Die Inkrustationen der Zellmembranen.

A. Die Inkrustationen der Zellmembranen mehrzelliger Algen.

Bei den mehrzelligen Algen wird häufig, wie auch bei anderen Wasserpflanzen, Kalk in die Membran eingelagert. Die Inkrustation wird ganz allgemein durch $CaCO_3$ bedingt, doch wies Leitgeb[1]) nach, dass in den Membranen der Acetabularia auch Calciumoxalat vorkommt.

Die Inkrustation hat häufig eine mechanische Bedeutung; sie erhöht die Festigkeit. Die Ansicht, dass die auch unter den höheren Pflanzen weit verbreiteten Einlagerungen von kohlensaurem Kalk in die Zellhäute als Schutzmittel gegen Beschädigung durch Tiere wirksam sein müssten, ist durch Stahl[2]) experimentell bestätigt worden. Stahl wies ferner bei Chara fragilis nach, dass schon eine einfache Auflagerung von Kalkkrusten bei Algen als Schutzmittel gegen Tiere von Bedeutung sein kann. Er hielt es für sehr wahrscheinlich, dass dies auch der Fall sein müsste bei zahlreichen Algen, deren Härte auf Kalkeinlagerung beruht: Arten der Gattungen Scinaia, Halimeda, Acetabularia und Verwandte, Corallineen usw.

[1]) Leitgeb, H., Die Inkrustation der Membran von Acetabularia. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1887. 96., p. 13.
[2]) Stahl, l. c., p. 70.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Auf der Suche nach Schutzmitteln bei Cladophora, die nach Klebs[1]) sehr arm an Gallertbildungen ist, und bei der allgemein die Gerbsäure vermisst wurde[2]), dachte Stahl ebenfalls an die Kalkinkrustation, ferner an die ziemlich beträchtliche Stärke der Zellhäute.

Im folgenden werde ich eine Reihe von Fütterungsversuchen schildern, die ich mit Cladophora glomerata und Cl. fluitans zur Prüfung der Schutzwirkung von Kalkinkrustationen bei Algen ausgeführt habe.

Ich bot zunächst Cladophora Kaulquappen des grünen Wasserfrosches (Rana esculenta) an. Diese nähren sich mit Vorliebe von den ölhaltigen Diatomeen, machen sich aber auch bei unpassender Kost an andere Algen heran. Ähnliches beobachtete Stahl[3]) bei dem Limax maximus, einem Spezialisten unter den Schnecken. Dieser Limax scheint sich im Freien fast ausschliesslich von Pilzen zu ernähren, frisst in der Gefangenschaft aber auch andere Pflanzen.

Die Kaulquappen konnten der Cladophora wenig anhaben. Das gleiche beobachtete ich, als ich Cladophora zunächst durch Austrocknen tötete und dann Kaulquappen mehrere Tage lang als einzige Nahrung überliess. Durch Auslaugen mit Alkohol wurde nichts an der Sache geändert. Dagegen frassen Kaulquappen eine grosse Menge von Cladophora, bei welcher ich das Kalksalz durch Essigsäure entfernt hatte, innerhalb weniger Tage vollkommen auf. Dasselbe Resultat erhielt ich bei Anwendung von an Kohlensäure angereichertem Wasser.

Schnecken gegenüber bietet die Kalkinkrustation einen hervorragenden Schutz. Limnaea stagnalis

---

[1]) Klebs, G., Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. Unters. a. d. Bot. Institut z. Tübingen. Bd. II.

[2]) Vgl. z. B. Wildemann, E. de, Sur le tannin chez les algues d'eau douce. Bull. soc. bot. Belg. 1886. 25., p. 125.

[3]) Stahl, l. c., p. 16.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

frass Cladophora glomerata, bei welcher der kohlensaure Kalk durch Säuren entfernt war, regelmässig in wenigen Stunden gierig auf und liess die unbehandelte verschont; erst nach einem bis zwei Tagen war auch diese vertilgt. Mit Alkohol ausgelaugte und unbehandelte Cladophoren, welche ich den Schnecken gleichzeitig vorsetzte, wurden dagegen gleichmässig gefressen.

