolithe nehmen im allgemeinen als unwesentliche Bestandteile allothigene Gemengteile und Ooide nebst Kalkspat teil, dann aber die dünnen mehr oder weniger planen Lagen kohlensauren Kalkes mit besonderer Struktur als wesentlicher Bestandteil des eigentlichen Stromatolithes und des Stromatolith-Gesteins. Es fehlt den Stromatolithen im allgemeinen der durch eigene Form allseitig begrenzte, individualisierte Stock der organischen Bildner der Ooide, es können aber in analoger Weise jene dünnen Lagen von kohlensaurem Kalk mit eigener Struktur als Stromatoid eingeführt werden, denn sie verdanken in

ähnlicher Weise einem organischen Bildner ihre Entstehung, der dem Bildner der Ooide offenbar verwandt ist. In gewissem Sinne ist auch ein Übergang von Ooid in Stromatoid vorhanden. In der Reihe: Ooid, Polyooid, Ooidbeutel, Stromatoid weist die aus dünnen Lagen aufgebaute Masse immer mehr Unabhängigkeit von einem Mittelpunkt auf. Es wurde schon oben in Abschnitt *47* darauf aufmerksam gemacht, daß es zweifelhaft sein könnte, ob die Hülle der Beutel noch denselben Bildnern ihre Entstehung verdanke wie die Ooide. Da würde dann in der obigen Reihe ein Sprung sein zwischen Polyooid und Ooidbeutel, denn die Hülle der letzteren kann man vielleicht schon als Stromatoid bezeichnen.

66. Wie die Hüllen der Ooidbeutel schon ziemlich große Mengen von Ooiden umschließen können, so sehen wir bisweilen, z. B. bei Ilsenburg eine dünnste Schicht von Stromatolith von 2—5 mm Mächtigkeit die Rogensteine durchziehen, ohne irgendwie eine Partie von Ooiden besonders abzuschließen. In einem Steinbruch an der Asse zeigten die Oolithbänke stellenweise eine buckelige Oberfläche, indem sich über die gemeinsame durchschnittliche Oberfläche buckel- und wulstartige Anhäufungen von Ooiden von 5 bis 10 bis 30 cm Länge und von wenigen Zentimetern Höhe erhoben. Die Buckel wiesen meist, nicht immer, eine nur wenige Millimeter mächtige Kruste von Stromatoid auf, die aber doch auf mehrere Meter Länge verfolgbar war. Diese Kruste kann man ebenfalls als dünnste Schicht von reinem Stromatolith bezeichnen. Gewöhnlich ist die Mächtigkeit der geradezu in Schichten auftretenden Stromatolithe bei mannigfaltigerem Aufbau bedeutender. Bei Eggerode tritt Stromatolith zum Teil in 4 cm dicker Schicht auf, bei Wernigerode ist der Stromatolith durchschnittlich 25 cm mächtig, bei Sangerhausen 20—30 cm, an der Asse und bei Wienrode 60 cm, am Harlyberge bei Vienenburg bis 80 cm, an einer anderen Stelle bei Wienrode erreicht er eine Mächtigkeit von 100 cm, und in dem am nächsten nach Remmlingen zu gelegenen Bruche an der Asse konnte an einer Stelle im Profil Fig. 2, S. 119, eine Mächtigkeit von 120 cm festgestellt werden.

II. Struktur des Stromatoides.

67. Alle Stromatolithe zeigen im vertikalen Schnitt deutliche Lagenstruktur, die makroskopisch besonders auf angewitterten Flächen gut und deutlich hervortritt (vergl. Taf. VII, Fig. 1), während frische Bruchflächen bisweilen gar

nichts davon verraten. Auf angeschliffenen Flächen und in Dünnschliffen ist nun die Lagenstruktur des Stromatoides (also nicht bloß die Lagenstruktur des Stromatolithes, die noch durch andere Elemente verursacht werden kann) zu erkennen, die durchaus analog ist der konzentrischen Lagenstruktur der Ooide. Reines Stromatoid zeigt in schwacher Vergrößerung die Abbildung Taf. VI, Fig. 2. Das Stromatoid ist in seinen elementaren Lagen aus feinen Fäserchen zusammengesetzt, die nicht selten eine schwach fächerförmige Anordnung, gleichsam eine Tendenz zur radialen Anordnung, aufweisen. Im Stromatoid ist aber die Faserung oft weniger deutlich und bei stärkerer Vergrößerung recht verschwommen; bei schwacher Vergrößerung oder auf polierten Flächen tritt die Faserstruktur aber auch in solchen Fällen noch deutlich hervor. Horizontalschnitte, parallel den Lagen des Stromatoides verlaufend, zeigen sehr wenig Struktur, ähnlich wie Tangentialschnitte nahe der Peripherie durch große Ooide. Aber da auch bei dem Stromatoid die Lagen meist nicht ganz eben sind, so tritt in dem Horizontalschnitt oft eine schwach ausgebildete oder verschwommene und dabei unregelmäßige konzentrische Struktur hervor.

68. Ein körniger Zerfall des Stromatoides, durch den die Faserstruktur mehr leidet als die plane Lagenstruktur, eine Umkristallisierung, wie sie namentlich in den zentralen Partien der Ooide vorkommt, stellt sich sehr häufig ein; im allgemeinen ist das Stromatoid auch gegen die Verwitterung weniger widerstandsfähig als die Ooide. Entkalkt man Stromatoidschliffe, so bleiben auch aus dem Stromatoid ein feiner Ton und vereinzelt Sandkörnchen übrig, die die Lagenstruktur, wenn auch schwach, wiedergeben. Doch ist im ganzen Stromatolith das Stromatoid stets verhältnismäßig arm an allothigenen Gemengteilen, von denen beim Wachstum nur eine geringe Menge umhüllt wurde, wieder ähnlich wie von den Lagen im Ooid. Sonst besteht immer die Neigung, Ton und Sand auf einzelne Stellen zu konzentrieren, wie denn auch das Stromatoid sehr oft kleinwellige Struktur hat; der im großen noch ebene Komplex von mehreren, einzeln unterscheidbaren, elementaren Lagen hat nach oben hin Konvexitäten im kleinen, etwa entsprechend der erwähnten fächerförmigen Anordnung der Fäserchen.

69. Aus einem Vergleich der Struktur der Ooide mit der des Stromatoides geht hervor, daß konzentrische und faserige Struktur zwar bei beiden vorkommen, daß sie aber doch im allgemeinen bei dem Stromatoid gröber sind. Daraus

könnte man vielleicht den Schluß ziehen, daß auch die organischen Bildner des Stromatoides größer gewesen sind als die der Ooide. Etwas Bestimmtes läßt sich in dieser Beziehung nicht erkennen. Den besonderen radialen Strukturen der Ooide entspricht bei den Stromatolithen erst die grobe, stets schon makroskopisch deutlich wahrnehmbare Struktur derselben.

Ist bei den Ooiden stets ein gleichmäßiges Wachstum nach allen Richtungen um einen Mittelpunkt vorhanden, so ist bei dem Stromatoid stets nur ein einseitiges Wachstum, ein Wachstum nach oben, wahrzunehmen. Die winzige Ausnahme bei den später zu erwähnenden „Wurzeln" kommt nicht in Betracht. An jedem Handstück, an jedem Dünnschliff senkrecht gegen die Lagen kann mit völliger Sicherheit angegeben werden, in welcher Richtung das Stromatoid gewachsen ist, und dasselbe ist auch im anstehenden Stromatolith zu erkennen. Der Stromatolith ist ein in situ gewachsener Kalkstein; sein charakteristischer Bestandteil ist das Stromatoid, dessen einzelne Lagen sich weit ausdehnen können und alles fest verbinden, was etwa von sonstigen Dingen noch hinzukommt. Deshalb fehlt auch nicht nur im reinen Stromatoid, sondern auch in den ganzen Stromatolithschichten die Impressionsstruktur völlig: der Kalkfels wuchs fest und kompakt auf, für die sich darüber ablagernden Massen gab es in ihm nichts durch sie Verschiebbares, nichts Eindrückbares mehr.

III. Struktur der Stromatolithe.

70. Ist es auch für das Stromatoid im Gegensatz gegen die Ooide charakteristisch, daß es in mehr oder weniger ebenen Lagen emporwächst, so tritt doch auch immer wieder die Neigung hervor, den Lagen eine nach oben konvexe Form zu geben. Die Folge davon ist die besondere und mannigfaltige Struktur der weitaus meisten Vorkommnisse von Stromatolith, die so weit geht, daß man zunächst versucht wird, verschiedene „Arten" von Stromatolith zu unterscheiden. Je mehr Vorkommnisse man aber davon sieht, und je genauer man die Sachen ansieht, desto mehr gelangt man schließlich zu der Überzeugung, daß alle „Arten" nur äußerliche Verschiedenheiten des Habitus eines und desselben Wesens darstellen, die zum großen Teil durch dem Stromatoid selbst ganz fremde Dinge verursacht werden.

71. Bei der Struktur des Stromatolithes kommt außer den dünnen Lagen von Stromatoid noch die Unterbrechung

dieser Lagen durch mehr oder minder senkrecht gestellte Partien in Betracht. Diese sollen als Interstitien bezeichnet werden. Die Interstitien entsprechen ungefähr den Interradien bei der Kegelstruktur der Ooide; sie unterscheiden sich von den Interradien dadurch, daß sie gar keinen gewachsenen Kalk enthalten. Sie bestehen aus Anhäufungen von Ton, Sand und Ooiden von geringerer Größe und Ooidbrut. Vergl. Tafel VI, Fig. 2. Dazu kommt ein geringer Gehalt an Kalkspat in Form von Körnchen, die den Inhalt der Interstitien zementieren. Wie bei den Oolithen wird dieser Zement-Kalkspat herstammen von den Anfangsstadien der Ooide, die zerfielen; vielleicht hat sich auch ein wenig kohlensaurer Kalk bei der Umkristallisierung des Stromatoides auf den Weg begeben können; durch Auflösung infolge von Impressionsstruktur konnte den Interstitien auch Kalk zugeführt werden, wenn. wie gezeigt werden wird, dem Stromatolith auch ganze Lagen von Ooiden eingeschaltet sind. Abgesehen von den Ooiden, ist der Kalkgehalt der Interstitien meist gering, so daß sie durch Verwitterung leicht mürbe werden.

