Biologisches Centralblatt.

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. in Erlangen Prof. in München

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2—4 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XVII. Band. **15. Juni 1897.** **Nr. 12.**

Inhalt: **Bokorny**, Grenze der wirksamen Verdünnung von Nährstoffen bei Algen und Pilzen. — **Car**, Ueber den Mechanismus der Lokomotion der Pulmonaten. — **v. Lendenfeld**, Zur physiologischen Bedeutung der Luftsäcke. — **Keller**, Pädagogisch-psychometrische Studien.

Grenze der wirksamen Verdünnung von Nährstoffen bei Algen und Pilzen.

Von Dr. **Th. Bokorny.**

Da die Ernährung der Pflanzen davon abhängt, in welchem Maße und mit welcher Geschwindigkeit die Stoffe von den Zellen aufgesammelt werden, so wurden zunächst einige Versuche mit Stoffen angestellt, welche leicht in den Zellen nachweisbar sind und von diesen aufgesammelt werden, ohne gerade Nährstoffe zu sein.

Zu den leicht nachweisbaren Stoffen gehören einige organische Farbstoffe von großer Färbekraft.

Fuchsin färbt Wasser noch bei einer Verdünnung von 1 : 100000 intensiv rot-violett; auch die Lösung 1 : Million zeigt makroskopisch noch deutliche Färbung, unter dem Mikroskop erscheint ein Tropfen derselben ungefärbt.

Mesokarpus und *Spirogyra*, zwei in unsern Gewässern häufig vorkommende Algen, wurden in den beiden Lösungen 8 Tage lang belassen. In der Lösung 1 : 100000 starben die beiden Algenarten ab, sämtliche Zellen waren nun intensiv gefärbt, viel stärker als die Lösung selbst; sie hatten also beträchtliche Mengen Farbstoff in sich aufgespeichert, insbesondere das Protoplasma. Die Lösung 1 : Million ließ beiderlei Algen am Leben; unter diesen Umständen trat keine Färbung des Protoplasmas ein; lebende Zellen färben sich meist nicht, wie schon länger bekannt, sie lassen wahrscheinlich diesen Farbstoff gar nicht durch die Plasmahaut eindringen. Dringt derselbe ein, wie es

bei getöteten Zellen der Fall ist, und verbindet er sich mit den Eiweißstoffen, so wird er aus einer so hoch verdünnten Lösung, wie der zuerst erwähnten, binnen kurzer Zeit in beträchtlichem Maße herausgenommen und aufgespeichert.

Ein ähnlicher Versuch mit Jodviolettlösung ergab, dass auch dieser Farbstoff rasch von den Zellen gespeichert wird. In der Lösung 1 : 100000 färbten sich sämtliche *Spirogyra-* und *Mesocarpus-*Zellen binnen 24 Stunden intensiv violett, viel stärker als die Lösung selbst gefärbt war. Die Zellen starben dabei ab.

Auch die Lösung 1 : Million bewirkte eine Färbung etwa der Hälfte der Zellen binnen 24 Stunden; dieselben starben aber hiebei nicht ab, sondern behielten ihre Lebensfähigkeit bei und gewährten durchaus das Aussehen von lebenden Zellen; ihr Turgor und die Anordnung der Zellbestandteile war unverändert erhalten. Gefärbt hatte sich nur der Zellsaft, nicht das Protoplasma, daher die Erhaltung der Lebensfähigkeit. Bisweilen hatten sich auch Ausscheidungen im Zellsafte gebildet, welche den Farbstoff ganz an sich rissen, so dass die übrige Vakuole ungefärbt erschien. Jodviolett scheint die lebende Plasmahaut passieren zu können.