Ähnlich wie Limnaea stagnalis verhielten sich Limnaea auricularia und Physa fontinalis, nur mit dem Unterschied, dass sie die vom Kalk befreiten Cladophoren wegen der Stärke der Zellhäute nicht so leicht, wie es die grössere Limnaea stagnalis vermochte, bewältigen konnten.

Die von Stahl mit Chara fragilis angestellten Versuche habe ich mit dem schönsten Erfolge wiederholt. Kleinere Wasserschnecken, wie Physa fontinalis, ferner Kaulquappen sind überhaupt nicht imstande, mit Kalkkrusten versehene Charen zu bewältigen.

Die so vorzüglich geschützten Cladophoren und Charen haben Feinde, denen gegenüber sie geradezu wehrlos sind. Im Magen des Plötz (Leuciscus rutilus) fand ich in Übereinstimmung mit Strodtmann und Zacharias[1]) namentlich abgeweidete Rasen von Cladophora untermischt mit zerstückelter Chara.

B. Die Inkrustationen der Zellmembranen einzelliger Algen.

Die chemische Natur der Inkrustationen der Diatomeen, Desmidiaceen und Peridineen ist noch nicht hinreichend aufgeklärt. Die in der merkwürdigen doppelschaligen Panzerhaut der Diatomeen vorkommende Siliciumverbindung muss nicht direkt SiO_2 sein; es ist möglich, dass eine andere organische oder anorganische Siliciumver-

[1]) Zacharias, O., Über die natürliche Nahrung einiger Süsswasserfische. Forsch.-Ber. a. d. Biol. Stat. z. Plön. 1902, p. 67.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bindung vorliegt[1]). Bei den Peridineen ist nach Schütts[2]) Angaben eine Imprägnierung mit Siliciumverbindungen nicht vorhanden. Welcher Art die Einlagerungen in die Aussenlamelle der Desmidiaceen sei, ist in den meisten Fällen unbekannt.

Die Vermutung liegt nahe, dass durch die harten Panzer und Schalen der Diatomeen, Peridineen und Desmidiaceen mit ihren Buckeln und Warzen eine unangenehme Wirkung auf die zarten Weichteile des Mundes und Schlundes feindlicher Tiere, bei Wasserschnecken gar eine Beschädigung der Zähnchen der Radula verursacht werden müsste. Diese Ansicht würde an Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn der Nachweis gelingen könnte, dass die genannten Formen im Darminhalt omnivorer Wassertiere zu Gunsten ungepanzerter Algen in den Hintergrund treten. Eine endgültige Entscheidung könnte dadurch herbeigeführt werden, dass ähnlich wie bei den mehrzelligen Algen mit inkrustierten Algen und solchen, die ihrer uns hinlänglich bekannten imprägnierenden Stoffe beraubt worden sind, vergleichende Fütterungsversuche vorgenommen würden. Es leuchtet ohne weiteres ein, dass eine Entfernung der Siliciumverbindung bei Diatomeen durch Behandlung mit Flusssäure zwecks vergleichender Fütterungsversuche derartige Veränderungen der zarten Pflänzchen hervorruft, dass solche Versuche wertlose Ergebnisse zeitigen müssten. Aus diesem Grunde ist von ihnen Abstand genommen worden. Dagegen habe ich im Laufe meiner Untersuchungen viel Zeit und Mühe darauf verwendet, aus eingehenden Darminhaltsanalysen und an der Hand von Beobachtungen das Verhalten von Wassertieren gegen inkrustierte und nichtinkrustierte einzellige Algen festzustellen.

Versuche zeigten, dass Überzüge von Diatomeen an Steinen und Stengeln auch in Anwesenheit anderer Algen

[1]) Vgl. Czapek, l. c., Bd. I, p. 517.

