Zur Biologie der Bangia fusco-purpurea Lyngb.

Von **Heinrich Walter.**

Mit 6 Abbildungen im Text.

Wohl selten ist ein Organismus in der freien Natur so extremen Konzentrationsschwankungen ausgesetzt, wie die über dem Flutniveau in der Spritzregion wachsenden Algen, zu denen auch Bangia fusco-purpurea gehört. Bei Sturm werden sie fortwährend von normalem Seewasser bespült, stille See ist gleichbedeutend mit Austrocknen und Konzentrieren des Seewassers bis zur gesättigten Salzlösung; kommt jetzt plötzlich ein Regen, so gelangt die Alge in fast salzfreies Wasser.

Diese ungünstigen Lebensbedingungen können, trotz der außerordentlichen Widerstandsfähigkeit der Bangia, nicht ohne Einfluß auf den Organismus bleiben. Tatsächlich konnte ich an aus Helgoland stammendem Alkoholmaterial merkwürdige Zelldeformationen innerhalb der Algenfäden beobachten. Sie liegen einzeln oder gruppenweise. Die Zellen sind oft auf einer Seite eingestülpt, auf der anderen ausgestülpt, häufig sind einzelne, ja zuweilen eine ganze Reihe nebeneinander liegender Zellen von anderen durchwachsen, so daß nur ganz helle Ringe von ihnen verbleiben (s. Fig. 1 u. 2).

Während eines kurzen Aufenthaltes auf Helgoland kam ich auf diese Erscheinungen, da ich entsprechende Angaben in der Literatur nicht fand, nochmals zurück. An lebendem Material läßt es sich leicht nachweisen, daß sowohl die deformierten Zellen, wie auch die durchwachsenen tot sind. Sie fallen meist schon durch ihren homogenen Zellinhalt sowie die hellere Färbung auf.

Versucht man Bangiafäden zu plasmolysieren (man legt sie zu diesem Zweck am besten gleich in gesättigte Natriumchlorid-Lösung), so schrumpft der Zellinhalt der lebenden Zellen zusammen unter gleichzeitiger Verquellung der inneren gallertigen Membranschichten, so daß keine Ablösung des Plasmas von der Membran zustande kommt. Überträgt man die Algenfäden dagegen in Regenwasser, so bläht sich der

Zellinhalt stark auf, wobei zahlreiche Vakuolen auftreten; die gallertige Membran dagegen wird stark zusammengepreßt und bleibt nur als heller Saum sichtbar. Diese Verhältnisse, speziell auch die verhältnismäßig geringen Volumveränderungen des Zellinhaltes (einer Konzentrationserhöhung der Außenlösung um etwa das 9 fache entspricht nur eine Volumverminderung des Zellinhaltes um das $2^1/_2$ fache) sind an anderer Stelle bereits genau besprochen und erklärt worden (H. Walter 1923) hier will ich nur auf die Ursachen der Absterbeerscheinungen etwas näher eingehen. Berthold (1882) gibt an, daß das Austrocknen von Bangia in diffusem Lichte viele Monate ertragen wird, während Sonnenlicht sie rasch abtötet, daher verschwindet die Alge in Neapel auch regelmäßig in der Zeit von Juni bis Oktober fast vollständig. Auf Helgoland soll sie sich, soviel ich erfahren konnte, normalerweise das ganze Jahr über halten; im äußerst heißen und sonnenreichen Sommer 1921 war sie jedoch im August bis auf einige gegen die Mittagssonne geschützte Stellen am Wellenbrecher verschwunden.

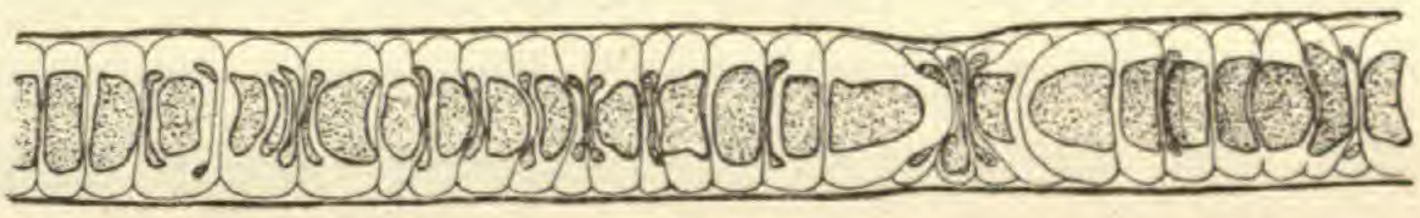

Fig. 1.