Die Lösung des Jodvioletts im Verhältnis 1 : 10 Millionen (die Färbung war eben noch sichtbar in größerer Flüssigkeitsmenge) aber vermochte eine Färbung der *Spirogyra-* und *Mesocarpus-*Zellen nicht hervorzurufen. Nach 3 Wochen waren die Fäden noch lebend und ganz ungefärbt, d. h. sie besaßen noch die ursprüngliche chlorophyllgrüne Farbe. Es scheint, dass bei dieser hohen Verdünnung des Farbstoffes ein so langsames Eindringen in die Zellen stattfindet, dass derselbe durch die Lebensthätigkeit des Protoplasmas wieder zerstört wird in dem Maße, als er eindringt. Auch nach weiteren 2 Wochen war noch alles unverändert.

Auch mit sehr verdünnten Jod-Jodkalium-Lösungen kann man zeigen, wie rasch die Stoffe bei großer Verdünnung noch von den Zellen aufgenommen werden. In einer Jod-Lösung von 1 : 100000 waren *Spirogyra-* und *Mesocarpus-*Fäden binnen 24 Stunden blau gefärbt, indem die Stärkekörner der Zellen die bekannte Jodstärkereaktion angenommen hatten; die Zellen freilich waren hiemit abgestorben.

Eine gleichzeitig aufgestellte Lösung von noch 5 mal größerer Verdünnung, nämlich 1 : 500000 zeigte merkwürdiger Weise die Spirogyren teilweise abgestorben aber nicht gefärbt. Die Zellen waren also hier durch eine so geringe Menge Jod getötet worden, dass die Jod-Stärke-Reaktion nicht zum Vorschein kam. Uebrigens hielt ein kleiner Teil der Spirogyren und ein beträchtlicher Prozentsatz von *Mesocarpus* die giftige Wirkung dieser hochverdünnten Jod-Lösung 14 Tage lang aus, ohne die geringste Schädigung zu erleiden. Schon makroskopisch

konnte man die noch schön grünen turgescenten Fäden neben den abgestorbenen von grauer Farbe deutlich erkennen und unterscheiden.

Durch Jod-Lösung von 1 : 1000000 wurden die Fäden zunächst gar nicht verändert; sie vegetierten ruhig weiter. Erst nach 14 Tagen ließen sich unter dem Mikroskop einige Schädigungen erkennen, welche durch Jod von 1 : Million verursacht waren. Manche Zellen waren ganz abgestorben unter Kontraktion des Protoplasmas und Verfärbung des Chlorophylls; bei manchen wies nur die eingetretene Verschiebung der Zellorgane auf eine Schädigung hin.

Ein Stoff, welcher leicht in lebende Zellen eindringt und darin eine deutliche Reaktion hervorruft, ohne die Zelle zu töten, ist das Coffein.

Dasselbe bewirkt, wie von Verf. an anderer Stelle schon mehrfach hervorgehoben wurde (Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XIX, Heft 2; dieses Centralbl., 1888 und Pflüg. Arch., 1889 etc.), eine eigentümliche Ballung (Aggregation) des lebenden Inhaltes der Pflanzenzelle, des aktiven nicht organisierten Proteins, welches teils im Protoplasma, teils im Zellsafte aufgespeichert ist (Spirogyren, Vaucherien, *Drosera*-Tentakeln, subepidermale Zellen des Blattes von Crassulaceen etc.). Ferner wird durch Coffein häufig eine Kontraktion und Teilung der Vakuolenwand hervorgerufen, auch durch ganz verdünnte Lösungen, welche durchaus nicht plasmolytisch wirken.

Die Aggregation tritt, auch bei großer Verdünnung des Coffeins, fast augenblicklich ein. Ja es ist sogar von Vorteil, statt der 0,1 prozentigen eine 0,01 proz. Coffein-Lösung anzuwenden, weil durch erstere die Zellen leicht geschädigt werden.

Wendet man 0,01 proz. Lösung des Coffeins auf lebende Zellen mit gespeichertem aktivem Albumin an, so tritt, ohne Veränderung der Lebensfähigkeit, binnen Kurzem die erwähnte merkwürdige Reaktion ein, die wohl in letzter Linie auf eine Wasserausstoßung aus dem im gequollenen Zustande befindlichen aktiven Albumin zurückzuführen ist. Bringt man die Zellen in reines Wasser zurück, so wird die Veränderung wieder aufgehoben.