[2]) Schütt, F., Peridineen. In Engler-Prantl, nat. Pfl.-Familien, I. 1b.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

(Protococcaceen, Vaucherien, Spirogyren) von Wasserschnecken gern verzehrt werden, eine Beschädigung der Zähnchen der Radula war dabei nicht festzustellen. Letzteres ist vielleicht dadurch zu erklären, dass die Gallerthüllen der Panzer, ähnlich wie Polster, die Einwirkung auf die Zähnchen beeinträchtigen. Die Diatomeen bildeten auch stets einen wesentlichen Bestandteil des Darminhalts und Kotes von eingefangenen Wasserschnecken. Im Kot von mehreren Exemplaren der Limnaea stagnalis aus dem Drecksee bei Plön stellte ich die Anwesenheit von Diatomeen der folgenden Gattungen fest:

Melosira Ag.
Cyclotella Kg.
Fragilaria Lyngb.
Synedra Ehrbg.
Cocconeis Ehrbg.
Navicula Bory.
Gomphonema Ag.
Cymbella Ag.
Epithemia Kg.
Cymatopleura W. Sm.

In den Detritus waren ferner eingebettet: Cosmarium botrytis und Staurastrum gracile, Fragmente von Oscillaria-, Spirogyra-, Cladophora-, Oedogonium- und Vaucheria-Fäden, Kolonien des Schwefelbakteriums Lamprocystis roseo-persicina, Phacus pleuronectes, Cyanophyceensporen, Scenedesmus quadricauda, Scenedesmus bijugatus, Protococcus sp. und Pediastrum duplex. Die Untersuchung des Darminhaltes anderer Wasserpulmonaten (Limnaea auricularia, Physa fontinalis, Planorbis corneus), ferner von Paludina vivipara ergab ein ähnliches Resultat. Die Wasserschnecken erwiesen sich als omnivore Tiere,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

welche inkrustierte einzellige Algen in Mengen als Nahrung zu sich nehmen.

Ich wendete meine Aufmerksamkeit nunmehr Tieren zu, denen jegliche Organe zum Zerkleinern der Nahrung fehlen, Bryozoen und Muscheln. Zunächst nahm ich die mikroskopische Untersuchung einer grossen Zahl Plumatellen (Plumatella fungosa) auf ihren Darminhalt vor. Die Tiere sammelte ich in dem Neustädter See bei Plön, wo ihre klumpenförmigen Kolonien Schilfrohrstengeln aufsassen. In dem gelblichen Darminhalt fiel, wie bei den Schnecken, stets die grosse Anzahl der Diatomeen auf; sie gehörten folgenden Gattungen an:

Melosira Ag.
Cyclotella Ag.
Tabellaria Ehrbg.
Fragilaria Lyngb.
Asterionella Hass.
Cocconeis Ehrbg.
Navicula Bory.
Gomphonema Ag.
Cymbella Ag.
Epithemia Kg.
Surirella Turpin.

Neben den Diatomeen fand ich sehr häufig eine Protococcacee, Sphaerocystis Schroeteri, und ebenso häufig Phacotus lenticularis, ferner Cosmarium botrytis und Scenedesmus quadricauda.

Die Desmidiaceen, welche im Darminhalt der Plumatellen stark in den Hintergrund treten, machen einen wesentlichen Teil der Muschelnahrung aus. Meine Darminhaltsanalysen von Muscheln, die ich in der biologischen Station zu Plön vornahm, lieferten, wie ein Vergleich ergab, im wesentlichen dieselben Ergebnisse, wie diejenigen, welche von dem bekannten Algologen Herrn E. Lemmermann (Bremen) auf Veranlassung des

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Herrn Prof. Dr. Zacharias[1]) vorgenommen worden waren. In den Eingeweiden von Anodonta- und Unio-Arten aus dem Vierer See, einer grossen Bucht des grossen Plöner Sees, fanden sich folgende Algen vor:[2])

Oedogonium sp.
Eudorina elegans.
Pandorina morum.
Scenedesmus quadricauda.
Coelastrum microporum.
Pediastrum duplex.
Pediastrum duplex, var. reticulatum.
Dictyosphaerium pulchellum.
Oocystis Naegelii.
Oocystis Naegelii, var. incrassatum.
Oocystis solitaria.
Staurogenia rectangularis.
Botryococcus Braunii.
*Staurastrum gracile.
*Closterium pronum, var. longissima.
Coelosphaerium Kützingianum.
Polycystis aeruginosa.
Microcystis ichthyoblable.
Merismopedia violacea.
Chroococcus turgidus.
Chroococcus minutus.