72. Ganz ebene Stromatoid-Lagen kommen zwar vor, haben aber meist nur geringe Ausdehnung. Auch selbst in ihnen tritt, wie in Abschnitt *68* erwähnt wurde, schon die kleinwellige Struktur auf. Sie führt hinüber zu der schwachgekrümmten Anordnung der primären Lagen, die dann kleine, dicht nebeneinander liegende Buckel von wenigen Millimetern Breite bilden, die durch weiter darüber folgende Lagen von Stromatoid wieder ausgeebnet werden können. Zur Bildung von eigentlichen Interstitien kommt es dabei noch nicht. Diese treten erst auf, wenn die Buckel etwas breiter werden; letztere können z. B. bei sehr flacher Erhebung einen Durchmesser von 20—25 mm haben; dann ist ein im großen fast ebenes Stromatoid durch einzelne röhrenförmige Interstitien durchbrochen, gegen die hin das Stromatoid sich etwas abwärtsbiegt. Solche röhrenförmigen Interstitien in fast ebenem oder in breitbuckeligem Stromatoid sind wenig beständig, sie hören nach oben auf, und dafür stellen sich anderswo neue ein, indem das Stromatoid die Interstitien überwuchert und sich an anderer Stelle wieder teilt. Solches kurz- oder langwelliges, dabei aber ziemlich oder im großen ebenes Stromatoid kommt stellenweise auch ziemlich rein mit ganz unbedeutenden Interstitien und namentlich auch ohne Untermischung mit Ooiden in ziemlicher Mächtigkeit vor, z. B. in einem Steinbruch an der

Asse, aus dem das auf Taf. VII, Fig. 2 abgebildete Stück stammt.

73. Eine Gesellschaft kleiner, kurzer Wellen kann aber auch reichliche Interstitien zulassen, indem das Stromatoid, auf den einzelnen Buckeln nach oben weiterwachsend nicht dazu kommt, die Interstitien zu überwuchern; es bildet sich so ein parallel-röhriger Stromatolith, etwa wie Taf. VII, Fig. 1, der aber meist doch nur geringe Verbreitung erlangt. Wenn von mehreren kleinen kurzen Wellen oder Höckern einzelne stärker und schneller nach oben fortwachsen als die benachbarten, dann werden diese auch breiter, und es kommt endlich durch Auftreten neuer Interstitien zur Teilung der Höcker in Äste, von denen einige nach kurzem Wachstum plötzlich aufhören zu wachsen, absterben, während benachbarte sich wieder gabeln. Es entsteht eine ästige Struktur der ganzen Stromatolithmasse, wobei die Richtung nach oben stets deutlich hervortritt, wie das die Abbildung Taf. VIII ganz besonders schön zeigt. Die Äste des Stromatolithes sind bald kürzer, bald länger, bald schmäler, bald breiter; immer aber sind sie mehr lang als breit, z. B. 3—7 mm breit und 2—4 cm lang. Sehr bedeutende Länge und Größe erreichen die Äste überhaupt nicht; 10 cm Länge dürfte ein Maximum sein. Im einzelnen ist die Form der Verzweigung sehr verschieden; die Äste können z. B. ziemlich spitz beginnen, sich schnell verbreitern, dann teilen, wieder aufhören; eine Gruppe von Ästen kann von einem Höcker ausstrahlen und schnell zu einem breiten Bündel emporwachsen; oder man sieht eine Anzahl Äste eine Strecke lang parallel verlaufen, oder es verfließen zwei Äste seitlich ineinander, und der einheitlich gewordene Ast geht mit vermindertem Durchmesser nach oben weiter, bis er sich etwa wieder teilt, oder andererseits, bis er endet, von den Nachbarn gleichsam unterdrückt. Die Äste haben zwar im allgemeinen einen rundlichen Querschnitt, aber meist ist dieser Querschnitt recht unregelmäßig mit allerlei Vorsprüngen und Einbuchtungen. Unzweifelhaft hat solch ein ästig gebauter Stromatolith eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Korallenstock oder einem ästigen Schwamm, und unwillkürlich wird man ein angewittertes Bruchstück, wie das auf Taf. VII, Fig. 1 abgebildete, mit der gut hervortretenden feinen Lagenstruktur sich genauer ansehen wollen, ob daran nicht organische Struktur zu erkennen sei. In den Ästen ist das Stromatoid stets besonders rein; alles, was sich auf dem Scheitel der Äste aus dem Wasser niederschlug, wurde beiseite geschoben, fiel zwischen die Äste

und Zweige und bildete die Masse der Interstitien, die natürlich ganz regellos gestaltet sind.

74. Nehmen die Äste und Zweige des Stromatolithes breite, flache Formen an, so kann man sie als Blätter bezeichnen. Von den Dimensionen solcher Blätter gilt Entsprechendes wie von den Ästen. Die Blätter zeigen ihre Form besonders im Horizontalschnitt durch den Stromatolith; sie sind meist ziemlich dick im Verhältnis zu ihrer Breite und fast stets nicht eben, sondern gleichmäßig gekrümmt bis schwach gefaltet. Eine starke Faltung der Blätter zeigt sich manchmal an der Außenseite freier Stromatolith-Stöcke, wie an dem in Taf. XI, Fig. 2 in 5facher Verkleinerung abgebildeten. Die Blätter können auch allerlei Vorsprünge aufweisen, gleichsam eine Kräuselung auf der Innenseite ihrer Krümmung. Blätter treten besonders an den später zu besprechenden sogenannten freien Stromatolith-Stöcken auf. Daran wurden auch einige Male Röhren von Stromatoid gesehen, also gleichsam Blätter, die bis zur Röhre gekrümmt waren, oder hohle Äste. Wie die Äste, so lassen auch die Blätter im Querschnitt in Dünnschliffen sowohl wie auf polierten Flächen eine verschwommene konzentrische Struktur wahrnehmen.

Da die Blätter im Querschnitt eine Längsrichtung besitzen, so können sie auch eine bestimmte Anordnung haben im Gegensatz gegen die Äste. Es soll an dieser Stelle nur angegeben werden, daß die Blätter ihre konvexe Seite, wenn eine solche ausgeprägt vorhanden ist, in freien Stromatolith-Stöcken stets nach außen wenden, und daß sie in parallelen oder konzentrischen Reihen angeordnet vorkommen. Die Blätter verfließen auch ineinander, oder sie teilen sich, und zwar sowohl in bezug auf eine Reihe als auch in bezug zu den benachbarten Reihen. Diese Blätter sind ja wie die Äste nichts Selbständiges, sondern nur Formen des Stromatoides, dessen Bildner jedenfalls winzig klein waren. Daß zwischen den Blättern Interstitien von der gewöhnlichen Zusammensetzung auftreten, braucht nicht erst ausführlicher dargelegt zu werden. In allen Stromatolithen aber waltet das Stromatoid vor der Masse der Interstitien vor, und zwar meist sehr stark.

IV. Stromatoid und Ooide.

75. Dem Stromatoid gegenüber verhalten sich die Ooide wie völlig fremde Körper. Das wachsende Stromatoid nimmt nur wenig feinen Ton oder wenig kleine Sandkörnchen auf, Ooide aber erscheinen niemals im reinen,

aus einer größeren Zahl von feinen Lagen mit faseriger Zusammensetzung aufgebauten Stromatoid eingewachsen. Werden einzelne Ooide durch bewegtes Wasser auf das Stromatoid geschwemmt, oder fallen sie einfach auf wachsendes Stromatoid, so wohnt diesem offenbar die Kraft inne, solche störenden Fremdlinge beiseite zu schieben, in die Interstitien hinein. So können in schmalen Interstitien oft mehrere, 4—7 etwa, Ooide übereinander liegen, scheinbar ähnliche vertikale Ketten bildend, wie sie aus den Oolithen in Abschnitt *55* erwähnt wurden. Allein hier in den Interstitien liegen die Ooide stets nur einfach über- oder aufeinander, ohne jemals durch Impression miteinander verbunden zu sein, denn ihr eigenes Gewicht reichte nicht aus, um Impression zu erzeugen.

Geraten Ooide in größerer Anzahl auf wachsendes Stromatoid, so vermag dieses augenscheinlich nicht mehr sie zu entfernen; es sind dem Stromatoid sehr oft kurze, dünne Lagen von Ooiden eingeschaltet, besonders von Ooidbrut, von kleineren Ooiden und von walzenförmigen Ooiden, die in Verbindung mit Stromatoid besonders häufig sind. Größere Ooide, also solche von etwa über 1,5 mm Durchmesser, fehlen durchaus überall innerhalb der Stromatolithe. Diese Einlagerungen von Ooiden enthalten oft nur eine Lage oder zwei Lagen von Ooiden; dann sieht man wieder von der Seite her die Lagen des Stromatoids über die Ooide hinwegwuchern, die Lagen von Ooiden werden ganz eingehüllt von Stromatoid. Mit den Ooiden liegen dann zusammen oft auch reichlichere Mengen von Quarzkörnchen, Biotitblättchen und anderen detritogenen Gemengteilen. Wie kleinste Lagen von Ooiden, so können auch größere und mächtigere Schmitzen von Oolith dem Stromatolith eingelagert sein oder auch Schmitzen von an Ton und Sand reichen Massen mit wenig Ooiden: alles das kann von Stromatoid durch seitliche Ausbreitung desselben wieder überwuchert werden. Alle solche immerhin noch schwächeren Einlagerungen von und mit Ooiden tragen auch ihrerseits dazu bei, die Lagenstruktur der ganzen Stromatolithe hervortreten zu lassen; sie bilden andererseits die zweite Art der Unterbrechung des reinen Stromatoides neben den Interstitien.

76. Wenn Stromatolithe auf grobkörnigen Oolithen auflagern, so sieht man bisweilen die großen Ooide gleichsam als Stromatoid fortwachsen, gerade so wie das bei den Ooidbeuteln im Abschnitt *47* erwähnt wurde. Bei der Eggeroder Försterei unweit Thale folgt auf einen grobkörnigen Oolith eine nur 4—12 cm mächtige Stromatolithschicht. An

diesem Stromatolith haftet die hangendste Lage der Ooide des liegenden Oolithes fest an, während dieser sonst an dieser Stelle meist durch die Verwitterung schon stark aufgelockert ist. Auf dem polierten Querschnitt sieht man nun die 4 mm im Durchmesser haltenden Ooide in das Stromatoid hinein fortgewachsen bis zu einer Höhe von 10 mm. Dieser Fortwachsungsteil wird nach oben breiter oder umgekehrt spitzer, oder er verläuft sogar schräge gegen die Schichtfläche. Wesentlich anders gestaltet sich das Bild im Dünnschliff bei 6—10facher Vergrößerung. Da sieht man zunächst über den Ooiden eine fortlaufende auffällig klare Lage von sehr geringer Dicke, dann eine Zone von Stromatoid von 2,5 mm Dicke als Fortwachsungssubstanz über den Ooiden, ihrem Aussehen nach doch eben verschieden von der Ooidsubstanz, aber allerdings in an die Ooide sich genau konzentrisch anschließenden Lagen; endlich folgen wechselnde Lagen von Stromatoid und von kleinen Ooiden, namentlich von lang walzenförmigen Ooiden, bis in einer Höhe von 10 mm über den Ooiden des liegenden Oolithes die Lagen von Stromatoid sich mehr und mehr seitlich ausdehnen und dann in keiner Beziehung mehr zu den großen Ooiden stehen. Diese haben also nur die Wachstumsrichtung des sich neu ansiedelnden Stromatoides beeinflußt. Diese Erscheinung ist in kleinerem Maßstabe häufig bei den Einlagerungen von Ooiden in Lagen im Stromatoid, bei den Ooiden in den Interstitien findet sie sich natürlich nicht.

77. Verhält sich in diesen Fällen das Stromatoid ganz ähnlich wie die Hüllensubstanz in den Ooidbeuteln gleichsam freundlich und kongenial gegen die Ooidsubstanz, so ist in vielen anderen Fällen das Verhältnis zwischen Stromatoid und Ooid scheinbar ein feindliches. Auf senkrechten Querschliffen durch die Grenze zwischen liegendem Oolith und hangendem Stromatolith erscheinen viele, oft die meisten Ooide scharf mittendurch abgeschnitten. In Handstücken konnte ich 9—12 dicht nebeneinander liegende derartige halbe Ooide unter dem Stromatoid zählen. Besonders schöne Stücke von recht frischem harten Gestein mit sehr eben gebautem, fast interstitienfreiem Stromatolith wurden in dem westlichen Bruch an der Asse gesammelt. Die Abbildung Taf. VII, Fig. 2 zeigt ein solches angeschliffenes Stück mit halben Ooiden und den später zu erwähnenden Wurzeln (links) in natürlicher Größe. Bei der Untersuchung der Dünnschliffe mit etwas stärkerer Vergrößerung ergibt es sich, daß die Grenze zwischen Ooid und Stromatoid scharf, aber nicht

eben ist, sondern winzige Vorsprünge und Einbuchtungen aufweist. Es kann die Grenze auch starke Krümmung aufweisen; es kommt ferner vor, daß zwei verschieden orientierte Stromatoid-Partien ein und dasselbe Ooid an zwei benachbarten Stellen abschneiden. Die Verbindung zwischen Ooid und Stromatoid ist aber stets äußerst innig; es ist keine etwa durch Zement-Kalkspat ausgefüllte Lücke dazwischen, keine Tonlage mit Quarzkörnchen und Eisenhydroxyd, wie sie an der zackigen Grenze zwischen zwei ineinander gepreßten Ooiden auftritt. Die unterste unmittelbar an das Ooid grenzende elementare Lage des Stromatoides ist oft, aber nicht immer, auffällig hell, hat aber immer unzweifelhaft Stromatoid-Struktur, sie gehört entschieden zum Stromatoid. Die Ooide sind mitten durch das Zentrum oder exzentrisch geteilt, ja von manchen fehlt nur eine kleine Kalotte. Wenn in Querschnitten und Dünnschliffen durch die Grenze der größere Teil von einem Ooid fehlt, so muß das in der Mehrzahl der Fälle nur eine Folge der exzentrischen Orientierung des gerade zur Ansicht gelangenden Schnittes sein. Es bleibt zwar zweifelhaft, es ist aber doch bis zu einem gewissen Grade unwahrscheinlich, daß hier von Ooiden nur weniger als die Hälfte auftritt. Wie an der Hauptgrenze zwischen Oolith und Stromatolith, so kommen solche halben kleinen Ooide auch unter den Stromatoidlagen innerhalb des Stromatolithes vor: wie stets die Wachstumsrichtung des Stromatoides zu erkennen ist, so zeigen sich auch stets nur an der Unterseite des Stromatoides solche halben Ooide, und das gilt auch für den Ausnahmefall, daß das Stromatoid an den Wurzeln nach unten gewachsen ist.

78. Da grobe Oolithe im Liegenden der Stromatolithe solche halben Ooide durchaus nur an ihrer vom Stromatoid überwucherten Oberfläche, nicht auch in ihrer Masse enthalten, so können diese halben Ooide nicht durch dieselbe Ursache entstanden sein wie die Hemiooide. Eine Abrasion der Oolithoberfläche durch Gleiten der Stromatolithmasse ist auch ausgeschlossen; das beweisen die Wurzeln der Stromatolithe, wie sie in den Profilen 1 und 2 auf S. 115 und 119 angegeben sind. Es fehlt ja auch jede Spur einer Reibungsbrekzie oder nur eines Besteges oder eines Harnisches. Nicht der geringste Zweifel kann obwalten, daß Oolith und Stromatolith so unmittelbar und ohne alle Störungen noch übereinander liegen, wie sie einst entstanden sind. Es wurde schon in Abschnitt *47* erwähnt, daß auch an der Hülle der Beutel gelegentlich einmal solche halben Ooide vorkommen.

Für diese ganz besonders auffällige Erscheinung scheint nur eine Erklärung überhaupt möglich zu sein. Man gewinnt zwar zunächst den Eindruck, als seien diese halben Ooide Reste von solchen, die ganz zum kugeligen Gebilde ausgewachsen waren; dann müßte das sich schnell seitwärts ausdehnende Stromatoid die oberste Lage der Ooide geradezu angefressen haben, etwa um den Kalk zum Aufbau der eigenen Lagen zu verwenden. Doch ein solcher Vorgang ist zu schwer verständlich, um wahrscheinlich zu sein. Deshalb muß eine andere Erklärung versucht werden. Daß das Stromatoid sich schnell seitwärts ausbreiten kann, unterliegt keinem Zweifel nach allem, was überall im Aufbau der Stromatolithe zu beobachten ist, und es muß das auch in diesem Falle gelten. Unter der überwuchernden Lage von Stromatoid, so scheint es, konnten die Ooide in vielen Fällen noch eine Zeitlang weiter wachsen, sie wurden nur durch das Stromatoid an der Entwickelung der Kugelform verhindert, sie wuchsen an das Stromatoid an. Das steht nicht im Widerspruch zu dem oben in Abschnitt *76* besprochenen Weiterwachsen der Ooide als Stromatoid, denn in beiden Fällen wird doch endlich so oder so das Weiterwachsen der Ooide unterdrückt. Sicherlich aber liegen hier Erscheinungen vor, für die eine Erklärung durch rein anorganische Kräfte völlig ausgeschlossen ist. Taf. VI, Fig. 1, zeigt auch in stärkerer Vergrößerung ein solches nicht zur Kugel ausgewachsenes Ooid; für das Weiterwachsen der Ooide als Stromatoid mag die Abbildung der ähnlichen (oder gleichen?) Erscheinung in der Hülle eines Ooidbeutels als Ersatz dienen in Taf. V, Fig. 3. Von dem Vorkommnis an der Eggeroder Försterei war es nicht möglich, eine klare Photographie zu erhalten.

V. Aufbau der Stromatolithe.

79. Es wurden schon oben in Abschnitt *47* Zweifel geäußert, ob die Bildner der Hülle der Ooidbeutel noch identisch gewesen wären mit den Bildnern der Ooide. Es wurde auch erwähnt, daß die Beutel bisweilen nicht allseitig geschlossen zu sein oder gewesen zu sein scheinen. Kann man nun die Beutelhüllen, die doch nur verhältnismäßig geringe Größe erreichen, nicht als Gesteinslagen im Oolith bezeichnen, so ist das Verhältnis bei den allerdünnsten Lagen von Stromatolith trotz aller Ähnlichkeit mit den Beutelhüllen doch anders. Vollständig selbständige Lagen von Stromatolith von einer Mächtigkeit von nur wenigen Millimetern zeigten sich bei Ilsenburg, bei Wienrode und an der Asse. Es ist

selbstverständlich nur möglich, bei der allergenauesten Prüfung des Anstehenden solche dünnen Lagen zu erkennen, und recht schwierig, sie zu verfolgen. Doch kann ich mit Sicherheit angeben, daß sie z. B. an der Asse mehrere Meter weit, wenn auch mit Lücken, zu verfolgen waren. In dem zweiten Steinbruch westlich von Remmlingen hatten die Oolithbänke im Liegenden des dort vorkommenden mächtigen Stromatolithes bisweilen eine buckelige Oberfläche; die Buckel hatten einen Durchmesser von 5—10—30 cm und eine Höhe von einigen wenigen Zentimetern, und sie waren meist, nicht immer, wie schon oben erwähnt, von einer wenige Millimeter dicken Lage von Stromatolith, nur aus Lagen von Stromatoid bestehend, überzogen; darüber folgte dann eine neue Bank von Oolith derart, daß sich die Schichtfuge über der Stromatolithlage befand. Diese von Stromatolith überzogenen Buckel, zu deren Erläuterung auch die Tafel IX mit dem viel mächtigeren Stromatolith herbeigezogen werden kann, unterscheiden sich dadurch von etwa nicht allseitig geschlossenen Beuteln, daß die Ooide in den Buckeln genau die Größe und Beschaffenheit haben wie in der Oolithbank, deren hangendste Partien sie sind, während in den Beuteln wenigstens vielfach noch andere Durchmesser der Ooide auftreten, z. T. Brut, als in dem Oolith selbst, der die Beutel enthält.

80. In dem großen Rogensteingebiet auf beiden Seiten der Saale südlich von Bernburg fand ich Stromatolith erst nach langem Suchen und nur in den Steinbrüchen bei Bründel; er tritt hier auch nur in dünnen Lagen auf von ungefähr 1—2 cm Mächtigkeit, die aber nicht etwa Buckel von Oolith überziehen, sondern stets sehr unregelmäßige Querschnitte aufweisen und dabei auch sehr schnell und unregelmäßig wechselnde Mächtigkeit. Ich habe hier den Stromatolith nicht im Anstehenden beobachten können, sondern mich begnügen müssen, im Steinbruch einzelne Stücke zu sammeln. Doch steckt sicher auch hier der Stromatolith im Oolith, wahrscheinlich als oberste Lage, als Dach von Rogensteinbänken. Die Lagen des Stromatoides haben hier nicht selten Ausbuchtungen nach unten hin, und manchmal schienen sie sich nach unten hin mit ganz unregelmäßig gestalteten kurzen Ausläufern zu zerteilen, die zu der Erscheinung hinüberführen, die man als Wurzeln von Stromatolithen bezeichnen kann.

81. Die Profile 1 und 2 auf S. 115 und 119 zeigen solche Wurzeln an mächtigeren Stromatolithen, und die Abbildung Taf. VII, Fig. 2 führt links Wurzeln im Querschnitt in natürlicher

Größe, die in Taf. VI, Fig. 1, im vergrößerten Bilde eines Dünnschliffes vor. Die Bezeichnung Wurzeln ist dadurch gerechtfertigt, daß diese Gebilde, diese Ausläufer, durchaus nur an der Unterseite von Stromatolithbänken vorkommen und als flächenhafte Gebilde die Teile sind, mit denen die Bildung des mächtigen Stromatolithes begann. Die Wurzeln sind eben auch Stromatolith, reine Stromatoidmassen mit einseitigem, nach oben, bisweilen aber auch nach unten gerichtetem Wachstum; sie sind unregelmäßige Platten, in den Profilen bis 30 und mehr Zentimeter lang, bald sehr dünn, bald stumpfer anfangend und meist unter spitzem Winkel gegen die Sohle der darüberliegenden Stromatolithbank aufsteigend. Die Stromatoidbildner siedeln sich an einzelnen Stellen zwischen Ooidbildnern an; sie beginnen sich alsbald flächenhaft seitwärts zu verbreitern, aber erst nach einiger Zeit gelingt es ihnen, die Ooidbildner völlig zu unterdrücken, zu ersticken; letztere halten sich stellenweise noch etwas länger, und es häufen sich Ooide zu Buckeln an, die natürlich als Haufen von Einzelkörpern nicht so dünne, schmale Ausläufer in den Stromatolith hinein bilden können, wie dieser in den Oolith. Kampf organischer Wesen um den Raum, nichts anderes ist in den Grenzen zwischen Oolith und Stromatolith zu sehen. Überall und immer bleiben die Stromatoidbildner zunächst Sieger über die Ooidbildner; erstere sterben ab, wenn sie von einer nicht allzudünnen und dabei weitverbreiteten Lage von anorganischem Detritus bedeckt werden, oder wenn neueinwandernde Ooidbildner, neue Ankömmlinge mit Jugendkraft, zur massenhaften Ablagerung von Ooiden führen. Die Stromatoidbildner scheinen „alt“ werden zu können, degenerieren zu können, ohne daß sich ihnen ungünstige Lebensbedingungen einstellen, denn Oolithe können 4—5 mal so mächtige Ablagerungen bilden als Stromatolithe.

82. Ist von solchen Verhältnissen die Mächtigkeit der Stromatolithe abhängig, so dürften alle Zwischenstufen an Mächtigkeit zwischen den nur wenige (5—8) mm dicken Lagen und den mächtigsten Stromatolithbänken erwartet werden. Es scheinen aber doch einige Sprünge in der gewöhnlich erreichten Mächtigkeit vorhanden zu sein, denn es finden sich nach einigen wenige Zentimeter mächtigen Platten häufig und in großer Verbreitung erst Stromatolithe von 20—30 cm Mächtigkeit und dann einigermaßen wieder mit einem Sprunge die mächtigsten Lager. Die Stromatolithe können als geschlossene, nicht weiter gegliederte Bänke von großer Ausdehnung eine Mächtigkeit von 1,20 m

erreichen, dabei eben nur bestehend aus ganz reinen Stromatoidlagen oder aus mehr oder minder dicken Stromatoidlagen mit zahllosen Einlagerungen von dünnsten und sehr wenig ausgedehnten Anhäufungen kleiner Ooide mit mehr oder weniger mineralischem Detritus. Es treten auch auf gleichsam Gemische von Stromatolith und Oolith, die eben doch nur als Stromatolith zu bezeichnen sind, weil die Masse mit planer Lagenstruktur nicht nur vor den Ooiden vorherrscht, sondern auch das ganze Äußere des Gesteins bedingt. Am Harlyberge bei Vienenburg, bei Sangerhausen, am Dorm bei Königslutter finden sich solche an Ooiden reiche Stromatolithe.

83. Die Stromatolithe bestehen nicht selten aus einigen mächtigeren Lagen, die verschiedenen Aufbau darbieten. Am Schlößchenberg bei Sangerhausen wurden Stücke gefunden, die bei 20 cm Mächtigkeit unten aus ästigem Stromatolith mit Interstitien, in der oberen Hälfte aus planen Lagen von Stromatoid im Wechsel mit zahlreichen kurzen Oolithschmitzen bestehen. An mächtigeren Stromatolithen, wie z. B. bei Wienrode, können über einem Buckel von Oolith abwechselnde Lagen von ästigen, kompakten und blätterigen, von an Ooiden reichen und ihrer ganz entbehrenden Lagen folgen, indem sich dabei zugleich in dem ganzen Stromatolithlager mehr oder weniger individualisierte Stöcke bilden.

VI. Freie Stromatolith-Stöcke.

84. Die einzelnen Ooide müssen als Stöcke von organischen Bildnern aufgefaßt werden, die eben nur sehr geringe Größe erreichen im Vergleich zu den in festen, geschlossenen Bänken auftretenden Stromatolithen. Diese können jedoch nicht nur in einfachen, sich gleichmäßig weithin erstreckenden Bänken auftreten, sondern auch in mehr individualisierten Massen, in schärfer abgegrenzten Stöcken, die selbst als wenigstens halbwegs frei, nach oben frei, aufragen. Sie dürfen wohl einfach als freie Stromatolith-Stöcke bezeichnet werden. Die reichliche Verwendung, die die Stromatolithe und Oolithe seit mehr als 1000 Jahren zum Bau von Mauern und Burgen gefunden haben, und die Art des heutigen Abbaues der Rogensteine, wobei etwa vorkommende Stromatolithe meist gleich zum Versatz verbraucht werden, bringen es mit sich, daß gute Aufschlüsse, die Unter- und Oberseite der Stromatolithe darbieten, nur recht selten und meist nur zeitweilig zu finden sind. Die Unterseite der Stromatolithe, die stets über Oolithen lagern, zeigt nur die erwähnten Wurzeln,

öfter die Buckel von Oolith als besondere Erscheinungen; nur einmal waren bei Sangerhausen auch armstarke und bis 70 cm lange Wulste auf der Unterseite einer ziemlich weit verfolgbaren Bank von Stromatolith zu sehen, und eine noch mannigfaltigere Unterseite an freien Stöcken wird alsbald zu erwähnen sein. Viel verschiedenartiger kann die Oberseite der Stromatolithe gestaltet sein, ja die Mannigfaltigkeit ist so groß, daß sich nur einige Typen beschreiben lassen. Die Oberseite hat aber immer eine besondere Gestaltung, wenn sehr feinkörniges Sediment, sei es detritogener, sei es organogener Art, den Stromatolith bedeckt. Ein recht eben struierter Stromatolith ohne Ast- und Blattbildung kann auch eine sehr

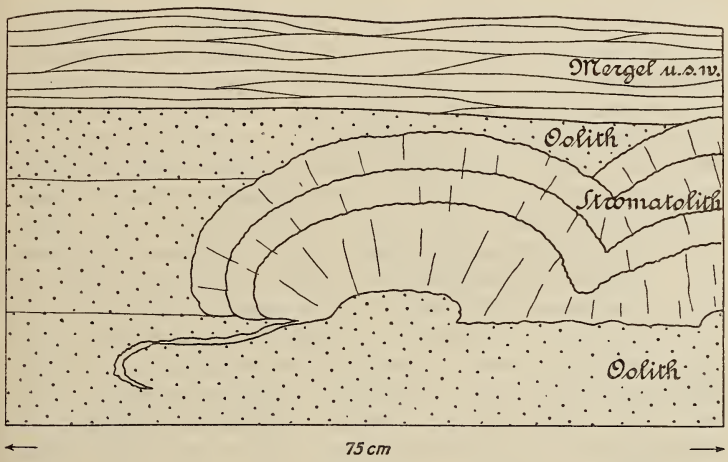

Fig. 1.

ebene Oberfläche haben, häufiger jedoch ist eine kleinknollige und höckerige Oberfläche. Bei Sangerhausen wurde das leider nur einzige, auf Taf. X in natürlicher Größe abgebildete Stück mit den größeren durch kleinere Vertiefungen wieder mannigfaltig gegliederten Höckern gefunden; man wird dieser Oberfläche eine gewisse Ähnlichkeit mit der Oberfläche eines Blumenkohlkopfes nicht absprechen können. Dieser Stromatolith war ungefähr 25 cm mächtig; er zeigt auf dem angeschliffenen Querschnitt die kurzen, stark divergierenden Äste mit nur engen Interstitien wie etwa das andere von eben dort herstammende Stück, das auf Taf. VIII in natürlicher Größe abgebildet ist. Am Schlößchenberge bei Sangerhausen zeigte an einer anderen Stelle die

Oberfläche des Stromatolithes faust- bis kopfgroße, sich ziemlich kräftig erhebende Buckel, und wenige Schritte davon konnte das Profil Fig. 1 beobachtet werden. Über einem 1 m mächtigen Rogenstein lag ein 20 cm mächtiger Stromatolith, bedeckt von Mergel. Allein der Stromatolith hörte seitlich auf, eben mit dem skizzierten, einem Brotlaib ähnlichen Stromatolith mit Wurzel, mit Oolithbuckel als Kern und mit gut ausgeprägter Lagenstruktur ohne Äste und Interstitien. Neben dem halbfreien Stromatolith lag Rogenstein, der ihn auch noch dünn bedeckte, ehe der Mergel begann. Nach Lesesteinen zu urteilen, ist es wahrscheinlich, daß dort auch ganz freie Stromatolith-Stöcke von Brotlaibform vorkommen.

85. Die häufigste und am meisten charakteristische Form der mehr individualisierten bis halbfreien bis nach oben hin völlig freien Stöcke von Stromatolith, wie sie mir am vorzüglichsten bei Wienrode am Rande des Harzes östlich von Blankenburg zugänglich waren, ist folgende. Eine kurzwellige, kleinbuckelige, höckerige Lage von Oolith wird überwuchert von Stromatolith, dessen Lagen sich dem Untergrund anschmiegen. Beim Weiterwachsen werden die Buckel im Stromatolith bald durch seitliches Übergreifen der einzelnen Stromatoidlagen breiter; der Stromatolith ist dann lagenweise bald ästig, bald kompakt, bald arm, bald reich an Oolithschmitzen; die Lagen haben allmählich nach oben zu einen immer kürzeren Krümmungsradius, wodurch sich dann zwar seitlich miteinander völlig verwachsene, aber doch gut individualisierte Stöcke voneinander sondern; auf dem Scheitel der Stöcke zeigen sich Enden von Ästen, Enden von Blättern, die sich nach außen hin mehr und mehr zu konzentrischen Reihen gruppieren, noch weiter nach außen hin sich mehr und mehr in radialer Richtung voneinander entfernend und dabei zugleich größer werdend. Die Tafel XI zeigt in Fig. 1 in $3^1/_2$ facher Verkleinerung die Oberfläche eines solchen immerhin noch kleinen Stockes, in Fig. 2 die seitliche Ansicht eines anderen Stockes mit stark gefalteten Blättern, beide von der Asse. Ich verdanke es der Güte des Herrn Ludwig Knoop in Börssum, daß ich diese beiden Stücke abbilden konnte. Solche Stöcke von Stromatolith können aber auch einen Durchmesser von einem Meter erreichen.

Ragt ein solcher Stock seitwärts frei in Mergel hinein, dann bilden sich an ihm faltige Blätter, oder diese rollen sich zu Röhren auf, die an den Seiten des Stockes mit kleinen Vertiefungen oder einem feineren Gekräusel in der

Mitte auslaufen. Die äußersten Blätter können sich auch mit flachen Rippen weit nach unten verfolgen lassen, und einmal konnte ich sehen, daß das untere Ende der Blätter auf der Unterseite des Stockes auslief in im Durchschnitt 6 cm lange, 2—3 cm breite und über 1 cm hohe Wülste, indem sich der Stromatolith-Stock über Mergel seitwärts verbreitert hatte; er begann aber doch auf Oolith. Riesigen Kohlköpfen sehen solche Stromatolith-Stöcke ähnlich.

86. Die großen individualisierten Stöcke sind es nun, die die sog. „Napfsteine“ des Volkes liefern. Aus der abweichenden Struktur der einzelnen dickeren Lagen des Stockes ergibt es sich, daß ein Stromatolith ein periodisches Wachstum besitzt, daß er Sproßperioden aufweist. Es endigen z. B. die kurzen Äste einer Lage gleichzeitig, sie sterben ab, aber es bleiben genug Keime übrig, daß wieder eine neue Schicht zu wachsen anfangen kann mit irgend einem anderen Aufbau im einzelnen. Das gilt übrigens nicht nur für die großen individualisierten Köpfe, sondern vielfach auch für kleinere Knollen und für Stromatolithe mit mehr planem Aufbau. Die Stromatolithe lassen sich eben oft in ungefähr 1—5 cm dicke Platten oder Schalen zerspalten, außer wenn sie reichlich dünnste kurze Zwischenlagen von Ooiden enthalten; in letzterem Falle können über 1 m mächtige Stromatolithe der Zerteilbarkeit in Platten ganz entbehren. Aber gerade in den großen individualisierten Stöcken, in den riesigen Kohlköpfen ähnlichen Gebilden kann der Krümmungsradius der einzelnen Lagen so klein werden, daß abgesprengte Schalen halbkugelig sind. Solche Schalen, solche Näpfe, wie ich sie noch mehrfach zu sehen bekommen habe, sind jedoch noch oft mit unregelmäßigen Erhebungen und Eindümpfungen ausgestattet, und ihre Fächen sind im kleinen niemals ganz glatt, sondern mit vielen kleinen Unebenheiten versehen, etwa von den Enden der Äste und Blätter herrührend.

87. Es hängt ganz von den örtlichen Bedingungen und von den Wachstumsverhältnissen ab, ob ein solcher individualisierter Stock nach oben recht regelmäßig gekrümmt ist. Bei der großen Veränderlichkeit, die dem Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein überhaupt eigen ist, wie das schon im vorstehenden mehrfach zum Ausdruck gekommen ist, wird es nicht weiter auffällig sein, auch noch anders und namentlich auch unregelmäßig gestaltete individualisierte Stöcke vorzufinden. Vom Dorm bei Königslutter hat mir Herr Knoop einen kleinen, ziemlich spitzkonischen Kopf mit

sehr feinen, schmalen Blättern, nach unten in einen dicken Wulst übergehend, vorgelegt; am Bahnhof Harzburg sah ich in den Anlagen eine Zahl großer, mehr halbkugeliger Gebilde, wie sie zu der Benennung „Riesenoolith“ Anlaß gegeben haben; kleine mehr kugelige Gebilde fand ich am Lindenberg bei Thiede, individualisierte Stöcke von sehr unregelmäßiger Oberfläche auf dem Harlyberg bei Vienenburg.

VII. Lagerung der Stromatolithe.

88. Die Stromatolithe treten im norddeutschen Buntsandstein stets in Verbindung mit Oolith, mit Rogensteinen auf, niemals allein; ausnahmslos haben sie Rogensteine zum Liegenden. Auf sandiger oder mergeliger Unterlage konnte sich der Stromatoidbildner nicht ansiedeln. Selbst der Fall, daß ein Stromatolith über Mergel hinübergreifend weiterwächst, während sein Fuß noch auf Oolith steht, ist äußerst selten. Aber nicht mit jeder Oolithbank ist Stromatolith verbunden, vielmehr sind stets weniger Stromatolithhorizonte vorhanden als Rogensteinhorizonte, indem hierbei schon die einzelnen eng aufeinander folgenden Oolithbänke, die ja bisweilen nur sehr geringe Mächtigkeit von wenigen Zentimetern besitzen, zu einem Horizont zusammengefaßt werden. Bei Wienrode z. B. sind vier Rogensteinhorizonte und nur zwei Stromatolithbänke vorhanden. Der Abbau, den die Oolithe so lange Zeit hindurch erfahren haben, so daß mehrfach nur lange grabenartige und jetzt beackerte Vertiefungen die vorhandenen Horizonte erkennen lassen, wie z. B. zwischen Drübeck und Altenrode am nördlichen Harzrande sechs solcher Gräben aufeinander folgen, erschwert sehr die Verfolgung einzelner Stromatolithbänke. Doch geht aus dem Beobachtbaren mit Sicherheit hervor, daß sich die Stromatolithe sehr weit, gewiß mindestens viele hundert Meter, erstrecken können, während sie jedoch auch in anderen Fällen schnell wechselnde Mächtigkeit bis zum Auskeilen aufweisen. Auch dürften die Stromatolithe durchaus nicht niveaubeständig auf große Entfernungen hin sein.

89. Es ist schon erwähnt worden, daß die Stromatoidbildner zum Absterben gebracht wurden auch durch stärkere Überschüttung mit detritogenem oder organogenem Sediment, d. h. also durch Mergel und sehr selten durch Sand, oder durch massenhaft sich bildende Ooide. Demgemäß ist das Hangende der Stromatolithe mannigfaltiger Art, und besonders interessant sind nur die Fälle, in denen halbwegs freie Stromatolith-Stöcke oder doch Anschwellungen von

Sediment überschüttet wurden. Das Profil Fig. 2 fand ich in dem Remmlingen zunächst gelegenen Steinbruch an der Asse am 24. September 1895 vorzüglich bloßgelegt. Über gemischtkörnigem Rogenstein von mindestens 2 m Mächtigkeit, der in Bänke gegliedert ist und z. T. kurze Lettenschmitzen enthält, beginnt mit Ausläufern, mit Wurzeln der kompakte Stromatolith mit schnell veränderlicher Mächtigkeit mit im kleinen wenig unregelmäßiger Oberfläche, aber ohne scharf individualisierte Stöcke. Er wird zunächst von rotem feinkörnigen Rogenstein bedeckt, der größere Vertiefungen in der Stromatolithoberfläche ausfüllt, den „Stock", die Anschwellung aber

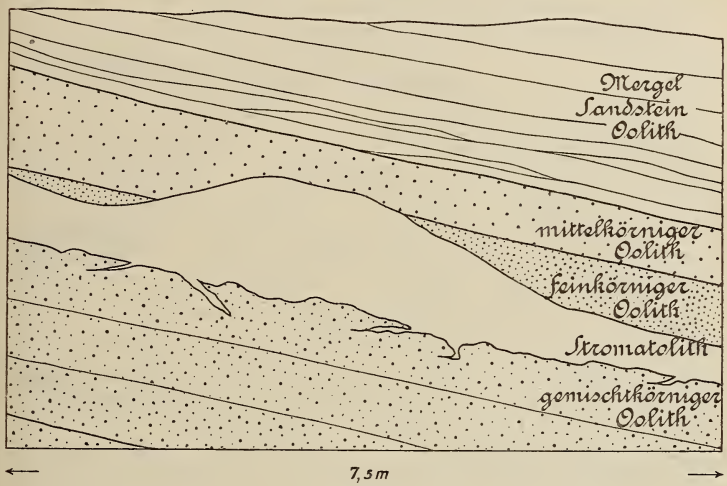

Fig. 2.

noch nicht bedeckt. Dies erfolgt erst durch die nächste Bank von mittelkörnigem Rogenstein, über dem dann dünngeschichtete Letten, Sandsteine und einzelne dünnere Rogensteinbänkchen folgen. Noch bedeutsamer ist das Profil Fig. 3, das ich dort auf der Grenze zwischen den beiden weiter westwärts gelegenen Steinbrüchen fand. Hier ist der kompakte Stromatolith durch vier Trennungsklüfte in stärkere Lagen gegliedert, die nach oben hin immer kürzeren Krümmungsradius aufweisen und schließlich über einer kleinbuckeligen Fläche mit einer 7—10 cm mächtigen Lage von röhrigem oder ästigem Stromatolith in einem immerhin gut individualisierten Stock abschließen. Dieser Stock ist eingehüllt von feinstkörnigem Rogenstein, sog. Hornkalk, dessen dünne Lagen sich auf der riefig angewitterten

senkrechten Fläche deutlichst verfolgen ließen; die Lagen des Hornkalkes gehen parallel der nach oben folgenden nur 5 cm mächtigen Lage etwas gröberen Oolithes und stoßen ab an der steil geneigten Oberfläche des Stromatolith-Stockes. Dieser Stromatolith-Stock, ein „gewachsener" Kalkstein, ist fertig gebildet gewesen vor der Bildung des Hornkalkes, dessen winzige Ooide wie ein gewöhnliches Sediment sich um ihn herum anhäuften. Wie ein Riff ragt der Stromatolith-Stock in den sedimentären feinstkörnigen Oolith hinein.

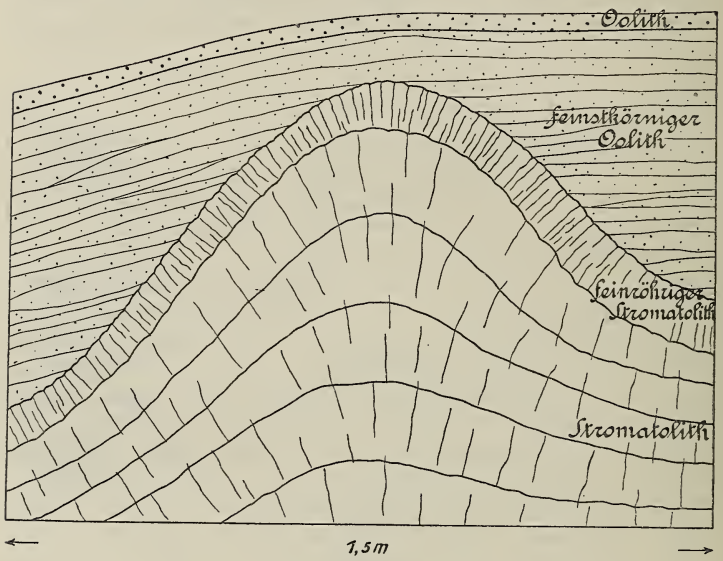

Fig. 3.

90. Die mehr oder weniger individualisierten Stöcke von Stromatolith können vereinzelt auftreten oder in Gruppen. Östlich von Wienrode, neben dem Wege nach Thale, waren auf eine Entfernung von 30 Schritten ungefähr 20 Zentra von Stöcken oder Köpfen zu beobachten, die sich wohl alle dicht aneinander schlossen. Am Harlyberge bei Vienenburg, wenige hundert Meter von den Wohngebäuden der Kaliwerke Hercynia, wurde der 2,5 m mächtige Rogenstein des obersten der dort vorhandenen vier Horizonte abgebaut; die Schichten fallen ungefähr 30° in N. Um zu dem Rogenstein zu gelangen, hatte das Hangende, Letten und Mergel, entfernt werden müssen. Der Rogenstein wird aber zunächst noch

überlagert von 15—30 cm mächtigem Stromatolith, dessen Oberfläche sich auf ungefähr 300 qm freigelegt vorfand. Aus dieser Oberfläche, an der noch vielfach Letten mit schönsten, ziemlich schmalen Wellenfurchen haftete, ragten mehrere Dutzend bis 0,5 m hohe und 60—70 cm im Durchmesser haltende, sehr unregelmäßig gestaltete individualisierte Köpfe, Stöcke des Stromatolithes, empor, unregelmäßig verteilt wie Baumstümpfe in einer Rodung. Bald standen die Köpfe ganz vereinzelt, bald ihrer mehrere unregelmäßig nebeneinander, bald standen mehrere in einer Reihe dicht nebeneinander. Aus Brüchen in den dortigen unteren Rogensteinhorizonten sollen die stark gekrümmten, halbkugeligen Köpfe von Stromatolith in den Anlagen des Bahnhofs Harzburg herstammen.

VIII. Verbreitung des Stromatolithes.

91. An den zahlreichen Rogensteinhorizonten, die man am Südrande des Harzes von Wallhausen bis nach Gr.-Leinungen durchquert, war keine Spur von Stromatolith zu finden. Am Schlößchenberge nördlich von Sangerhausen kommt Stromatolith vielfach in alten und in neuen Brüchen vor, wahrscheinlich nur in einem und demselben Horizont und nur mit einer Mächtigkeit von höchstens 25—30 cm. Bei Aschersleben habe ich vergeblich nach Stromatolith gesucht, und es wurde schon angegeben, daß er in dem großen Rogensteingebiet von hier bis nach Bernburg nur mit geringster Mächtigkeit und Verbreitung bei Bründel gefunden wurde. Am Nordrande des Harzes ist der Stromatolith vorhanden mindestens von Thale an über Eggenrode, Wienrode, Blankenburg, Wernigerode, Drübeck bis Ilsenburg. Nicht überall auf dieser Strecke war er anstehend zu beobachten; so fand ich ihn südlich von der Straße von Wernigerode nach Benzingerode nur spärlich und nur 25 cm mächtig anstehend, in Wernigerode aber stecken z. B. in der langen alten Mauer des Lustgartens Stromatolithblöcke in Menge. In der Gegend von Wienrode scheinen die Stromatolithe am Nordrande des Harzes ihre größte Mächtigkeit zu erreichen. Ich habe sie ferner mit z. T. größter Mächtigkeit gefunden am Harlyberge bei Vienenbnrg und an der Asse bei Wolffenbüttel; die Vorkommnisse nördlich von Salzgitter habe ich auf Wanderungen in früheren Jahren nicht beachtet. In geringerer Verbreitung fand ich den Stromatolith am Dorm bei Königslutter und am Lindenberg bei Thiede bei Braunschweig.

92. Erst durch genaueste Begehung des ganzen Gebietes und durch Beachtung aller alten Mauern und sonstigen Bau-

werke würde es möglich sein, ein genaueres Bild von der Verbreitung des Stromatolithes zu gewinnen. Doch glaube ich aus meinen Beobachtungen schon ableiten zu können, daß die Stromatolithe von Osten nach Westen und von Norden her gegen den Harz zu an Mächtigkeit und Verbreitung zunehmen. Auch für den Rogenstein ist ja bereits einiges Nähere über seine Verbreitung bekannt, so z. B., daß er bei Nordhausen am südwestlichen Rande des Harzes fehlt; es wäre aber zu wünschen, daß wir genauere Mitteilungen erhielten über die Zahl der Rogensteinhorizonte im Gebiet seiner Verbreitung, über die Mächtigkeit der Bänke, ob einige wenige mächtige oder viele dünne Bänke vorhanden sind, über die dabei vorhandene Korngröße und dergleichen. Denn wenn schon oft die Rogensteine als Leitgesteine für die Lagerstätten der Abraumsalze gedient haben, so kann man doch mit Sicherheit annehmen, daß die paläogeographischen Verhältnisse des Gebietes der norddeutschen Buntsandsteinformation eine hellere Beleuchtung gewinnen werden durch genauere Beachtung auch dieser organogenen Kalksteine, der Oolithe und Stromatolithe.

Genetisches.

93. Die Ooide der norddeutschen Rogensteine sind hervorragend ausgezeichnet durch den komplizierten Aufbau, durch den sie sich von denen der Oolithe anderer Formationen unterscheiden. Wer auch nur die Abbildungen durchsieht, die dieser Abhandlung beigegeben sind, muß sich doch wohl sagen, daß die Entstehung dieser Ooide durch rein anorganische Prozesse schlechterdings unmöglich ist. Kugelige Bildungen mit radialer Anordnung der kristallinischen Elemente sind zwar im Reiche der Mineralien und Gesteine eine häufige Erscheinung, aber niemals ist bei solchen Dingen irgend etwas beobachtet worden, was sich den Spindeln und Kegeln in den Ooiden der Rogensteine auch nur äußerlich vergleichen ließe. Es bedurfte wohl nur einmal einer systematischen Darstellung der Struktur dieser Ooide, um jeden Gedanken an rein anorganische Bildungen fallen zu lassen. Und es mußten schon im Verlaufe der Darstellung fast mehr biologische als mineralogische Ausdrücke verwendet werden. Wie könnte man anders denn als Brut die winzigen Ooide bezeichnen, die gelegentlich in Menge zugleich mit 50—60mal größeren zur Ablagerung gelangt sind. Aus einer Salzlösung fallen unter

gleichen äußeren Verhältnissen nur gleichartige, gleichgroße Kristalle oder Kristallgruppen oder Kristallstöcke aus, nicht aber zugleich Zwerge und Riesen: in den Oolithen aber liegen Brut und große Ooide als durchaus gleichzeitige Gebilde nebeneinander. Die beliebte Art der Erklärung der Form der Ooide durch beständige Bewegung im Wasser läßt solchen Verhältnissen gegenüber vollständig im Stich. In den Rogensteinen steckt ja ein Zement aus Kalkspat von anorganischer Bildung, und welcher Unterschied ist dabei zwischen der Struktur der Ooide und der des sie umgebenden Kalkspates. Umgekehrt, könnte man sagen, wenn diese Kristallspitzen, wie es augenscheinlich ist, anorganische Gebilde sind, dann können die Ooide nur organische Gebilde sein.

94. Kugelformen sind nun aber nicht bloß im Mineralreich häufig, sie kommen noch häufiger im Tier- und Pflanzenreiche vor. Man darf nicht entgegenhalten, daß die doch wesentlich gewichtigen Ooide, namentlich die größeren, ohne mechanische Bewegung durch bewegtes Wasser nicht ihre vollkommene Kugelgestalt hätten erreichen können, zumal ihre Bildner winzig klein gewesen sein sollen. Man braucht bloß an die schweren und selbst 7—8 cm im Durchmesser haltenden und doch völlig kugelförmigen, durch allseitig fortwachsende Kolonien von Tieren gebildeten Stöcke oder Kormen von *Heterastridium* in der alpinen Trias zu erinnern, um jeden Zweifel zu beseitigen, daß Ooide trotz ihres Gewichtes durch winzige Lebewesen ohne Rollung gebildet worden sein können. Da aber die Ooide niemals irgendwelche Ähnlichkeit der Struktur mit der der Gerüste irgend welcher Klasse der Tierwelt aufweisen, so können sie nur durch die Lebenstätigkeit pflanzlicher Organismen entstanden sein. In den Ooiden ist von organischer Substanz, von organischer Struktur selbst nichts mehr vorhanden; es können daher nur analog aussehende oder aufgebaute Bildungen zum Vergleich herangezogen werden. Kolonien von Bakterien, aus einzeln liegenden Bakterien in Nährgelatine auf Platten gezüchtet, sehen zentralen Schnitten durch Ooide — nicht gerade derer unserer Rogensteine — täuschend ähnlich aus. Und züchtet man die Kolonien von Bakterien in Nährgelatine im Becherglas, dann nehmen sie völlige Kugelform an. An etwas derartiges habe ich gedacht, wenn ich die Ooide für Stöcke kalkabscheidender, winziger, pflanzlicher Organismen erkläre. Daß das sog. *Sphaerocodium* nichts ist als ein Ooid mit bohrenden Algen oder in Symbiose mit Algen, werde ich an anderer Stelle darlegen; ROTHPLETZ hat es nicht erwähnt, daß in den

Cardita-Oolithen die Ooide mit *Sphaerocodium*-Struktur sehr selten sind.

95. Organische Wesen müssen es gewesen sein, die die Beutelhüllen in den Rogensteinen bildeten. Sollte selbst jemand sich an seinem Glauben an die anorganische Natur der Ooide nicht gleich irre machen lassen wollen, für die allseitige Umhüllung eines Haufens Ooide durch einen dünnen Beutel wird er keine Erklärung durch anorganische Vorgänge beibringen können. Ausdrücklich mag es an dieser Stelle noch betont werden, daß die Beutel durchaus keine nachträgliche Bildung in dem sich verfestigenden Oolith sind. Die Beutel aber, innerhalb deren Hülle die Ooide noch wachsen und neue Ooide als Brut erscheinen konnten, bilden den Übergang zu den dünnsten bis zu den mächtigsten Lagen von Stromatolith. Riesenoolith ist für diese Dinge eine völlig unzutreffende Bezeichnung. Und daß die sog. Riesenoolithe der alpinen Trias, die Evinospongien, mit Oolith und Stromatolith gar nichts gemein haben, da jene reine strahlige Kristallaggregate sind, braucht heutzutage wohl nicht erst besonders betont zu werden. Von den Stromatolithen könnten vielleicht mit einem Schein von Recht diejenigen mit stark hervortretendem planen Aufbau als einfache blätterig dünngeschichtete Kalksteine erklärt werden, wenn man dabei blind über die feineren Strukturverhältnisse hinwegsehen wollte. Allein die mehr oder minder individualisierten Stöcke, die Köpfe, Riffe, Knollen, die krausen Höcker kann niemand für rein anorganische Gebilde erklären. Es wird wohl niemand annehmen wollen, in den Stromatolithen mit ästigem Aufbau habe sich kohlensaurer Kalk mechanisch nur auf der Spitze von Ästen niedergeschlagen, allem Detritus, allen Ooiden in den Interstitien fein säuberlich aus dem Wege gehend. Vielleicht hätte es noch weiterer Abbildungen bedurft; ich glaube aber doch, daß die gegebenen die habituelle Ähnlichkeit mancher Wachstumsformen der Stromatolithe mit denen von Korallen und von Spongien und von Pflanzen genügend hervortreten lassen. Die Emporwölbung der Stromatoidlagen im kleinen oder im großen, ihre Neigung sich in divergierende Äste zu zerteilen, die individualisierten Stöcke mit ihrem konvexen Scheitel und den am Rande sich mehr und mehr ablösenden und verbreiternden Blättern, sind das nicht alles Erscheinungen, die völlig passen zu dem Licht- und Nahrungshunger der Organismen, von dem OSKAR SCHMIDT gesprochen hat!

96. Korallen sind die Stromatolithe gewiß nicht; sie gehören aber auch nicht zu den Spongien, denn einer solchen

Deutung widerstreben die Vorkommnisse mit vorherrschend planer Lagenstruktur in erster Linie. Wir müssen also annehmen, daß es niedrig organisierte pflanzliche Organismen gewesen sind, die Anlaß gaben zur Abscheidung kohlensauren Kalkes. Da mag dann noch in bezug auf die Gestaltungsverhältnisse an die im Pflanzenreiche oft vorkommende Vegetationsform der polsterbildenden Gattungen und Arten erinnert werden, die wir bei Phanerogamen ebenso finden, wie bei Moosen und Myxomyceten. Ich vermag nicht anzugeben, wie beschaffen die pflanzlichen Bilder des Stromatoides gewesen sind, ebensowenig wie ich die Bildner der Ooide im Pflanzensystem unterzubringen weiß. Man wolle aber auch nicht außer acht lassen, daß die Stromatolithe in dieser Abhandlung zum ersten Male beschrieben worden sind, und daß ihnen hier zum ersten Male organischer Ursprung zugesprochen worden ist. Man möge mir erlauben hinzuzufügen, daß diese Stromatolithe des norddeutschen Buntsandsteins nicht die einzigen sind, die mir bekannt geworden sind. Vielmehr werde ich noch Stromatolithe und Verwandtes aus dem Devon des Urals, aus dem Perm Deutschlands und Englands, aus dem Rhät in England, aus dem Malm in Deutschland, aus dem Miocän der Auvergne vorzuführen haben. Ich habe auf vielen Reisen darnach gesucht, manchmal allerdings auch vergebens, wie im Silur Gotlands, in der Kreide von Faxe, der Provence und Portugals. Auch Oolithe anderer Formationen und die sog. Mumienkalke werden einer erneuten Prüfung zu unterziehen sein. In dieser Abhandlung aber habe ich ein Eingehen auf die Literatur mit voller Absicht unterlassen; daß sie auf den Gang meinen Studien nicht ohne Einfluß geblieben ist, und daß ich ihr viele Anregungen für Untersuchungen und Nachforschungen verdanke, ist selbstverständlich. Hier war es meine Aufgabe zu zeigen, daß Oolithe und Stromatolithe im norddeutschen Buntsandstein sich selbst organischen Ursprung zusprechen.

Manuskript eingegangen am 16. Januar 1908]

Erklärung der Tafel IV.

Fig. 1. Ooid mit Lagenstruktur. — Vergr. 6 fach.

Fig. 2. Ooid mit Spindelstruktur. — Vergr. 30 fach.

Fig. 3. Ooid mit Kegelstruktur; Oolith mit Brut und Kalkzement. Dispulsionsstruktur. — Vergr. 6 fach.

Fig. 4. Ooid mit Spindelstruktur und zwei Kernen, umgeben von Kristallspitzen. — Vergr. 30 fach.

Fig. 5. Ooide mit Kegelstruktur, mit tonig-sandigem Zement. — Vergr. 6 fach.

Fig. 6. Kleiner Ooidbeutel und Ooidzwilling. — Vergr. 6 fach.

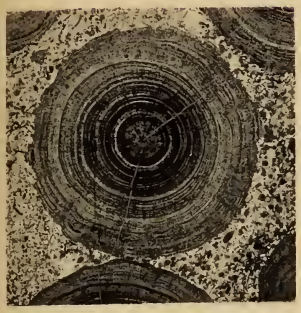

Fig. 1.

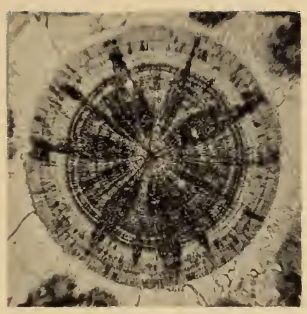

Fig. 2.

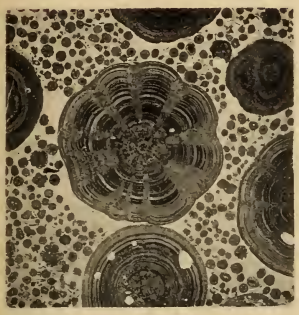

Fig. 3.

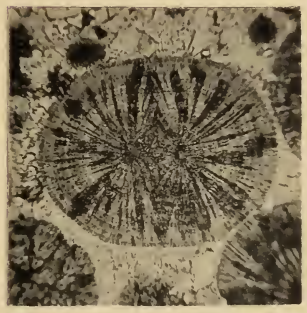

Fig. 4.

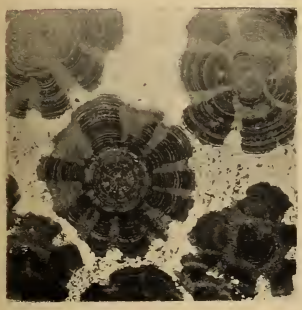

Fig. 5.

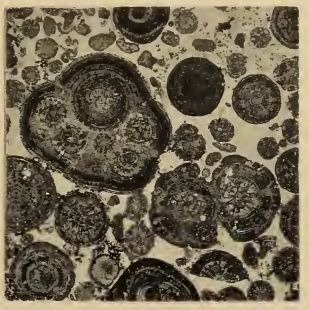

Fig. 6.

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

Erklärung der Tafel V.

Fig. 1. Walzenförmiges Ooid mit fremdem Kern; Impression der Ooide ineinander. — Vergr. 6 fach.

Fig. 2. Hemiooid. — Vergr. 6 fach.

Fig. 3. Teil eines Ooidbeutels mit Fortwachsung der Ooide in der Beutelhülle. — Vergr. 3 fach.

Fig. 4. Teil eines Ooidbeutels. — Vergr. 6 fach.

Fig. 5. Senkrechte Ketten von Ooiden in feinstkörnigem Oolith. — Vergr. 6 fach.

Fig. 6. Impressionsstruktur mit horizontalen Auflösungslagen. — Vergr. 6 fach.

Fig. 1.

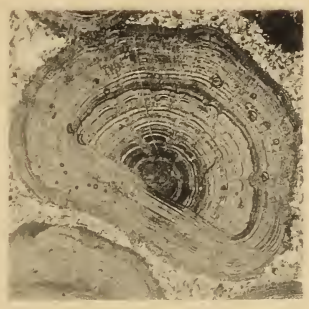

Fig. 2.

Fig. 3.

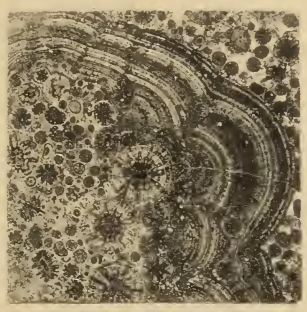

Fig. 4.

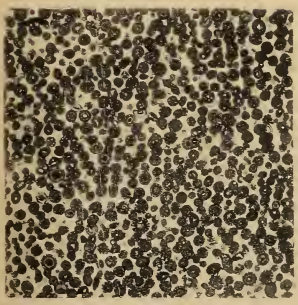

Fig. 5.

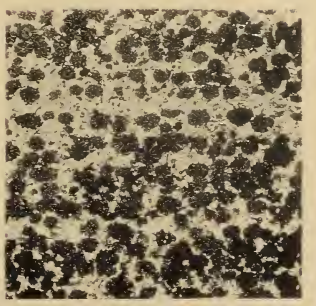

Fig. 6.

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

Erklärung der Tafel VI.

Fig. 1. Wurzeln eines Stromatolithes im Oolith; oben an Stromatoid angewachsenes Ooid. — Vergr. 3 fach.

Fig. 2. Zwei Äste von Stromatolith mit Lagenstruktur und mit Interstitium, in dem Ooide liegen. — Vergr. 3 fach.

Fig. 1.

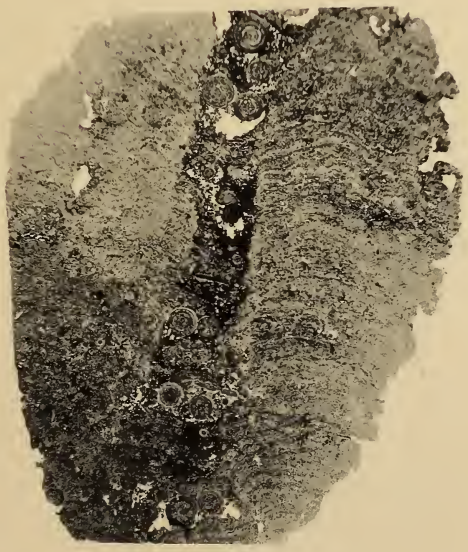

Fig. 2.

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

Erklärung der Tafel VII.

Fig. 1. Angewitterter Querschnitt eines Stromatolithes mit röhrigem Aufbau. Von Wienrode am Harz. — Natürliche Größe.

Fig. 2. Grenze zwischen Oolith und kompaktem Stromatolith mit Wurzeln (links); angewachsene, nicht vollständige Ooide; Dispulsionsstruktur im Oolith. Von der Asse. — Natürliche Größe.

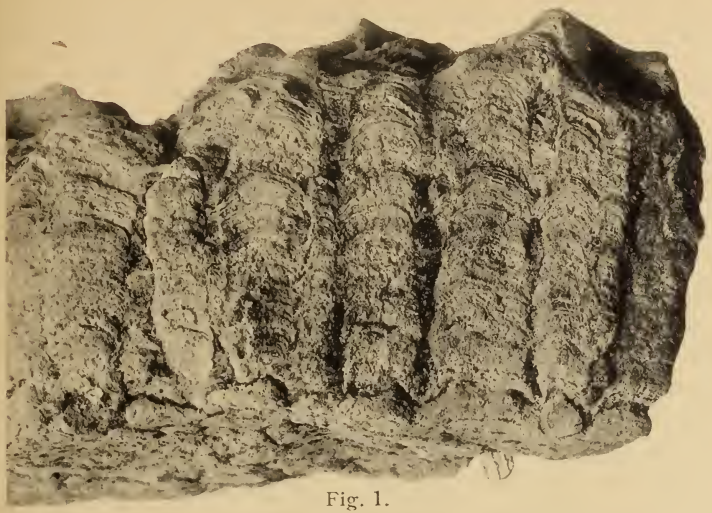

Fig. 1.

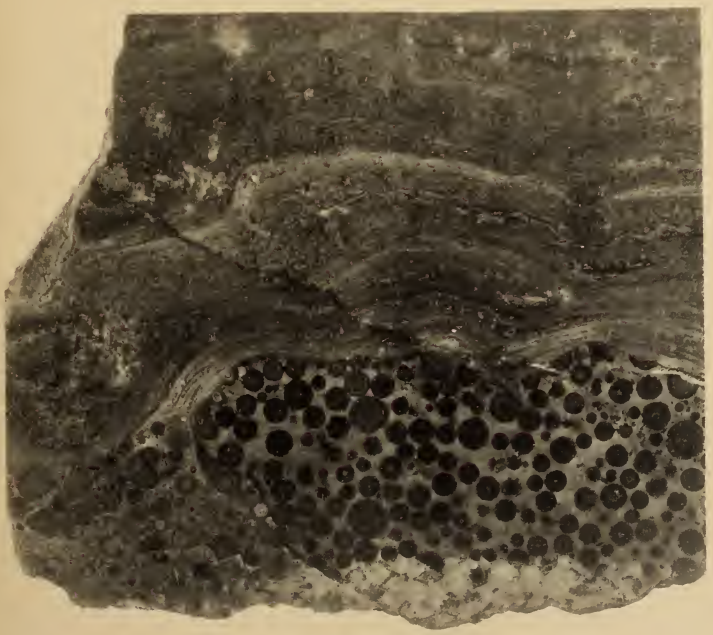

Fig. 2.

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

Erklärung der Tafel VIII.

Senkrechter Schnitt, angeschliffen, durch Stromatolith mit ästigem Aufbau und Ooiden in den Interstitien. Vom Schlößchenberg bei Sangerhausen. — Natürliche Größe.

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W. 35.

Erklärung der Tafel IX.

Senkrechter Schnitt, angeschliffen, durch Stromatolith mit wenigen kleinen Interstitien, über einem Buckel von Oolith. Vom Schlößchenberg bei Sangerhausen. — Natürliche Größe.

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

Durch Auswitterung freigelegte kleinhöckerig-krause Oberfläche eines Stromatolithes mit ästigem Aufbau. Vom Schlößchenberg bei Sangerhausen. Natürliche Größe.

Fig. 1. Oberfläche eines freien Stromatolith-Stockes. Von der Asse. Verkleinerung $3\frac{1}{2}$ fach.

Fig. 2. Seitliche Ansicht eines freien Stromatolith-Stockes, außen mit stark gefalteten Blättern. Von der Asse. — Verkleinerung 5 fach.