Coffein dringt also noch in 0,01 proz. Lösung binnen einigen Minuten in solcher Menge in die lebende Zelle ein, dass genannte Reaktion erfolgen kann.

Von besonderem Interesse ist die Aufnahme der Nährstoffe selbst durch die Zellen. Dieselben werden in der Natur zweifellos oft in hoher Verdünnung dargeboten, und es soll hier untersucht werden, wie hochgradig die Verdünnung sein kann, ohne unwirksam zu werden.

Maßgebend für die Ernährungsfähigkeit hoch verdünnter Lösungen dürften neben der spezifischen Natur der Stoffe, hauptsächlich zwei Umstände sei: 1. die Raschheit des Eindringens der Nährstoffe in die lebende Zelle, 2. die Verbrauchsgeschwindigkeit im Getriebe des lebenden

Protoplasmas. Eine hochgradige Verdünnung des Nährstoffes kann also auf zweierlei Weise zur Unwirksamkeit führen, durch zu langsames Eindringen und durch zu großen Bedarf der lebenden Zelle an dem betreffenden Nährstoff. Pflanzen, welche rasch wachsen und also viel verbrauchen, können darum in einer hochverdünnten Lösung des Nährstoffes nicht mehr fortkommen, während andere darin gedeihen.

Was die Geschwindigkeit der Aufnahme in die Zelle anbelangt, so ist dieselbe in vielen Fällen eine sehr große, namentlich bei Zellen, welche Zeitlebens im Wasser sich befinden, davon umspült sind. Wie rasch selbst aus hoch verdünnten Lösungen, die nur 0,01 % und weniger enthalten, die Stoffe durch Wasserpflanzen aufgenommen werden, davon zeugen schon die oben angeführten Beispiele. Nachstehend sollen noch weitere Beweise mit wirklichen Nährstoffen geliefert werden.

Dass Zellen, welche Zeitlebens von Luft umspült sind, wie die Blattparenchymzellen der Landpflanzen schwieriger die Stoffe aus den wässerigen Auflösungen entnehmen, ist begreiflich. Darum wurde von Forschern wie Böhm, A. Meyer, welche Zuckerlösungen durch Blattfleischzellen aufnehmen ließen, mit relativ starken Lösungen experimentiert, 5—10proz. Lösungen. Ferner wurde hier die dem Eindringen hinderliche Epidermis (mit ihrer Cuticula) entfernt, d. h. die Blätter wurden in kleine Stücke zerschnitten, so dass die Lösung durch die Schnittflächen eindringen konnte.

Beim natürlichen Ernährungsvorgang freilich werden auch diesen luftumspülten Zellen viele Nährstoffe, wie Nitrate, in flüssiger (gelöster) Form dargeboten; aber die Lösungen grenzen nicht direkt an diese Zellen an, sondern sind durch Protoplasma und Zellhaut der als Uebergang dienenden Gefäßbündelzellen davon getrennt.

Bei Wasserpflanzen grenzt die Nährlösung vielfach direkt an die zu ernährende Zelle an. Auch ist hier eine durch Transpiration bedingte allmähliche Konzentration ausgeschlossen.

Besonders einfach liegen die Verhältnisse bei einzelligen Wasserpflanzen, wie Diatomeen, oder solchen, die aus gleichartig gebildeten Zellen bestehende Fäden darstellen, wie *Mesocarpus*, *Zygnema*, *Spirogyra* etc.

Hier können also die Grenzen der wirksamen Verdünnung von Nährstoffen am besten erforscht werden.

Unter den Nährstoffen, welche in die Zellen nachweislich rasch auch noch bei großer Verdünnung eindringen, seien hier das Kali und Ammoniak erwähnt.

Als freie Basen rufen sie eine ähnliche Veränderung im lebenden Zellinhalte hervor wie das Coffein.

Ammoniak wird noch in der Verdünnung 1:100000 so rasch in lebende Spirogyrenzellen aufgenommen, dass dieselben binnen $^1/_2$ Stunde deutliche Aggregationserscheinungen zeigen; der

Plasmaschlauch und der Zellsaft wird trüb von ausgeschiedenen Körnchen (Protosomen). Ammoniaklösung von 1 : 20000 wirkt ebenso nur noch rascher; Lösung 1 : 10000 bewirkt augenblicklich starke Körnchenbildung.

Mit Kalilösung von der Verdünnung 1 : 20000 erhält man fast augenblicklich Körnchenbildung in lebenden *Spirogyra*-Zellen.

Konzentrierte Kali- oder Ammoniaklösung rufte diese Erscheinung nicht hervor, weil hiemit die Zellen sogleich absterben und die Aggregation eine Lebensreaktion ist, d. h. nur an lebenden Zellen und an dem unveränderten aktiven Albumin erhalten werden kann.

Das Eindringen der Nährstoffe Kali und Ammoniak geht also mit staunenswerter Geschwindigkeit vor sich, auch bei sehr hoher Verdünnung. Darnach wird es begreiflich, wie dieselben noch bei einer Verdünnung von 0,0003 % ernährend auf Algen wirken können (siehe unten).

Um zu sehen, bei welcher Verdünnung der mineralischen Nährstoffe die Algen, wie *Mesocarpus* und *Spirogyra*, noch gedeihen, stellte ich mir Lösungen von Monokaliumphosphat + Magnesiumsulfat + Calciumnitrat her, welche a) pro 100000 Teile Wasser nur 1 Tl. Mineralsalz, b) pro 20000 Tl. Wasser, 1 Tl. Mineralsalz, c) pro 10000 Tl. Wasser, 1 Tl. Salz enthielten. Die Lösungen enthielten von der oben genannten Mischung die eben angegebenen Mengen, die Mischung enthielt Monokaliumphosphat, Magnesiumsulfat und Calciumnitrat zu gleichen Teilen. Um also die enthaltene Menge der einzelnen Mineralstoffe zu finden, muss man noch durch 3 dividieren. Die Lösungen enthielten z. B. von Monokaliumphosphat:

a) 1 : 300000, b) 1 : 60000, c) 1 : 30000.

6 Versuche wurden im Ganzen aufgestellt. Die Lösungen betrugen je 3 Liter und befanden sich in größern Glasgefäßen, sog. Einmachgläsern. In jedes Gefäß wurde eine kleine etwa 2 g (feucht gewogen) entsprechende Algenmenge gegeben; die Kulturen wurden ans Fenster gestellt und 3 Monate lang dort ruhig stehen gelassen. Die 3 ersten Gläser enthielten Spirogyren, die 3 folgenden *Mesocarpus*; das 1. und 4. Glas enthielten Lösung 1 : 10000, das 2. und 5. 1 : 20000, das 3. und 6. 1 : 100000.

Bei allen 3 Versuchen ergab sich, dass die Verdünnung der mineralischen Nährstoffe nicht zu weit getrieben war, um ernährend zu wirken. Die Spirogyrenfäden wuchsen, erfuhren neue Zellteilungen und verbrauchten allmählich die großen Stärkemengen (in Vers. 3. viel weniger als in 2. u. 1.), welche von Anfang an in ihnen aufgespeichert waren. Bei einem Kontrolversuch mit destilliertem Wasser blieben dieselben unverbraucht. Auch die Verdünnung der Mineralstoffe von 1 : 100000 war noch vollkommen ausreichend, um den Stickstoff-Phosphor-, Kalium-, Magnesium, Calcium-Bedarf der wachsenden

Spirogyren zu decken. Wenn man bedenkt, dass das Phosphat nur in dem Prozentsatz 0,00033 vorhanden war, desgleichen das Nitrat, so ist es wirklich erstaunlich, dass die Algen damit auskommen konnten. Man darf auch nicht etwa glauben, dass in den Pflanzen selbst ein genügender Vorrat von beiden vorhanden war. Denn dazu war die Versuchszeit von 3 Monaten zu lang und außerdem zeigten die Kontrol-Algen in destilliertem Wasser kein Wachstum, sie verkümmerten sichtlich.

Die Alge *Mesocarpus* in Versuch 4, 5 u. 6 wies ähnliche Erscheinungen auf. Bei allen dreien stellte sich Wachstum ein, bei 4. u. 5. viel mehr als bei 6.; es scheint, dass die Verdünnung der Mineralsalze, welche bei 6. herrschte, nicht mehr ausreichte, um ein rasches Wachstum zu ermöglichen. Auch waren die *Mesocarpus*-Zellen in Versuch 6 weit mehr mit Reservestoffen angefüllt wie die andern, es hatte kein so rascher (aber immerhin ein merklicher) Verbrauch stattgefunden. Die in destilliertem Wasser stehen gebliebenen *Mesocarpus*-Fäden waren dicht angefüllt mit Körnchen und Tröpfchen von Reservematerial. Auch *Mesocarpus* kann also in so hoch verdünnten Mineralstofflösungen noch ihren Bedarf an Phosphor, Kalium, Stickstoff etc. decken.

Schon wenige Tage nach Aufstellung der 6 Versuche zeigte sich ein merkwürdiger Unterschied zwischen den Lösungen a, b u. c. Die Lösungen a u. b ließen eine Bakterientrübung erkennen, die Lösungen c nicht! Bei Versuch 1 u. 2, ferner 4 u. 5 wurde also bald die Algenvegetation gestört durch das Dazwischentreten einer Spaltpilzvegetation, welche sich an der Oberfläche als Häutchen und innerhalb der Flüssigkeit als ziemlich starke Trübung zeigte. Die Algen bei Versuch 1 u. 2 litten ziemlich stark darunter, nach 3 Monaten war eine Anzahl der *Spirogyra*-Fäden abgestorben und gebleicht, manche waren noch lebend und grün, und geneigt, in kurze Stücke oder einzelne Zellen zu zerfallen.

Warum trat in 4 Fällen Spaltpilzvegetation auf, in den beiden andern (Versuch 3 und 6) nicht?

Bei Versuch 1, 2, 4 u. 5 schied sich offenbar aus den Algenzellen etwas organische Substanz aus und ging in das Wasser, das zum Versuche diente, über. Diese geringe Menge organischer Substanz genügte um den Bakterien eine Entwicklung zu ermöglichen. Desgleichen genügte auch die Mineralsalzmenge 0,01% und 0,005%, um einigen Bakterien die zum Wachstum nötige Quantität Phosphat, Nitrat etc. zu liefern.

In Versuch 3 u. 6 trat jedenfalls auch annähernd ebenso viele organische Substanz aus den Algen (die in gleicher Menge, 2 g, überall zugesetzt waren) aus; allein die vorhandene Quantität Mineralstoff, 0,001%, reichte nicht aus, um den Bakterien Entwicklung

zu gewähren. Bakterien haben einen größeren Mineralstoffbedarf als Algen. Während letztere noch in Lösungen, welche 0,00033 % KH_2PO_4 und 0,00033 % $MgSO_4$ und 0,00033 % $Ca(NO_3)_2$ enthalten, fortkommen, wachsen Bakterien in solchen Lösungen nicht, auch wenn genügend organische Substanz vorhanden ist. Sie haben eben ein viel rascheres Wachstum und aus einer so hoch verdünnten Lösung wie bei Versuch 3 u. 6 wird ihnen nicht so viel Mineralsubstanz zugeleitet, als sie zum raschen Wachstum und zur Neubildung von Zellen brauchen.

Um das noch weiter zu erforschen, wurde eine Lösuug von so geringer Mineralstoffmenge, 0,001 %, mit $^1/_4$ proz. Pepton versetzt und stehen gelassen.

Nach 6 Tagen war noch keine deutliche Bakterienvegetation in der Flüssigkeit aufgetreten, trotzdem eine so vorzügliche Kohlenstoff- und Stickstoffquelle, das Pepton in reichlichem Maße geboten war. Als Mineralstoffe waren Dikaliumphosphat in der Menge 0,0005 % und Magnesiumsulfat in der Menge 0,0005 % angewandt worden. Dieselben vermögen also Fäulnispilze bei solcher Verdünnung nicht zu ernähren. Erhöht man den Prozentgehalt auf das gewöhnliche Maß, so tritt binnen 2 Tagen Fäulnis ein.

Wie stark die Verdünnung der organischen Nährstoffe (Kohlenstoffnahrung) für Pilze sein dürfe, ohne wirkungslos zu werden, wurde von Verf. bei einigen Stoffen erprobt.

Formaldehyd ist zwar so giftig, dass er noch in großer Verdünnung die Pilzzellen schädigt. Wendet man aber neben Formaldehyd (als Kohlenstoffquelle) Salmiak als Stickstoffnahrung an, so kann man (in Folge von Hexamethylenaminbildung) mit Lösungen von 1 : 20000, 1 : 10000, ja sogar 1 : 5000 Pilzvegetation erhalten. Nach 8 Tagen tritt in allen 3 Fällen deutliche Bakterientrübung in der Nährlösung ein, welche bei Lösung 1 : 5000 allmählich stärker wird und zu erheblichem Absatz von Bakterienmasse führt. Nach O. Loew tritt in solcher salmiakhaltiger Lösung die Bildung von Hexamethylenamin ein, welch letzteres dann ernährt. Auffallend ist die starke Verdünnung, 1 : 20000, bei welcher die Ernährung noch gelingt. Eine Lösung, welche weinsaures Ammoniak in der Verdünnung 1 : 10000 als Kohlenstoffquelle enthält, wird bei 6wöchentlichem Stehen nicht trübe, auch nicht bei absichtlichem Zusatz von Spaltpilzen.

Es ist also offenbar für die Entscheidung der Frage, bei welchem Verdünnungsgrad die organischen Nährstoffe unwirksam werden, nicht gleichgiltig, welche Stoffe in Betracht gezogen werden.

Aethylaldehyd kann noch in der Verdünnung 0,01 % d. i. 1 : 10000 manchen Bakterien als Kohlenstoffquelle dienen. So erhielt ich nach 9tägiger Versuchsdauer eine Spaltpilztrübung, als ich 0,01 % Aethylaldehyd als einzige Kohlenstoffquelle und außerdem die nötigen

Mineralstoffe als Nahrung darbot. Die Trübung wurde binnen weiteren 2 Tagen ziemlich stark.

Auch Methylalkohol kann schon in 0,01 prozentiger Lösung als Kohlenstoffquelle für Spaltpilze dienen. Nach 5tägiger Versuchsdauer trat bei einem von mir aufgestellten Versuche schwache Bakterientrübung ein, nach weiteren 8 Tagen ziemlich starker Ansatz von Spaltpilzen an der Oberfläche, besonders an der Glaswand des Versuchsgefäßes; die Bakterienbildung schritt aber dann nicht mehr fort, wahrscheinlich wegen zu starker Verdünnung der Lösung.

Die Verdünnung 1:20000 dürfte wohl die äußerste Grenze sein, bei welcher manche organische Stoffe noch ernährend wirken. Mit noch höheren Verdünnungen konnte ich keine merkliche Pilzvegetation erhalten. Hier fließt die Kohlenstoffnahrung zu spärlich, als dass die Pilzzellen damit wachsen und sich vermehren könnten.