Im Darme von Anodonta-Exemplaren aus dem Drecksee bei Plön wurden folgende Algenspecies festgestellt:

Oedogonium sp.
Eudorina elegans.
Pandorina morum.
Scenedesmus quadricauda.
Scenedesmus obliquus.

---

[1]) Vgl. Zacharias, O., Planktonalgen als Molluskennahrung. Archiv für Hydrobiol. und Planktonk., Bd. II, 1907, p. 358.

[2]) Die Desmidiaceen sind durch ein (*) Sternchen hervorgehoben.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Pediastrum Boryanum.
Pediastrum forcipatum.
Pediastrum duplex, var. reticulatum.
Pediastrum tetras.
Kirchneriella lunata.
Staurogenia rectangularis.
Dictyosphaerium pulchellum.
Oocystis Naegelii.
Oocystis solitaria.
*Cosmarium depressum.
*Staurastrum gracile.
*Staurastrum polymorphum, var. chaetoceras.[1])
Coelosphaerium Kützingianum.
Polycystis aeruginosa.

Diatomeen waren im Darm eingefangener Muscheln niemals aufzufinden, trotzdem dieselben den Tieren natürlich ebenso wie andere Bestandteile des Phytoplanktons nach ihrem Hinabsinken in die Tiefe zur Verfügung stehen. Die obigen Listen zeigen, dass zahlreiche notorische Bestandteile des Planktons in den fern von der Wasseroberfläche lebenden Muscheln ihre Verzehrer finden. Dass es keinesfalls die Panzerung ist, welche die Tiere abhält, geht daraus hervor, dass die ebenfalls inkrustierten Desmidiaceen in beträchtlicher Anzahl als Nahrung aufgenommen werden. Es muss unbestimmt gelassen werden, was hier als Abwehrmittel wirksam ist. In der Gefangenschaft konnten die Muscheln, was auch schon von andern Tieren erwähnt wurde, leicht veranlasst werden, die ihnen nicht zusagende Nahrung zu fressen. Ich setzte mehreren Exemplaren der Anodonta piscinalis, die sich in durchaus normalem Fütterungszustand befanden, Plankton aus dem grossen Plöner See vor und untersuchte nach 24 Stunden

[1]) Von Lemmermann nicht beobachtet, von mir aber häufig festgestellt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

den Darminhalt der Tiere. Jetzt konnten im Kot ausser einer grossen Zahl der oben genannten Algen auch Diatomeen (Melosira varians, Cyclotella comta, Fragilaria crotonensis, Navicula sp., Cymbella sp.) ferner Phacus pleuronectes und zwei Rädertiere (!), Anuraea cochlearis und Anapus ovalis, fesgestellt werden.

Keinesfalls dürfen wir aus der Tatsache, dass die inkrustierten einzelligen Algen überhaupt gefressen werden, mit Sicherheit folgern, dass die Inkrustation bei ihnen als Schutzmittel keine Bedeutung hat. Immerhin können wir, gestützt auf die obigen Beobachtungen, als erwiesen annehmen, dass die Panzer und Schalen wenigstens keine besonders bemerkenswerte Wirkung weder auf die Kauwerkzeuge der Schnecken, noch auf die Mund- und Schlundteile der Moostierchen und Muscheln auszuüben vermögen. Diesen Befund können wir ferner auf einen grösseren Kreis von Tieren ausdehnen; es ist bekannt, dass die inkrustierten Diatomeen als Urnahrung für niedere Kruster, Rädertiere und Würmer eine bedeutende Rolle spielen. Bis jetzt ist es mir gelungen, erst eine einzige Tiergattung festzustellen, welche die inkrustierten einzelligen Algen geradezu zu meiden scheint, nämlich Branchipus, der seine Nahrung, wie auch Lampert[1]) angibt, in pflanzlicher Materie, besonders ungepanzerten Algen findet, die in dichter bräunlicher Masse den Darm füllen.

[1]) Lampert, K., Das Leben der Binnengewässer. Leipzig 1899, p. 263.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf