

DIE ANPASSUNGSFORMEN DER KALKALGEN.

Von

JULIUS PIA

(Wien).

(Eingelangt am 10. August 1927.)

Unter Anpassung verstehe ich, wie schon wiederholt dargelegt, jede phylogenetische Veränderung, durch die eine Art passender, d. h. geeigneter wird, sich unter den für sie gegebenen Lebensbedingungen zu erhalten und auszubreiten. Es ist für uns jetzt belanglos, wie man sich das Zustandekommen von Anpassungen erklären will; ob man mit den Vitalisten eine innere Zweckmäßigkeit in der Reaktionsweise der Lebewesen annimmt, einen geheimnisvollen Zusammenhang, der zur Folge hat, daß der Organismus auf die Einflüsse der Umwelt unmittelbar in einem für ihn günstigen Sinne antwortet; oder ob man mit den Mechanisten eine indirekte Entstehung der Anpassungen, etwa im Wege der Selektion, für die allein denkbare hält.

In manchen Fällen, besonders bei den höheren Wirbeltieren, lehrt uns die Betrachtung der eingetretenen Veränderungen selbst, daß es sich um Anpassungen handelt. Wir wissen aus der Erfahrung bei uns und unseren Haustieren, daß langbeinige Formen besser laufen als kurzbeinige. Die Versuche der Schiffbauer haben die Nützlichkeit des Torpedotypus für die Fortbewegung im Wasser unzweifelhaft bewiesen. In einer kleinen Arbeit über die ethologische Bedeutung der Umformungen der Cephalopodenschale habe ich auch diese Vorgänge auf Grund mechanischer Überlegungen als nützlich im obigen Sinn darzustellen versucht.

Je weiter wir in der Stufenleiter der Organismen hinabsteigen, desto mehr versagen diese direkten Methoden zur Feststellung des Vorhandenseins von Anpassungen, weil wir die Lebensbedingungen immer ungenügender durchschauen und uns der Vergleich mit unserer eigenen täglichen Erfahrung im Stiche läßt. Es gibt aber einen indirekten Weg, um wahrscheinlich zu machen, daß gewisse Eigenschaften durch Anpassung entstanden sind, wenn wir nämlich finden, daß sie unter den gleichen Lebensbedingungen bei systematisch weit voneinander entfernten Gruppen wiederkehren und daß die mit ihnen ausgerüsteten Formen sich im Laufe der Erdgeschichte siegreich auszubreiten vermögen. Komplexe von Eigenschaften, für die dies zutrifft, bezeichnen wir als Anpassungstypen.

Der Zweck dieser Zeilen ist nun, das Vorhandensein bestimmter Anpassungstypen bei den Kalkalgen aufzuzeigen und den Wert ihres Nachweises für die wissenschaftliche Begreifung dieser biologischen Pflanzengruppe zu prüfen. In einem weiteren Rahmen, aber weniger ins einzelne gehend, hat u. a. OLTMANNs ähnliche Gedankengänge auf die Algen angewendet.

Um meinen Gegenstand vollständig durchzuführen, muß ich eine Voraussetzung machen, die nicht hier, sondern in einer größeren, nahezu abgeschlossenen Arbeit begründet werden soll. Ich betrachte nämlich die sogenannten Spongiostromen, also die „Gattungen“ *Cryptozoon*, *Collenia*, *Archaeozoon*, *Gymnosolen*, *Pycnostroma* usw., als fossile, durch Spaltalgen gebildete Kalkstöcke. (Nur einige abweichende Formen, wie *Newlandia*, *Gallatinia* und ähnliche, sehe ich für anorganische Gebilde an.) Eine vorläufige Übersicht dieser Fossilien und meiner Art, sie zu benennen, habe ich

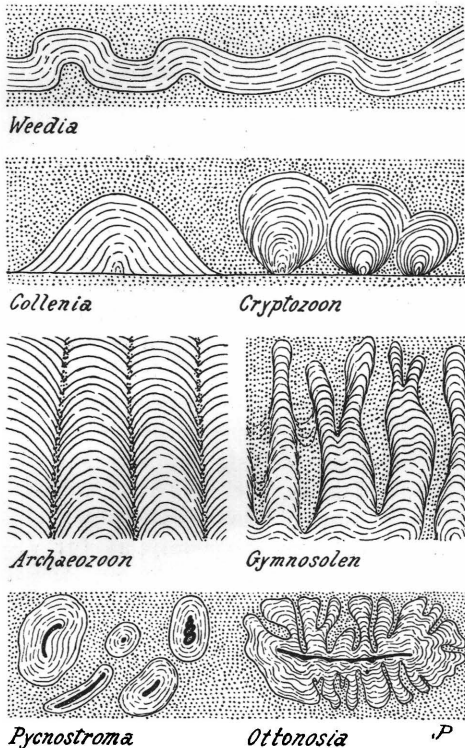


Fig. 1. Die Hauptformen der Spongiostromen in stark vereinfachten Schnitten. Maßstab verschieden. Vergl. auch Tafel XVI.

in HIRMERS Handbuch der Paläobotanik gegeben. Ich muß hier auf sie und unsere Textfigur 1 verweisen. Im Gegensatz zu den rezenten kalkfällenden Spaltalgen sind diese fossilen Formen vorwiegend Meeresbewohner. Der Umstand, daß gesteinsbildende Spaltalgen heute im Meer mit ganz verschwindenden Ausnahmen fehlen, wogegen sie während des Paläozoikums und noch des Mesozoikums — wenn meine Deutung der Spongiostromen richtig ist — auch hier zu den wichtigsten Kalkbildnern gehörten, muß sicherlich sehr auffallen. Es dürfte dies doch wohl ein Beispiel sein, daß eine höher organisierte Gruppe, die Corallinaceen, eine niedriger organisierte, wenn auch in derselben Weise angepaßte, aus einem Lebensraum vollständig verdrängt hat. Nur im Süßwasser, in das die Corallinaceen bisher nicht eingewandert sind, konnte sich die uralte Pflanzenformation der Spaltalgenkalke halten.

Ich werde mich im folgenden wesentlich auf die benthonischen Kalkalgen beschränken. Zwar könnte man auch unter den planktonischen Analogien zu finden versuchen. Die vorwiegend marinen Flagellaten aus der Familie der *Coccolithophoraceae* oder Kalkgeißler und die süßwasserbewohnende Grünalge *Phacotus* stimmen in der rundlichen Körperform, dem Besitz zweier Geißeln und einer Kalkschale überein. Die Konvergenz scheint mir aber doch nur im Vorhandensein eines — übrigens recht verschieden gebauten — Kalkpanzers zu liegen. Denn die anderen Ähnlichkeiten sind wohl einfach allgemeine Merkmale der ursprünglichen, wenig spezialisierten, frei lebenden Zelle.

Ich wende mich deshalb gleich den bodenbewohnenden Kalkalgen zu. Ihr Lebensbereich ist ziemlich enge umschrieben. Das Bedürfnis nach Licht einerseits, nach Anheftung andererseits beschränkt sie der Hauptsache nach

auf das Küstengebiet. In einer Tiefe von wenigen Dutzenden von Metern tritt ihre Bedeutung schon sehr zurück. Gegen oben gehen viele von ihnen so weit, daß sie bei Niederwasser durch längere Zeit trocken liegen. Die Mannigfaltigkeit der Bedingungen innerhalb dieses Raumes ist — außer durch die chemische Beschaffenheit und mechanische Trübung des Wassers sowie durch die Lichtstärke — vorwiegend durch die größere oder geringere Einwirkung der Wellen und Strömungen gegeben. Ich glaube, daß sich alle hier lebenden Kalkalgen unter 3 Haupttypen bringen lassen, nämlich Krusten, Knollen und Stämmchen. Ganz im allgemeinen wird man sagen dürfen, daß die Krusten das am stärksten bewegte, die Stämmchen das am wenigsten bewegte Wasser bevorzugen, während die Knollen in der Mitte stehen.