Fig. 2.

Aber es fragt sich, ob nicht die extremen Konzentrationsveränderungen, denen die Alge fortwährend ausgesetzt ist, allein schon genügen, um das Absterben von einzelnen Zellen oder Zellgruppen zu verursachen. Diese Frage sollte experimentell geprüft werden[1]).

Verhalten von Bangia bei extremem Konzentrationswechsel.

Normale Bangiafäden wurden abwechselnd in gesättigte NaCl-Lösung und Regenwasser übertragen. Es zeigte sich dabei, daß bei mehrmaligem Wiederholen ein Teil der Zellen sich in Regenwasser nicht mehr ausdehnte. Diese toten Zellen lagen ohne bestimmte Ordnung zwischen den lebenden, welche dank der starken Volumvergrößerung in Regenwasser die an die tote Region grenzenden Zellen in diese hineinpressen, da ein Gegendruck von der abgestorbenen Partie nicht ausgeübt wird. Durch die einseitige Druckwirkung kommt eine starke

1) Über das Verhalten anderer Algen gegenüber Konzentrationsänderungen vgl. Oltmanns (1891, 1892, 1895) und Osterhout (1917). Über die Kälteresistenz verschiedener Algen hat Kylin (1917) einige Beobachtungen veröffentlicht; auch hier erwies sich Bangia als sehr resistent.

mechanische Deformation zustande, die das Absterben der Zelle zur Folge hat. Der zuvor stark vakuolisierte Zellinhalt wird dabei vollkommen schaumig, die Umrisse des Chromatophoren werden undeutlich; plötzlich koaguliert das Plasma, indem es körnig wird, und der Zellinhalt sinkt unter Quellung der Membran in sich zusammen. Jetzt gewinnt die Nachbarzelle Raum, sie stülpt sich vor, bis sie ihrerseits wieder abstirbt. Fig. 3a u. b zeigt diese Verhältnisse: rechts liegen drei bereits abgestorbene Zellen und eine im Absterben begriffene (Fig. 3a), die von der Nachbarzelle bereits deformiert wird und eine hantelförmige Gestalt angenommen hat. In Fig. 3b ist sie und die Nachbarzelle bereits abgestorben und zusammengeschrumpft. Die Membran ist aufgequollen, die Deformation der Zelle ist aber noch deutlich erhalten geblieben. Wenn das Absterben von einer toten Region ausgeht, so wird die Deformation immer in derselben Richtung stattfinden, wie z. B. auf Fig. 4, wo von einer mittleren Zelle aus das Absterben in beiden Richtungen fortschritt. Man kann also bei Betrachtung einer toten Region sagen, in was für einer Reihenfolge die Zellen abstarben. Liegt die Zelle zwischen zwei lebenden, so daß der Druck von beiden Seiten wirkt, so wird sie nur zusammengepreßt und wird dann scheibenförmig. Sterben dagegen die Zellen während ihres Verweilens in gesättigter NaCl-Lösung ab, so werden sie nicht deformiert, da sie ja nur ein geringes Volumen einnehmen und folglich auch keinen gegenseitigen Druck ausüben; sie werden in diesem Falle nur einen geringen Durchmesser haben. Aus der Form der abgestorbenen Zellen lassen sich also auch Rückschlüsse auf die Bedingungen, unter denen das Absterben eintritt, ziehen. Man wird mir vielleicht zum Vorwurf machen, daß ich gesättigte NaCl-Lösung an Stelle von konzentriertem Seewasser nahm. Wie man aber gleich sehen wird, hatte die NaCl-Lösung keine spezifisch giftige Wirkung.

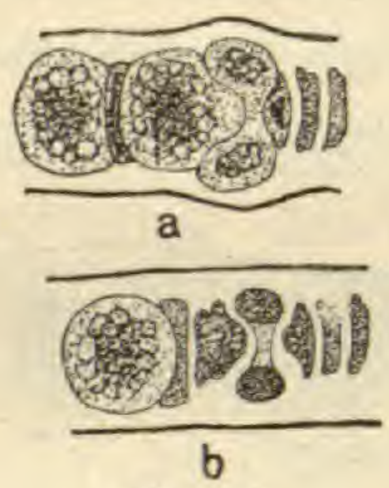

Fig. 3.

Fig. 4.

Verhalten in extremen Lösungen unter konstanten Bedingungen.

Es sollte festgestellt werden, ob nur der Konzentrationswechsel am Absterben schuld ist oder ob die Alge gegen Regenwasser und gesättigte NaCl-Lösung als solche schon empfindlich ist.

Es wurden zu diesem Zwecke Vergleichskulturen in gesättigter NaCl-Lösung, in Meerwasser und in Regenwasser angesetzt. Alle 24 Stunden wurde eine Probe zur Kontrolle entnommen. Im Laufe von 5 Tagen blieben die Fäden in gesättigter NaCl-Lösung vollkommen frisch. Die Zellen waren stark geschrumpft, schwollen aber, in Regenwasser gebracht, bis auf wenige Ausnahmen sofort wieder an. Viel schlechter hielt sich Bangia in Regenwasser. Eine Kultur war schon nach 48 Stunden abgestorben, die andere erst nach 5 Tagen. Die basalen Partien der Fäden schienen dabei widerstandsfähiger zu sein, wie sie es auch im Freien sind. Das Absterben ging auch hier nicht gleichzeitig vor sich, so daß die noch lebenden Zellen Zeit hatten, die toten zu deformieren. Die Bilder, die man dabei bekam, zeigten eine vollkommene Übereinstimmung mit Fig. 1. Es kann deshalb keinem Zweifel unterliegen, daß tatsächlich die ungünstigen, mit den starken Konzentrationsänderungen verbundenen Lebensbedingungen die Ursache der so häufig bei Bangia beobachteten Deformationen sind. Zum Vergleich wurden dieselben Kulturen mit Enteromorpha und Cladophora hamosa angesetzt. Erstere erwies sich im Laufe von 5 Tagen sowohl gegen Regenwasser als auch gegen gesättigte NaCl-Lösung als vollkommen unempfindlich. Cladophora dagegen blieb wohl in Regenwasser lebendig, deplasmolysierte sich in gesättigter NaCl-Lösung aber schon nach 3 Tagen nicht mehr.

Es ist interessant, daß alle hier erwähnten drei Formen oder ihnen verwandte ins Brack- oder Süßwasser übergehen, was eine größere Unempfindlichkeit gegen Konzentrationsänderung schon von vornherein voraussetzt.

Restitutionserscheinungen bei Bangia.

Es ist zu erwarten, daß eine Alge wie Bangia, bei der unter ungünstigen Lebensbedingungen einzelne Teile des Thallus absterben, die Befähigung besitzen muß, dieselben zu restituieren. Um dieses nachzuprüfen, wurden einzelne Fäden in kurze Stücke geschnitten und unter Deckglas in Kultur genommen. Der Objektträger wurde schräg gestellt und mittels Filtrierpapierstreifen ein ständiger Strom von frischem Meerwasser unterhalten. Da die Gallerte innerhalb eines Bangiafadens durch den Turgordruck einerseits und die feste Kutikula andererseits immer in etwas entquollenem Zustande gehalten wird[1]), so tritt an der Wundstelle immer etwas von ihr hervor. Die der Wundstelle am

1) Genaueres darüber s. in meiner oben zitierten Arbeit.

nächsten liegenden Zellen sterben meist rasch ab, was sofort daran zu erkennen ist, daß der Zellinhalt homogen und stark lichtbrechend wird und eine grünliche Färbung annimmt. Sehr bald zeigt sich ein deutlicher Unterschied im Verhalten des unteren und des oberen Endes. An letzterem rundet sich die Zelle am freien Ende etwas ab, bildet gewöhnlich eine neue Kutikula und nimmt somit das Aussehen eines gewöhnlichen apikalen Fadenendes an. Anders verhält sich dagegen die basale Zelle in allen Fällen, in denen deutliche Restitution eintrat. Sie wächst aus und bildet sehr bald ein Rhizoid. Das Rhizoid dringt in die hervorgepreßte Gallerte vor, wächst aber nicht aus derselben heraus. Weiter ging die Restitution nicht und die Fäden starben unter diesen ungünstigen Kulturbedingungen ab. Sehr interessant waren aber die Fälle, in denen innerhalb des abgestorbenen Fadens einzelne Zellen lebendig blieben. Diese Zellen vergrößerten rasch ihr Volumen, schoben die toten Zellen zusammen und fingen an zu wachsen und sich zu teilen. Auf Fig. 5 ist eine solche Zellgruppe in einem abgestorbenen Faden dargestellt. Am intensivsten ist das Wachstum der Endzellen, aber auch hier zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen dem oberen und unteren Ende. Die Zellen des oberen Endes teilen sich viel häufiger, sie behalten deshalb ihre breite und kurze Form bei und schieben die toten Zellen vor sich zusammen. Die untere Zelle dagegen verlängert sich und spitzt sich nach unten zu. Die toten Zellen werden deshalb nur in der Mitte eingedrückt und ein Rest bleibt am Rande noch als Ring erhalten. Wenn die Zelle auch eine Tochterzelle abgrenzt, so verlängert sich das untere Ende doch immer mehr und immer zahlreichere tote Zellen werden durchwachsen. Wenn wir uns jetzt noch einmal Fig. 2 ansehen, so fällt uns sofort die große Ähnlichkeit der Erscheinungen in die Augen. Der

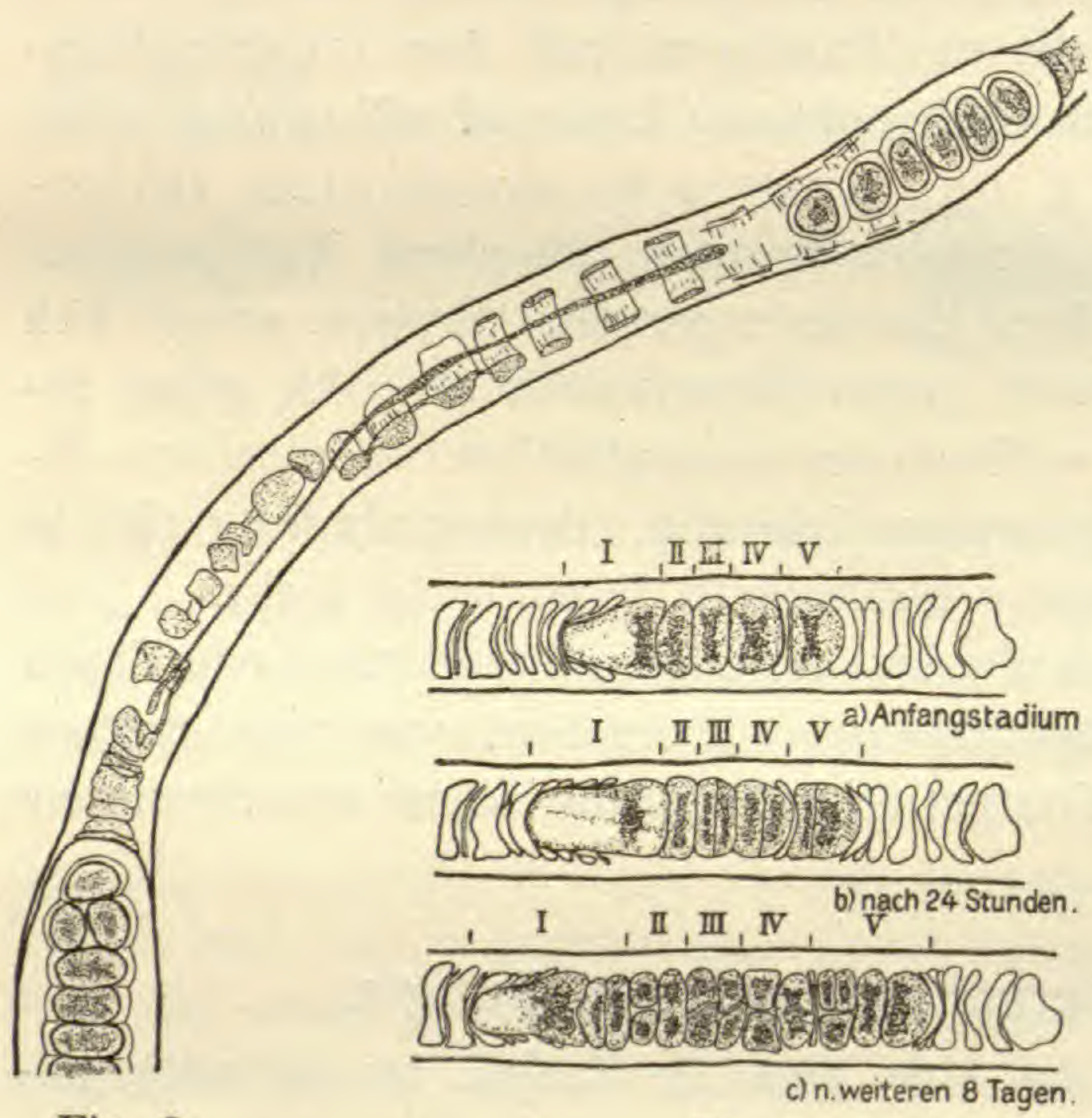

Fig. 6. Fig. 5.

einzige Unterschied ist nur, daß wir es auf Fig. 5 mit wenigen lebenden Zellen innerhalb eines toten Fadens zu tun hatten, auf Fig. 2 dagegen mit einer aus wenigen Zellen bestehenden toten Region, in die die lebenden Zellen von beiden Seiten hineinwachsen. Aber auch hier tritt deutlich der Unterschied bei den nach oben und unten wachsenden Zellen hervor. In allen beobachteten Fällen war es immer nur eine, und zwar die zum basalen Ende wachsende Zelle, die rhizoidförmig auswuchs. Daß wir in diesen Fällen tatsächlich von Rhizoidbildung sprechen können, sieht man aus Fig. 6, wo innerhalb eines abgestorbenen Fadens sich ein neuer Faden gebildet hat, dessen basale Zelle zu einem langen Rhizoid ausgewachsen ist. Von der toten Region haben sich die lebenden Zellen durch eine deutliche Kutikula abgegrenzt. Zu einem solchen Faden wären unter normalen Bedingungen wohl auch die Zellen von Fig. 5 ausgewachsen. Die am Alkoholmaterial beobachteten Durchwachsungserscheinungen sind demnach als Restitution abgestorbener Fadenteile zu deuten.

Es ist uns somit gelungen, die in der Natur vorkommenden Deformationen auch unter künstlichen Versuchsbedingungen zu erhalten.

Ähnliche Anomalien findet man für Bangia schon in den Tabulae phycologicae von Kützing (1853, Taf. 30 IVb, c, d) abgebildet. In späteren Werken habe ich sie nicht wieder erwähnt gefunden. Auch bei anderen, unter ungünstigen Bedingungen lebenden Algen scheinen ähnliche Bildungen vorzukommen. Einzelne deformierte abgestorbene Zellen zwischen anderen lebenden erwähnen Imhäuser (1889) und Fritsch (1922) für die Hormidiumform von Prasiola crispa. Durchwachsungserscheinungen hat Wille (1901, Taf. II, Fig. 66) bei Ulothrix pseudoflacca abgebildet.

Rhizoidbildung bei Bangia.

Wir sahen, daß bei der Restitution von abgestorbenen Teilen die Zellen einen deutlichen polaren Unterschied an den beiden Enden aufwiesen, indem nur das untere Ende zu einem Rhizoid auswuchs. Bei den Kulturen unter dem Deckglas fielen oft einzelne Zellen aus den Fäden heraus. Diese freiliegenden Zellinhalte keimten ebenfalls ausnahmslos aus. Um die Zelle herum sonderte sich etwas Gallerte ab; an einer Seite bildete sich dann eine Ausstülpung, die zu einem Rhizoid auswuchs. Ob die Bildung des letzteren auch in diesem Falle von der unteren Seite der Zelle ausging, konnte nicht festgestellt werden. Hatte sich aber das Rhizoid einmal ausgebildet, so war der Faden polar orientiert. Er teilte sich mehrmals der Quere nach, wobei die untere

Rhizoidzelle bald abstarb, was an der Veränderung der Färbung leicht zu bemerken ist. Weiter gelang die Beobachtung in Kulturen nicht. Ist aber die Rhizoidzelle tot, so muß, nach den Restitutionserscheinungen zu urteilen, die zweite Zelle zum Auswachsen angeregt werden[1]) und ihrerseits nach unten ein Rhizoid bilden. Darauf stirbt auch sie ab und die dritte Zelle wächst rhizoidförmig aus. Auf diese Weise kommt dann die eigentümliche Rhizoidbildung an den basalen Teilen der Bangiafäden zustande (Abb. s. bei Reinke 1878, Taf. XII, Fig. 1). Je älter ein Faden wird, desto mehr Zellen bilden sich an seinem unteren Ende zu Rhizoiden um. Da die Zellen dabei immer sehr schmal sind, so tritt Durchwachsung nicht ein. Gelegentlich aber stirbt auch eine Zelle ohne auszuwachsen ab und behält ihren breiten Durchmesser, sie wird dann von den herunterwachsenden Rhizoiden durchbrochen. Alle Rhizoiden bleiben innerhalb der Gallerthülle. Mit der sich vergrößernden Zahl der Rhizoiden wird die Anheftungsstelle etwas ausgeweitet. Die feste Kutikula verhindert den Fäulnisorganismen den Zutritt, so daß die basalen Fadenenden trotz der absterbenden Zellen ihre Festigkeit nicht verlieren. Daß die Länge der Rhizoiden tatsächlich von dem ihnen innerhalb der Gallerthülle zur Verfügung stehenden Raum bedingt wird, sieht man aus dem Umstande, daß bei jungen, epiphytisch auf alten wachsenden Keimpflanzen das Rhizoid oft in die Gallertmembran der Unterlage hereinwächst und dann eine bedeutende Länge erreicht.

Heidelberg, Botanisches Institut.

Literaturnachweis.

1882. Berthold, Die Bangiaceen des Golfes von Neapel (Fauna und Flora d. Golfes v. Neapel VIII).
1922. Fritsch, The moisture relations of terrestrial algae (Ann. of Bot. **36**, 1).
1889. Imhäuser, Entwicklungsgeschichte und Formenkreis von Prasiola (Flora, N. R. 47).
1853. Kützing, Tabulae phycologicae, Bd. III.
1917. Kylin, Über die Kälteresistenz d. Meeresalgen (Ber. d. deutsch. bot. Ges. **35**, 370).
1891. Oltmanns, Über die Bedeutung der Konzentrationsänderung für das Leben der Algen (Sitzungsber. d. Kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, X, 19. Febr.).
1892. Ders., Über die Kultur und Lebensbedingungen der Meeresalgen (Jahrb. f. wiss. Bot. **23**, 349).
1895. Ders., Über die Kultur und Lebensbedingungen der Meeresalgen (Flora, H. 1).
1917. Osterhout, Tolerance of fresh water by marine plants and its relation to adaptation, Bot. Gaz. **63**).
1878. Reinke, Über die Geschlechtspflanzen von Bangia fusco-purpurea Lyngb. (Jahrb. f. wiss. Bot. **11**, 274).
1923. Walter, Protoplasma- und Membranquellung bei Plasmolyse (Jahrb. f. wiss. Bot. 62).
1901. Wille, Studien über Chlorophyceen, I—VII. Christiania.

1) Vgl. dazu Haberlandt, Über Zellteilungshormone und ihre Beziehungen zur Wundheilung usw. (Biolog. Zentralbl. 1922, **42**, 145). Zusammenfassender Bericht, dort auch Literatur.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: 116

Autor(en)/Author(s): Walter Heinrich

Artikel/Article: Zur Biologie der Bangia fusco-purpurea Lyngb. 316-322