I. Krusten.

Sie sitzen mit breiter Grundfläche einer im Verhältnis zu dem Algenstock großen Unterlage fest auf. Wir können unter ihnen wieder 3 Formen unterscheiden.

1. Einfache Krusten ohne stärker entwickelte, zweig- oder blattförmige Vorragungen, wenn auch oft mit unebener Oberfläche.

Unter den Rotalgen gehören hieher viele Corallinaceen der Gattungen *Melobesia*, *Lithothamnium* usw. (Unterfamilie *Melobesieae*). Übrigens ist die äußere Gestalt bei ihnen ziemlich wechselnd und zeigt innerhalb derselben Art je nach dem Standort alle Übergänge zu der nächsten Anpassungsform.

Im Süßwasser werden die Algenkrusten durch die Spaltalgen oder Blaualgen (*Schizophyceae*, *Cyanophyceae*) gebildet. Wir finden sie fast überall, wo der Kalkgehalt des Wassers ausreicht, in Bächen, Flüssen und Seen, auf Steinen, Hölzern, Schilfstengeln usw. Gattungen wie *Rivularia* und *Schizothrix* spielen die Hauptrolle, doch gibt es neben ihnen noch sehr viele andere, die in ihre Kolonien Kalk einlagern. Die Spaltalgenkrusten sind viel weniger fest als die Corallinaceenkrusten und sehr porös. Sie können reichlich Wasser aufnehmen, es lange festhalten und auch kapillar weiterleiten. Sie ermöglichen es den in ihnen lebenden Algen, tiefe Wasserstände zu überdauern. Wenn die unteren Teile eines überkrusteten Felsblockes noch ins Wasser tauchen, saugen sie dieses bis zu den Algen der Oberseite hinauf.

Knapp unter der Linie des normalen Niederwassers finden die krustenbildenden Algen oft besonders günstige Bedingungen. An steilen Felsufern erzeugen sie hier vorspringende, unten überhängende Gesimse. Vgl. Fig. 2. Unsere Abbildungen, Taf. 15, Fig. 1, und Fig. 2, zeigen zwei solche Gesimse, ein im Adriatischen Meer durch Corallinaceen gebildetes und eines aus Schizophyceenkalk im See von Annecy. Die weitgehende Übereinstimmung ihrer Form fällt wohl in die Augen.

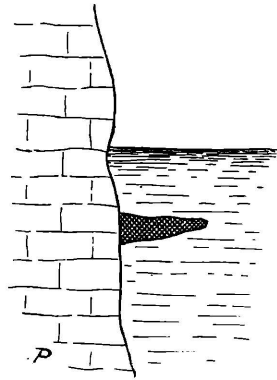


Fig. 2. Schematischer Schnitt durch das Algenkalkgesimse am Roc de Chère im See von Annecy. $\frac{1}{60}$ nat. Gr. Nach Forel, 1904. Vergl. Taf. XV.

Unter den fossilen Spongiostromen entsprechen den einfachen Krusten die „gewöhnlichen Stromatolithe“, die ich mit einem WALCOTTSCHEM Namen *Weedia* nenne. Auch die domförmigen Collenien schließen sich naturgemäß hier an. Vgl. Fig. 1.

Außer den Spaltalgen gibt es im Süßwasser noch andere Gruppen, die — besonders in Bächen — Kalkkrusten erzeugen. Ich nenne die Desmidiacee *Oocardium* und die Siphonee *Vaucheria*. Geologisch spielen sie allerdings nur eine verschwindende Rolle.

2. **Geweihkrusten.** Von der Oberfläche erheben sich rundliche, oft verzweigte, starre Äste.

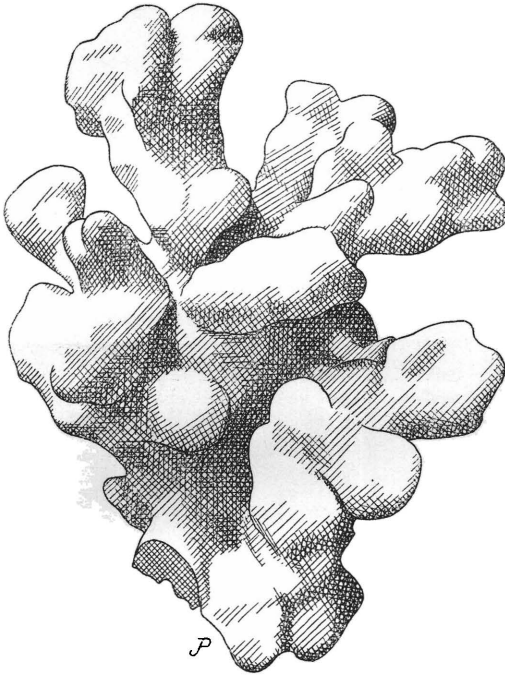


Fig. 3. Stück des Thallus von *Lithothamnium valens*
Fossilie. Nach Pia, 1926.

Wie erwähnt, sind die Geweihkrusten mit den einfachen Krusten durch alle Übergänge verbunden. Diese Anpassungsform bedingt offenbar eine größere Oberflächenentwicklung, aber auch eine größere Zerbrechlichkeit. Wir finden sie gegenwärtig vor allem bei den sehr festen Corallinaceen („Steinalgen“) *Lithothamnium* und *Lithophyllum*. Vergl. Fig. 3.

Unter den heutigen Spaltalgenkalken des Süßwassers scheinen Geweihkrusten nicht vorzukommen. Wohl aber treffen wir sie — wenn auch in größerer Ausbildung als bei den Corallinaceen — unter den fossilen marinen Spongiostromen. Sie sind unter verschiedenen Namen beschrieben worden, von denen wohl *Gymnosolen* STEINMANN am eindeutigsten verwendet wurde.

Die mehr säulenförmigen Archäozoen führen zu den Cryptozoen im engeren Sinne hinüber, die mit einer schmalen Basis aufgewachsen sind und sich gegen oben kugelig erweitern, so daß die Gesamtform an einen Krautkopf erinnert. Vergl. Taf. XVI. Sie bilden eine Art Übergang zu dem Knollentypus. Man könnte sie vielleicht auch als **Kopfkrusten** besonders ausscheiden. Ihre Zugehörigkeit zum Krustentypus bezeugen die soeben aufgezählten Spongiostromen dadurch, daß sie häufig im Hangenden von einfachen, gewellten Stromatolithen überwachsen sind. Taf. XVI. Diese wurden jedenfalls von denselben Algen gebildet, wie die stark gegliederten Stöcke darunter.

3. **Blattkrusten.** Die Fortsätze, die sich über die Kruste erheben, sind nicht drehrund, sondern stark abgeflacht.

Meist sind sie mehr oder weniger parallel untereinander und mit der Unterlage angeordnet, wie bei *Lithophyllum expansum*. Doch gibt es auch Arten mit senkrecht abstehenden Blättern, wie *Lithophyllum dentatum* (Fig. 4). Von anderen Familien gehören hierher manche Squamariaceen, wie *Peyssonelia squamaria* (Fig. 5), die ja aber mit den Corallinaceen nahe verwandt sind. Andere Vertreter dieser Anpassungsform sind mir nicht erinnerlich. Nach der etwas unklaren Beschreibung könnte vielleicht *Cryptozoon saxiroseum* SEELY aus dem Ordovizium hierher gehören.

Die Krustenalgen sind die einzigen Pflanzen, die echte Riffe zu bilden vermögen. Denn nur bei ihnen sind die Skelette auch nach dem Tod mit der Unterlage fest verbunden, so daß steil aufragende Bauten entstehen können. Man hat zwar vielfach von Dasycladaceen- und Codiaceenriffen, ja sogar von Characeenriffen gesprochen. Ich halte dies für irreführend, denn Algen, deren Kalkhüllen nach dem Tode lose auf dem Grund des Wassers liegen, können nur sanft geböschte Bänke, aber keine steilen Riffe bilden.

Wenn die Wellen oder der winterliche Frost die Algenkrusten absprengen, bildet sich ein Kalksand, der beispielsweise im Bodenseegebiet recht verbreitet ist. Sein meerisches Gegenstück ist der Lithothamniengrus, aus dem die Hauptmasse der Leithakalke und der anderen Lithothamnienkalke besteht. Er dürfte vorwiegend von verzweigten Krusten herrühren. Natürlich sind auch Knollen an der Bildung der Sande beteiligt.



Fig. 4. Stück der Thallusoberfläche von *Lithophyllum dentatum* Kützg. Nach Lemoine 1911. Von der Kruste erhebensich unregelmäßig gewundene Blätter.

II. Knollen.

Die Knollen sind rundliche, allseits freie Kalkalgenstöcke, die lose auf dem Boden des Wassers liegen und in den typischen Fällen nach allen Seiten radial weiter wachsen. Vgl. Taf. XVII—XX. Auch sie sitzen häufig — obzwar scheinbar nicht immer — einem Fremdkörper auf. Dieser ist aber verhältnismäßig klein, beweglich und wird von den Algen allseits umhüllt. Wir können unter den Algenknollen wieder 2 Typen unterscheiden.

1. Einfache Knollen mit glatter, gewellter oder gefurchter, aber nicht in Äste zerteilter Oberfläche.

Viele Corallinaceen gehören hierher. Vgl. Taf. XX, Fig. 1. Besonders verbreitet und wichtig ist dieser Typus aber unter den Cyanophyceen des Süßwassers. Man kann bei ihnen mindestens 2 Unterformen der Knollen auseinanderhalten, die nur durch verhältnismäßig seltene Übergänge verbunden sind.

Die Schneckgelisteine, wie sie am Bodensee genannt werden, sind nur wenige Zentimeter groß, meist stark abgeflacht, oft auf einer Seite

konkav oder sogar ganz durchbrochen. Taf. XVII, Fig. 1. Sie zeigen eine deutlich konzentrische Struktur, indem Zonen stark lückigen Kalkes gegen außen mit dünnen dichteren Lagen abschließen. Der dichtere Kalk entspricht der Unterbrechung des Wachstums durch das winterliche Niederwasser. Den Kern der Schneggelisteine bildet meist eine Molluskenschale, ein Stückchen Schilfrhizom oder ein Sandkorn, nicht selten auch ein Bruchstück eines älteren Algensteinchens. Aus den Jahresringen berechnet sich das Alter größerer Schneggelisteine auf etwa 5 bis 20 Jahre. Im Untersee bilden sie, untermischt mit Kalkalgensanden, als sogenannte Schneggelisande, mehrere Kilometer lange Bänke. Auch im Starnberger See kommen sie vor. Die „Water biscuits“ des Lake Canandaigua im Staate New York schließen sich ihnen enge an, wenn sie auch teilweise etwas größer sind.



Fig. 5. *Peyssonnelia squamaria* (Gmelin) Decaisne. Aus Pia, 1926. Thallus aus wagrechten Blättern.

Die Algenkalkkugeln sind viel größer als die Schneggelisteine, bis 1 Fuß im Durchmesser. Sie haben eine rauhere Oberfläche und sind im Innern viel größer lückig, mit breiteren und weniger scharfen Schichten. Taf. XVIII, Fig. 2. Die Form ist meist mehr kugelig, ohne Konkavität. Sie scheinen auf langsam fließende Wässer beschränkt zu sein. Typische Vorkommen sind die im Rhein bei Konstanz (Taf. XVIII) und Stein, in der Hürbe (Württemberg) und in den Flüssen Little Conestoga und Donegal in Pennsylvania.

Ein Wort muß noch über die Art des Wachstums der Knollen gesagt werden.

Man hat sich allgemein vorgestellt, daß immer nur die gut belichtete Oberseite ausgiebig wächst und daß die Algenknollen häufig durch die Wellen umgewendet werden müssen, wenn sie sich allseitig entwickeln sollen. In der Tat findet man auch, daß solche Knollen, die einem weichen Untergrund mit breiterer Basis aufliegen, an dieser oft mangelhaft verkalkt oder ganz offen sind. Andererseits hat aber RODDY an den Knollen aus Pennsylvania beobachtet, daß die Zuwachsschichten bei exzentrischer Lage des Kernes längs eines Radius von innen bis außen fast gleich dick sind und daß sie dort, wo die Kalkkugeln ungestört liegen, auf der Unterseite dicker als auf der Oberseite sind. Das spricht entschieden dafür, daß viele Knollen zeitlebens in derselben Stellung verharren und daß ihre Unterseite stärker wächst als die Oberseite. Es ist wohl denkbar, daß die Belichtung der Oberseite an vielen Standorten den günstigsten Wert für die betreffende Algen schon überschritten hat. Um aber zu erklären, daß sich auch am Unterstützungspunkt selbst Kalk niederschlägt und dabei den Knollen in die Höhe hebt, scheint mir ein Vergleich mit den Kristallen nützlich, die ja auch vielfach auf der Unterseite, mit der sie aufliegen, am stärksten wachsen. In ähnlicher Weise mag unter dem Einfluß der im Schatten kräftig gedeihenden Algen der Kalkniederschlag gerade am Unterstützungspunkt am stärksten sein. Durch einen solchen Vorgang würde der Knollen mit der Zeit auch etwas gedreht. Wenn er aber von Anfang an eine abge-

flachte Gestalt hat, wird er sich nicht ganz umdrehen, sondern der Unterstützungspunkt wird nur in einem beschränkten Teil der Oberfläche hin und her wandern. Für den ganzen Vorgang ist jedenfalls eine ziemlich harte Unterlage erforderlich.

Die Spaltalgenknollen bestehen nicht etwa aus je einer Art. Vielmehr werden sie von einer großen Zahl — bis zu einem Dutzend — Spezies aufgebaut, die ganz verschiedenen Familien angehören und deren jede durch zahllose Individuen vertreten ist. Dennoch verhält sich das ganze Gebilde in vieler Hinsicht wie ein einheitlicher Organismus, eine wahrhaft erstaunliche Einrichtung. Auch die 2 Typen der Knollen, die wir unterschieden haben, sind mehr ein Ausdruck der Lebensbedingungen, als für bestimmte Algenarten bezeichnend. Trotzdem würde man, wenn man sie fossil an so weit voneinander entfernten Orten ganz gleich wiederfände, kaum zögern, sie mit einem Gattungs- und Artnamen zu belegen. Das ist für die Behandlung der Spongiostromen jedenfalls sehr wichtig.

Natürlich ist in größeren Algenknollen nur die äußerste Schichte von lebenden Zellen erfüllt. Das Innere ist ein totes Gerüst, etwa so wie das Kernholz eines Baumstammes.

Fossile Algenknollen sind sehr häufig. Zunächst gehören hieher die Lithothamnienkollen älterer Schichten. Auch die meisten Solenoporaceen dürften eine rundliche Form gehabt haben. Die freiliegenden Spongiostromen sind meiner Meinung nach als *Pycnostroma* GÜRICH zu bezeichnen. Daneben kennt man auch fossile Kalkalgenknollen, in denen die Abdrücke der Algenfäden noch deutlich zu sehen sind. Ich fasse sie als Porostromen zusammen. Bei *Girvanella* sind die Schläuche knäuelartig aufgerollt, bei *Micheldeania* und *Ortonella* radial angeordnet, bei allen diesen Gattungen verzweigt. Die Sphaerocodien sind Verwachsungen verschiedener Girvanellen, Pycnostromen und wohl noch anderer Algen. Vgl. Taf. XVII, Fig. 2.

2. G e w e i h k n o l l e n. Bei ihnen ist die Oberfläche, so wie bei den Gweihkrusten, in Äste aufgelöst.

Viele Lithothamnien und Lithophyten bilden solche Knollen (Fig. 2 auf Taf. XX). Aber auch unter den Spongiostromen kommen sie vor. Vgl. Fig. 1. Man wendet für sie wohl am besten den Namen *Ottonosia* TWENHOFEL an.

B l a t t k n o l l e n scheinen — so viel ich bisher sehe — nur eine sehr geringe Rolle zu spielen. Möglicherweise gehört das oben (S. 215) genannte *Cryptozoon saxiroseum* richtig zu ihnen. Ich vermag dies auf Grund des Schrifttums allein nicht zu entscheiden.

III. Stämmchen.

Unter diesem etwas willkürlich gewählten Namen fasse ich alle jene aufrecht oder schräg wachsenden, mehr oder weniger langgestreckten Kalkalgen zusammen, deren Skelett mit dem Boden nicht fest verbunden ist, sondern nur durch einen unverkalkten oder schwach verkalkten Abschnitt des Thallus mit ihm zusammenhängt. Dieser Zusammenhang wird nach dem Tode der Pflanze inofgedessen rasch gelöst und die Skelette oder die Stücke, in die sie zerfallen, liegen dann am Grunde des Wassers. Während die Krusten der Wasserbewegung einen starren Widerstand entgegensetzen, die

Knollen gerollt und dabei wohl leicht beschädigt werden, weichen die Stämmchen elastisch aus. Es scheinen diesem Hilfsmittel aber engere Grenzen gezogen zu sein als der reinen Verfestigung. Denn wir finden die Stämmchenalgen vorwiegend dort, wo die Wellenbewegung nicht zu stark ist. Bezeichnenderweise treten krustenförmige Corallinaceen besonders auf dem Außenriff der Koralleninseln auf, Halimeden dagegen findet man massenhaft in den Lagunen.

Zum Typus der Stämmchen gehören vor allem die Dasycladaceen (Wirtelalgen). Unter ihnen habe ich schon bei einer früheren Gelegenheit eine Reihe von Anpassungsformen unterschieden, denen sich auch Arten aus anderen Familien zwanglos anschließen. Vgl. Fig. 6. Die meisten dieser Anpassungsformen sind schon innerhalb der Wirtelalgen mehrmals unabhängig entstanden. Ich unterscheide:

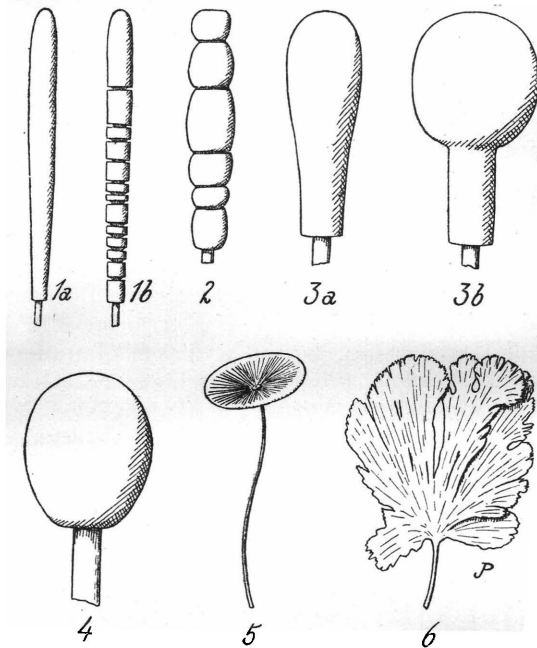


Fig. 6. Die hauptsächlichsten Formen der Stämmchenkalkalgen. Haarförmige Assimilatoren, die in vielen Fällen über die Schale vorragten, sind nicht gezeichnet. Unten in Fig. 1–4 sieht man den Beginn des nackten Teiles der Stammzelle. Maßstab verschieden. — 1a = ungegliederter Stab (*Teutloporella* oder *Diplopora*) — 1b = gegliederter Stab (*Diplopora*). — 2 = einfache Perlschnur (*Cymopolia*). — 3a = gewöhnliche Keule (*Petrascula*). — 3b = Kopfkeule (*Sestrosphaera*). — 4 = Kugel (*Goniolina*). — 5 = Schirm (*Acetabularia*). — 6 = Blatt (*Udotea*).

A. Unverzweigte Formen.

1. Stäbe.

a) Der ungegliederte Stab von einfach zylindrischer Gestalt. Er ist wohl die Urform der Dasycladaceen. Ich nenne *Rhabdoporella*, *Oligoporella*, *Macroporella*.

b) Der gegliederte Stab ist im Gegensatz zum ungegliederten durch ringförmige Unterbrechungen der Kalkschale etwas biegsam. Er ist aus jenem offenbar in mehreren Gattungen entstanden, so bei *Diplopora*, *Teutloporella*,

Physoporella. Aber auch die umgekehrte Entwicklung, durch Rückbildung der Ringfurchen, läßt sich nachweisen.

2. Die einfache Perlschnurform. Sie unterscheidet sich von dem gegliederten Stab durch die größere Beweglichkeit der mehr rundlichen Glieder, in deren jedem sich die Form der Äste gesetzmäßig ändert. Im übrigen ist sie ziemlich selten und fossil von der verzweigten Perlschnurform nicht sicher zu unterscheiden. Ein rezenter Vertreter ist *Cymopolia van Bossei*. Vielleicht gehören auch die fossilen Codiaceen *Dimorphosiphon* und *Boueina* hieher.

3. Die Keulenform. Sie kann mehr oder weniger langgestreckt sein. Kopf und Hals der Keule sind bald deutlich gegeneinander abgesetzt, bald gehen

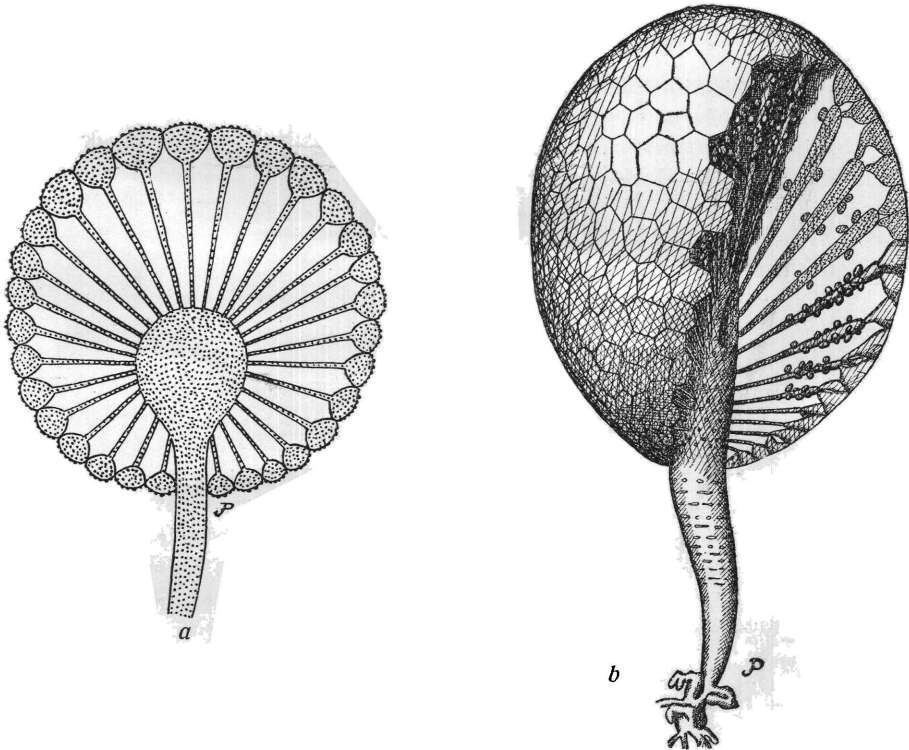


Fig. 7. Zwei Beispiele kugeliger Dasycladaceen. — *a* = *Cyclocrinus porosus* Stoll, aus dem Ordovizium. Längsschnitt 6:1. — *b* = *Bornetella capitata* (Harvey) Agardh, Rezent, teilweise aufgeschnitten, 11:1. Aus Pia 1926 & 1927. Beachte die sehr verschiedene Organisationshöhe bei ganz ähnlicher Gesamtform *Cyclocrinus* hat unverzweigte Äste und keine selbständigen Sporangien.

sie allmählich ineinander über. Der Typus findet sich schon im Altpaläozoikum (*Mastopora piriformis*, *Apidium*), dann im Mesozoikum sehr häufig (*Griphoporella Gumbeli*, *Palaeodasycladus*, *Petrascula*, *Conipora*, *Tripoporella*, *Sestrosphaera*), im Tertiär (*Dactylopora*, *Digitella* usw.) und auch rezent (z. B. *Neomeris dumetosa*, *Bornetella nitida*).

4. Die Kugelform unterscheidet sich von der Keulenform dadurch, daß der Stiel nur aus der nackten Stammzelle besteht, wogegen die Enden aller Wirteläste letzter Ordnung auf der Oberfläche einer Kugel, eines Ovoides

oder eines Ellipsoides liegen. Hieher gehören die paläozoischen Gattungen *Cyclocrinus*, *Coelosphaeridium* und *Mastopora* (zum größten Teil), die jurassische *Goniolina*, die rezente *Bornetella sphaerica* und *Born. capitata*. Vgl. Fig. 7.

5. Den Schirmtypus, der auf die Tribus der *Acetabularieae* beschränkt ist, können wir hier kurz übergehen. Dazu kommt:

6. Der Blatttypus, der bei den Dasycladaceen fehlt, aber bei den Codiaceen durch *Udotea* und bei den Braunalgen durch *Padina* vertreten ist. Funktionell dürfte dieser Typus dem vorigen recht ähnlich sein. Der Unterschied zwischen ihnen ist wohl ein organisatorischer.

B. Verzweigte Formen.

Die Verzweigung erfolgt meist vorwiegend in einer Ebene.

1. Ungegliederte Büsche. Sie kommen unter den Dasycladaceen nur im Paläozoikum vor: *Vermiporella*, *Anthracoporella*. (Taf. XXI.) Dagegen wird man die rezente Floridee *Liagora* wohl am besten hieher rechnen. Ihr Basalteil ist zwar nicht ganz kalkfrei, aber doch so zart, daß der ganze Stock sicher beweglich ist und nach dem Zerfall der Weichteile umbrechen muß. (Taf. XXII.)

2. Die verzweigte Perlschnurform. (Vgl. Fig. 8.) Sie wird heute durch *Cymopolia barbata* vertreten. Wie schon erwähnt, ist es bei fossilen Dasycladaceen des Perlschnurtypus nicht möglich, zu entscheiden, ob sie verzweigt waren oder nicht, weil die Verzweigung stets in dem unverkalkten Teil des Thallus zwischen den Gliedern erfolgt. Mit diesem Vorbehalt wären folgende fossile Gattungen hier anzuführen: *Mizzia*, *Uteria*, *Belzungia*, *Karrerria*. Ist es für den Kenner schon klar genug, daß diese Gattungen nicht voneinander abstammen können, sondern daß es sich hier um Parallelismen handelt, so gibt uns der verzweigte Perlschnurtypus außerdem in höherem Grad als alle vorhergehenden Gelegenheit, auch Angehörige anderer Familien heranzuziehen. Er kehrt zunächst unter den Codiaceen bei der Gattung *Halimeda* wieder. Manchmal sind deren Glieder drehrund, wie bei *Cymopolia* (Fig. 8 b); häufiger sind sie abgeflacht. Es ist ziemlich einleuchtend, daß dadurch an vielen Standorten günstigere Beleuchtungsverhältnisse geschaffen werden können. Wenn diese Einrichtung bei den Wirtelalgen trotzdem fehlt, dürfen wir vielleicht vermuten, daß sie mit dem Grundzug ihrer Organisation, der ringsum gleichen Anordnung der Wirteläste um die Stammzelle, nicht vereinbar war. Der Einfluß der Umwelt ist eben — wie wir jetzt schon mehrfach sahen — kein unbeschränkter, sondern durch die Entwicklungsmöglichkeiten des Organismus begrenzt. Auch *Penicillus* und *Ovulites* wird man am besten zu den verzweigten gegliederten Büschen rechnen, wenn man für sie nicht einen eigenen Pinseltypus aufstellen will. Aber nicht nur unter den Grünalgen finden wir jenen Typus, sondern auch unter den Rotalgen. Da ist zunächst *Galaxaura* zu nennen (Fig. 8 d), die auch im inneren Bau, der Ausbildung von Markfäden und Rindenzellen, sehr an Codiaceen erinnert. Bei fossilen Resten läßt sich nur dann, wenn man die Konzeptakeln auffindet, entscheiden, daß man es mit Chaetangiaceen

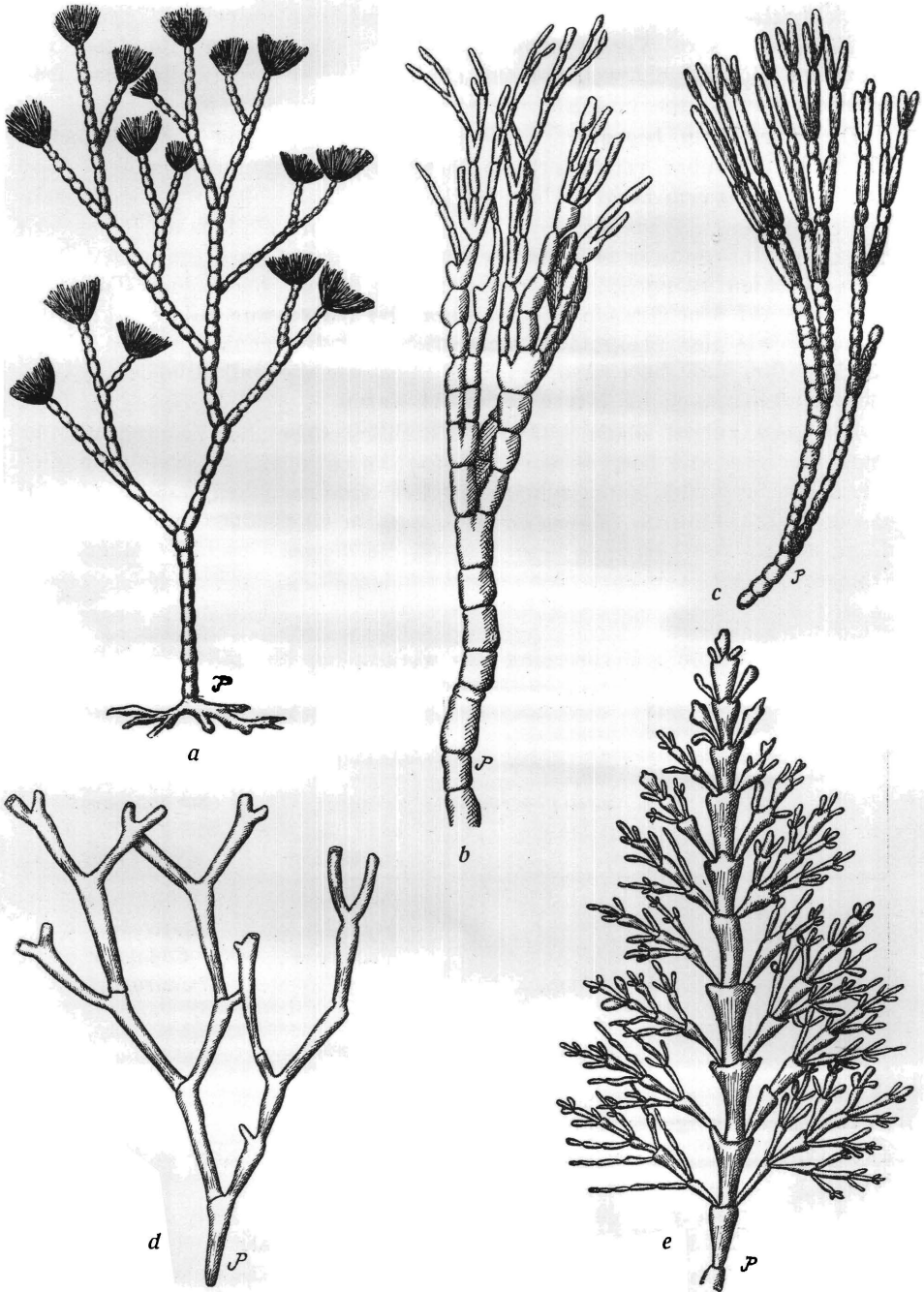


Fig. 8. Beispiele von rezenten Kalkalgen des gegliederten Perlschnurtypus. — *a* = *Cymopolia barbata* (L.) Lamx. Ganze Pflanze in nat. Gr. Aus Pia, 1926 (*Dasycladaceae*). — *b* = *Halimeda incrassata* Lamx, forma *monilis* Lamx. Teil des Thallus in nat. Gr. Nach Barton (*Codiaceae*). — *c* = Fadenende aus dem Schopf von *Penicillus nodulosus* Blainv. 4:1. Aus Pia, 1926 (*Codiaceae*). — *d* = *Galaxaura oblongata* (Ellis et Solander) Lamx. Teil des Thallus, 4:1. Nach Borgesen, 1927 (*Chaetangiaceae*). — *e* = *Corallina officinalis* L. Stück des Thallus, 4:1. Aus Pia, 1926 (*Corallinacae*).

und nicht mit Codiaceen zu tun hat. Endlich gehören demselben Typus auch *Corallina* und ihre Verwandten an, die im System der Rotalgen von *Galaxaura* wieder recht weit entfernt sind. Ihnen ist eigentümlich, daß man die Äste oft in Haupt- und Nebenäste einteilen kann. Fig. 8 e.

Den Spaltalgen begegnen wir unter dem Haupttypus der Stämmchen nicht mehr. Offenbar verhindert sie ihre geringe Organisationshöhe, diese komplizierteste Form hervorzubringen.

Geschlossene Bestände von Stämmchenalgen sind als Rasen zu bezeichnen. Im Süßwasser entsprechen ihnen die Characeenrasen. Auch ihre verkalkten Stengelglieder und Früchte liegen nach dem Tode der Algen lose auf dem Grunde des Wassers und tragen zur Bildung kalkiger Sedimente, wie der Seekreiden, wesentlich bei. Übrigens sprechen einige Gründe dafür, daß die Charophyten, ähnlich wie die kalkfällenden Cyanophyceen, früher auch im Meere verbreitet waren.

Ich gebe zuletzt einen knappen Überblick über die Verbreitung der wichtigsten von uns besprochenen Pflanzenformationen. So weit man dies heute schon beurteilen kann, scheint aus ihm hervorzugehen, daß die physiologische Kalkfällung im Süßwasser gleichsam in einer altertümlichen Weise erfolgt, daß sie von Gruppen besorgt wird, die diesem Geschäft früher auch im Meere oblagen, von dort aber verschwunden sind.

Übersicht über die Verbreitung der wichtigsten kalkfällenden Algen.

	Süßwasser	Meerwasser	
		rezent	fossil
Krusten und Knollen	<i>Schizophyceae</i>	<i>Melobesieae</i>	<i>Schizophyceae</i> (Spongiostromen) <i>Melobesieae</i>
Rasen	<i>Characeae</i>	<i>Corallineae</i> <i>Dasycladaceae</i> <i>Codiaceae</i>	<i>Corallineae</i> <i>Dasycladaceae</i> <i>Codiaceae</i> ? <i>Charophyta</i>

Literatur.

- Barton, E. S. The genus *Halimeda*. (Siboga-Expeditie, Bd. 60, Leyden.)
 Bassler, R. S. The Cambrian and Ordovician deposits of Maryland. (Maryland Geol. Surv., Baltimore 1919.)
 Børgesen, F. Marine Algae from the Canary Islands, especially from Teneriffe and Gran Canaria. III. Rhodophyceae. Part I, Bangiales and Nemalionales. (Danske Videnskab. Selsk., Biolog. Meddel., Bd. 6, H. 6, København 1927.)
 Forel, F. A. Le Léman. Monographie limnologique. Bd. 3, Lausanne 1904.
 Garwood, E. J. Some new rock-building organisms from the lower Carboniferous beds of Westmorland. (Geol. Mag., R. 6, Bd. 1, S. 265, London 1914.)

- Gürich, G. Les Spongiostromides du Viséen de la province de Namur. (Mém. Mus. Belge d'hist. nat., Bd. 3, Bruxelles 1906.)
- Hirmer, M. Handbuch der Paläobotanik. Bd. 1, München 1927.
- Lemoine, P. Structure anatomique des Melobesiées. Application a la classification. (Ann. Inst. Océanograph., Bd. 2, H. 1, Paris 1911.)
- Le Roux, M. Recherches biologiques sur le lac d'Annecy. (Ann. de Biologie lacustre, Bd. 2, S. 220, Bruxelles 1907—08.)
- Oltmanns, F. Morphologie und Biologie der Algen. Bd. 3, 2. Aufl., Jena 1923.
- Pia, J. Die Siphoneae verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. (Abh. Zool.-botan. Ges. Wien, Bd. 11, H. 2, Wien 1920.)
- Über die ethologische Bedeutung einiger Hauptzüge in der Stammesgeschichte der Cephalopoden. (Annal. Naturh. Mus. Wien, Bd. 36, S. 50, Wien 1923.)
- Pflanzen als Gesteinsbildner. Berlin 1926.
- Roddy, H. J. Concretions in streams formed by the agency of blue green algae and related plants. (Proc. Amer. Philos. Soc., Bd. 54, S. 246, Philadelphia 1915.)
- Seely, H. M. Cryptozoa of the early Champlain sea. (Rep. State Geol. Vermont, Bd. 5. 1905—06, S. 156, Montpelier 1906.)
- Steinmann, G. Über Gymnosolen Ramsayi, eine Coelenterate von der Halbinsel Kanin. (W. Ramsay, Beiträge zur Geologie der Halbinsel Kanin. Fennia. Bull. Soc. Géogr. de Finlande, Bd. 31, Nr. 4, S. 18, Helsingfors 1911.)
- Twenhofel, W. H. Pre-Cambrian and Carboniferous algal deposits. (Amer. Journ. of Sc., R. 4, Bd. 48, S. 339, New Haven 1919.)
- Walcott, Ch. D. Pre-Cambrian Algonkian algal flora. (Cambrian Geol. & Pal., Bd. 3, Nr. 2 = Smithsonian Misc. Coll., Bd. 64, Nr. 2, S. 77, Washington 1914.)
- Weber-Van Bosse, A. & Foslie, M. The Corallinaceae of the Siboga-Expedition. (Siboga-Expedition, Bd. 61, Leyden 1904.)

Tafelerklärungen.

Tafel XV. Kalkalgesimse.

- Fig. 1. Kalksaum im Brandungsgebiet an der Küste der Insel Busi (südwestlich von Lissa, Süddalmatien), gebildet von *Lithophyllum tortuosum* f. *crassa*. Aus Pia, 1926.
- Fig. 2. Das Algenkalkgesimse am Roc de Chère im Sec von Annecy, bei sehr tiefem Wasserstand, teilweise trocken gelegt. Auf dem Felsen darüber deutet ein dunkles Band vertrockneter *Tolypothrix* die gewöhnliche Höhe des Wasserspiegels an. Aus Le Roux, 1908.

Tafel XVI. Beispiele des Stromatolithen (krustenförmigen Spongiostromen) des Conococheague-Kalkes (Oberkambrium) von Maryland. Aus Bassler, 1919.

- Fig. 1. *Archaeozoon*. $\frac{2}{3}$ nat. Gr. Bei Pleasant Hill School nächst Funkstown.
- Fig. 2. *Cryptozoon*. $\frac{1}{6}$ nat. Gr. Bei Charlton.

Tafel XVII. Kleine Spaltalgenknollen. Naturhist. Mus. Wien. Phot. Lotte Adametz.

- Fig. 1. Schneggelisteine aus dem Wollmatinger Ried bei Konstanz am Bodensee. Nat. Gr.
- Fig. 2. „*Sphaerocodium Kokeni* Wagn.“ aus dem oberen Muschelkalk von Eschenau bei Vellberg, Württemberg. Nat. Gr.

Tafel XVIII. Spaltalgenkugeln aus dem Rhein bei Konstanz, am rechten Ufer unter Stromeyersdorf.

Fig. 1. Die Ablagerung, bei Niederwasser trocken gelegt. Aus Pia, 1926.

Fig. 2. Querschnitt eines Knollens in nat. Gr. Naturhistor. Mus. Wien. Phot. Lotte Adametz. Nach Roddy wäre dies die natürliche Stellung.

Tafel XIX. Knollen von *Lithothamnium erubescens* f. *haingsisiana* an der Küste der Insel Haingsisi nahe der SW-Spitze von Timor. Nach einem von Prof. M. Weber gütigst zur Verfügung gestellten Druckstock. Vgl. Weber van Bosse & Foslie, 1904.

Tafel XX. Corallinaceenknollen aus dem Miozän des Wiener Beckens. Naturhistor. Mus. Wien. Lichtb. Lotte Adametz.

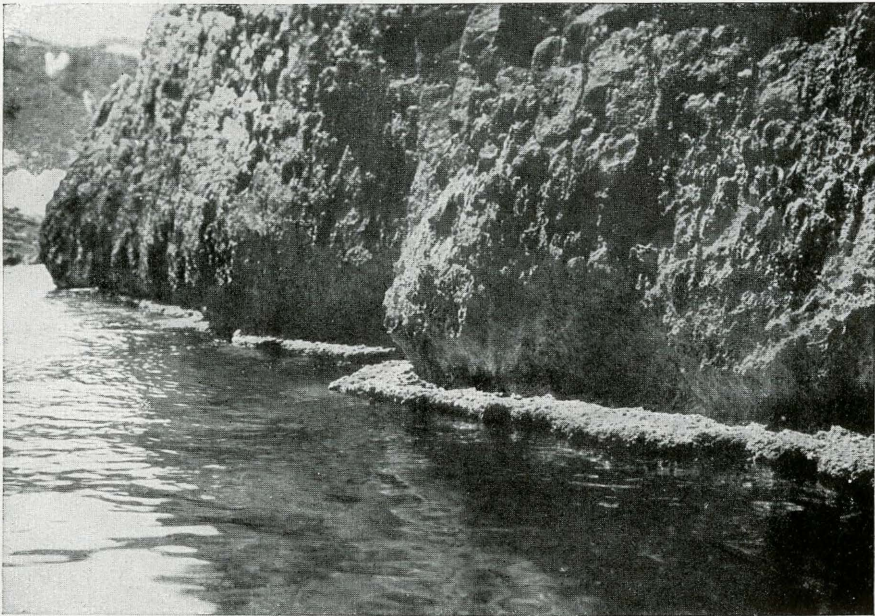
Fig. 1. Angewitterte Oberfläche von Leithakalk aus dem Rauchstallbrunn-Graben bei Baden. Ein Gerölle von Flyschsandstein wird umhüllt von einem Lithothamnienknollen, der einen Übergang zwischen der einfachen und der verzweigten Form zeigt, 1,5:1 nat. Gr.

Fig. 2. Typischer Geweihknollen aus dem Leithakalk von St. Margarethen im Leithagebirge. Nat. Gr.

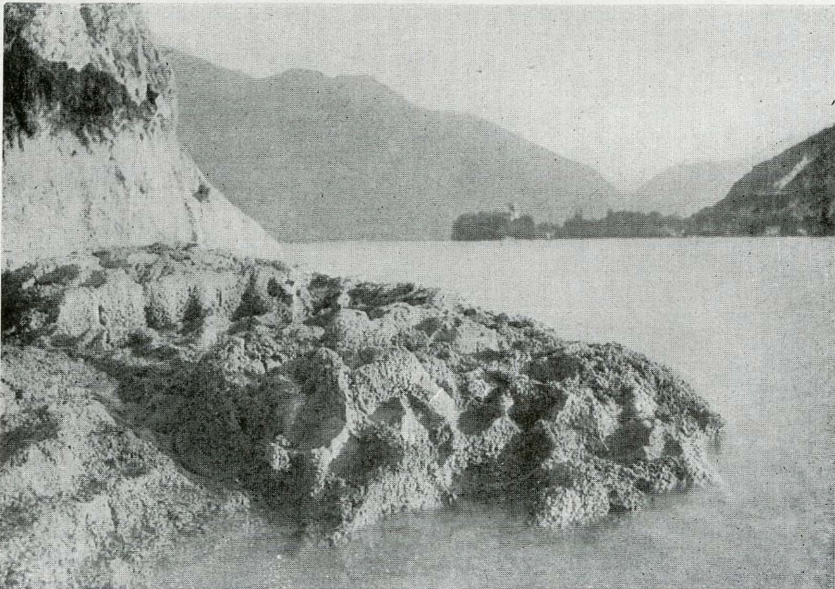
Tafel XXI. *Anthracoporella spectabilis* Pia. Angewitterte Oberfläche eines Kalkes aus den oberkarbonischen Auernig-Schichten der Zirkelalpe bei Pontafel in den Karnischen Alpen. 1,5:1. Naturhistor. Mus. Wien. Lichtb. Lotte Adametz. Die Verzweigung des Thallus ist sehr schön zu sehen.

Tafel XXII. *Liagora Turneri*. Rezent, Rotes Meer. Nat. Gr. Naturhistor. Mus. Wien. Lichtb. Lotte Adametz.





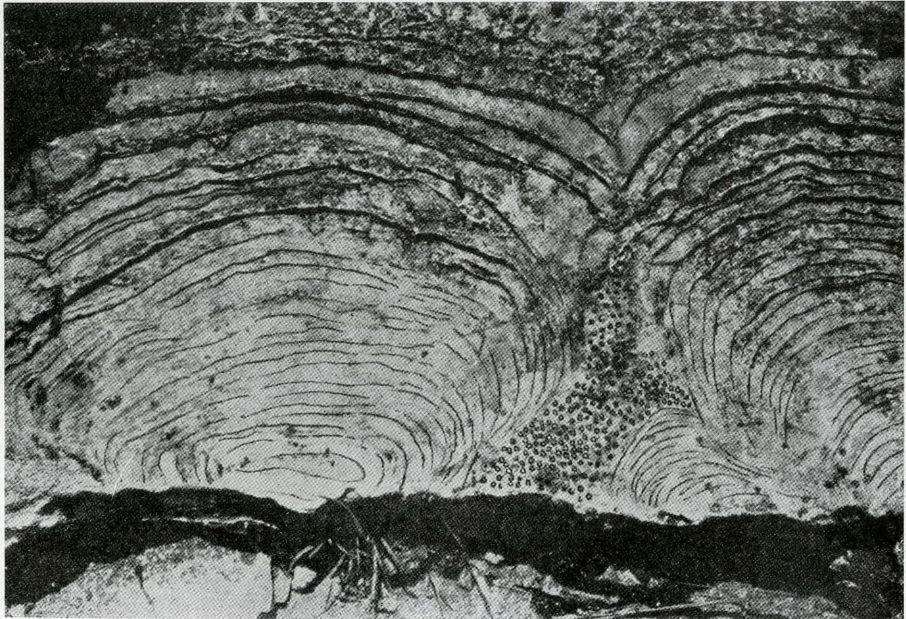
1.



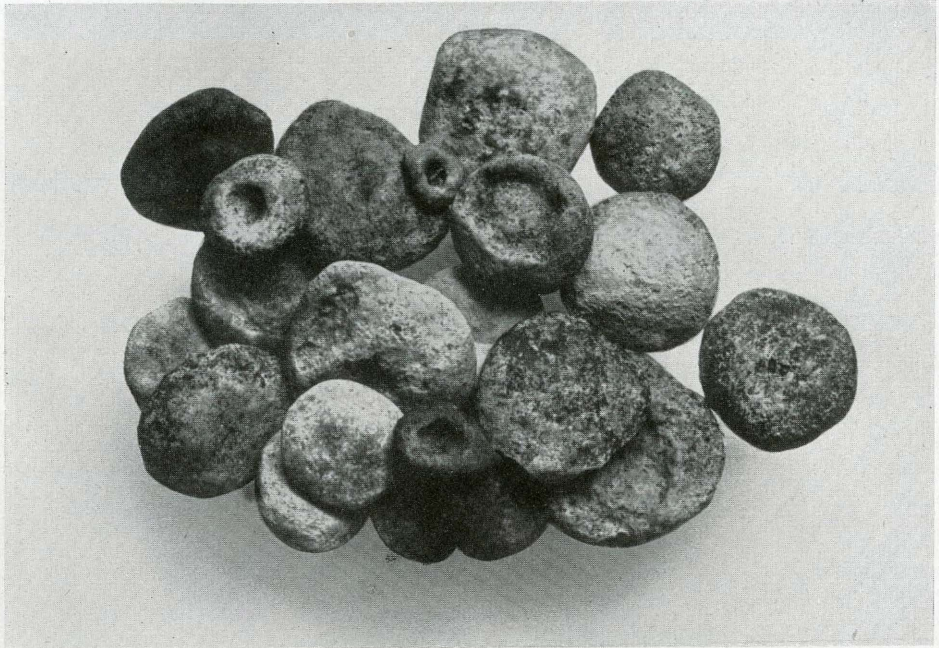
2.



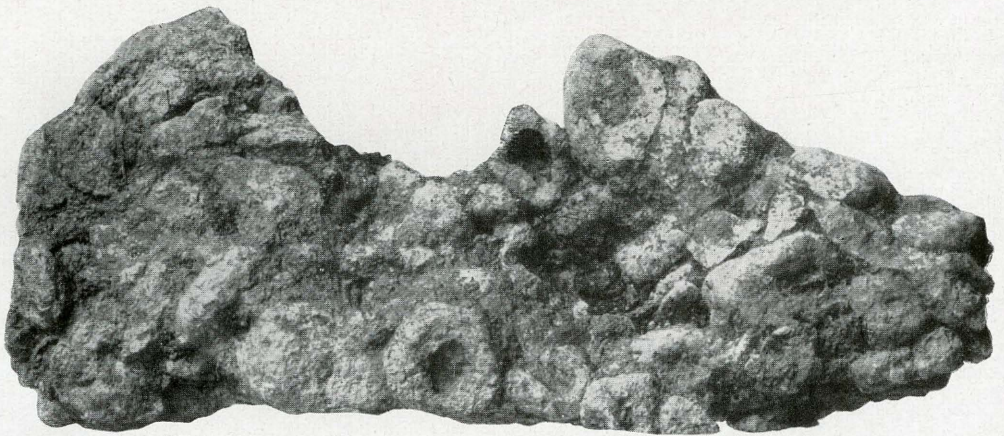
1.



2.



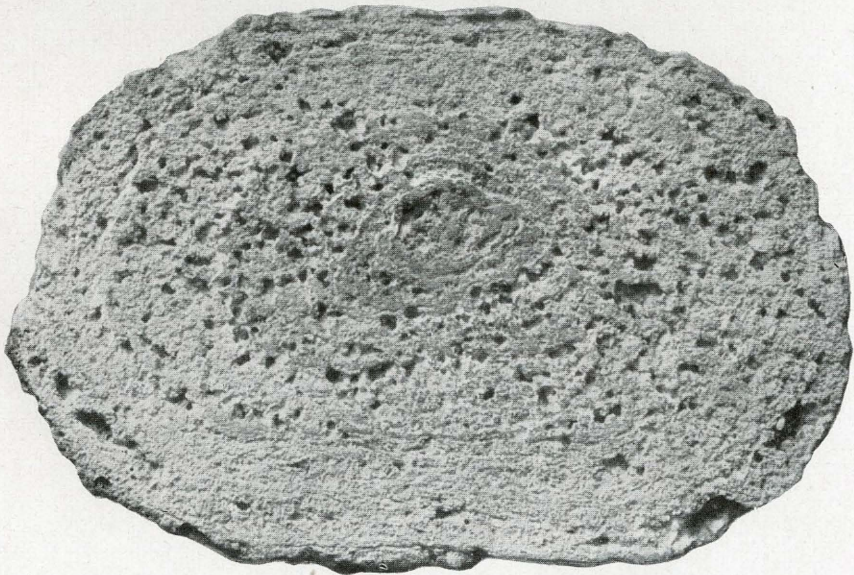
1.



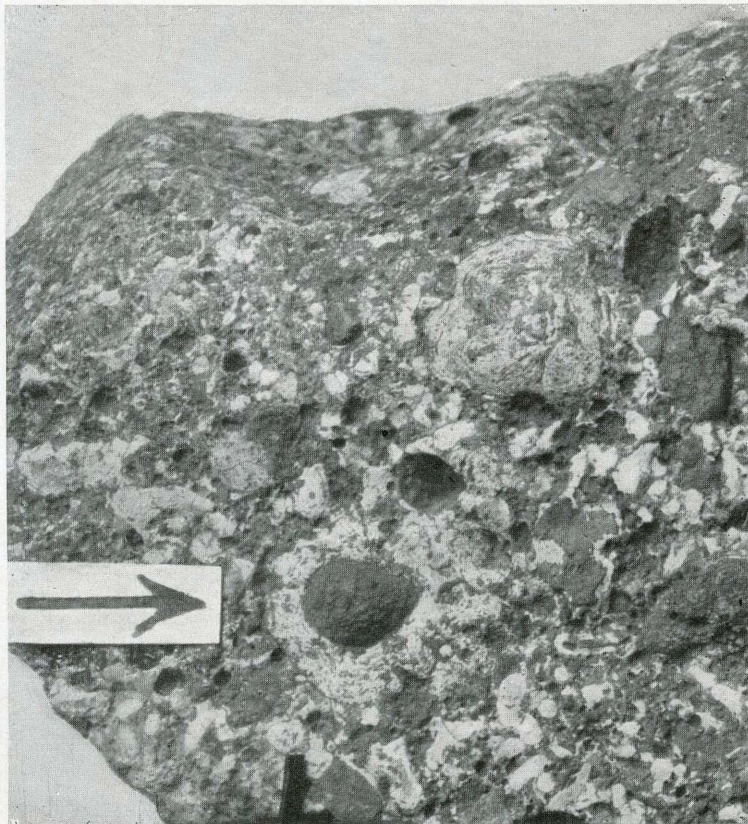
2.



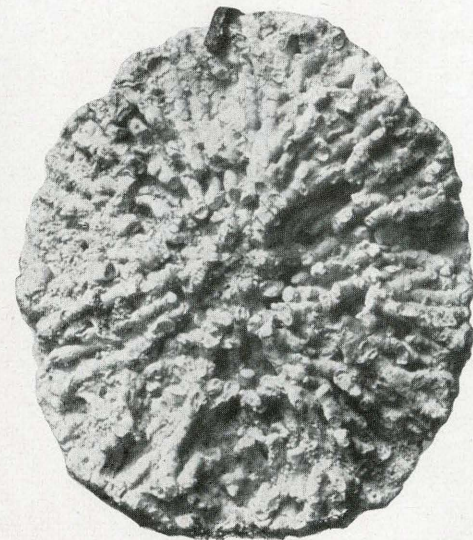
1.



2



1.



2.