Selbst der ausgezeichnete Nährstoff Pepton lässt bei sehr hohen Verdünnungen keine erhebliche Bakterienvegetation mehr aufkommen.

Ich stellte 2 Versuche auf; die eine Nährflüssigkeit enthielt 0,01 proz. Pepton, die andere 0,002 proz. Pepton; beiden wurde eine genügende Menge Dikaliumphosphat und Magnesiumsulfat (0,05 % zusammen) zugesetzt. Nach 6 Tagen war in der 0,01 proz. Pepton enthaltenden Flüssigkeit eine deutliche Bakterientrübung und Fäulnisgeruch, aber kein Absatz, aufgetreten, in der Lösung mit 0,002 % kaum eine schwache Opalescenz, kein Fäulnisgeruch. Die Gesamtmenge Pepton war aber in beiden Fällen nicht unbeträchtlich, denn es wurde je 1 Liter Flüssigkeit zu den Versuchen angewendet.

Betrachten wir die Verdünnung, in welcher mineralische und andere Nährstoffe in den natürlichen Wässern auftreten, so scheint dieselbe häufig den bei obenstehenden Versuchen angewandten Prozentsätzen ungefähr zu entsprechen; oder die Naturwasser stellen konzentrierte Lösungen dar als die von mir angewandten.

So enthält das Mainwasser pro 1 Liter: 21 mg organische Stoffe d. i. 0,0021 mg; 80 mg Kalk d. i. 0,008 %; 28 mg Magnesia d. i. 0,0028 %; 3,2 mg Eisenoxyd und Thonerde d. i. 0,00032 %; 5 mg Kali d. i. 0,0005 %; 26 mg Natron d. i. 0,0026 %; 54 mg Schwefelsäure d. i. 0,0054 %; 2,9 mg Salpetersäure d. i. 0,00029 %. (J. Koenig, Nahrungs- und Genussmittel, II, S. 1144.)

Rheinwasser enthält (nach demselben Autor): 16,8 mg organische Stoffe d. i. 0,00168 %; 71 mg Kalk d. i. 0,0071 %; 14,7 mg Magnesia d. i. 0,00147 %; 1,8 mg Eisenoxyd und Thonerde d. i. 0,00018 %; 4,2 mg Kali d. i. 0,00042 %; 6,7 mg Natron d. i. 0,00067 %; 2,4 mg Schwefelsäure d. i. 0,00244 %; 6,2 mg Salpetersäure d. i.

In der Donau wurden gefunden (im Sommer) pro 1 Liter: 4,2 mg organische Stoffe d. i. 0,00042 %; 54,3 mg Kalk d. i. 0,00543 %; 12,8 mg Magnesia d. i. 0,00128 %; 4,4 mg Eisenoxyd und Thon-

erde d. i. 0,00044 %; 1,6 mg Kali d. i. 0,0016 %; 2,8 mg Natron d. i. 0,00028 %; 10,6 mg Schwefelsäure d. i. 0,0016 %; 1,3 mg Salpetersäure d. i. 0,00013 %.

Der Magnesia- und Kaligehalt ist in allen 3 Fällen höher als der bei meinen Versuchen 3 u. 6 angewendete, wo das Kaliumsalz nur 0,00033 % betrug und ebenso das Magnesiumsalz.

Das Wasser des atlantischen Ozeans zeigte bei einer Analyse (von F. Fischer) folgenden Gehalt pro 1 Liter: 2,7560 mg Chlornatrium d. i. 2,756 %; 3330 mg Chlormagnesium d. i. 0,333 %; 610 mg schwefelsaures Magnesium d. i. 0,061 %; 1720 mg schwefelsaures Kalium d. i. 0,172 %; 2050 mg schwefelsaures Calcium d. i. 0,205 %; 330 mg Bromnatrium d. i. 0,033 %.

Der Kalium- und Magnesiumgehalt übersteigt also hier weit die von mir angewandten Mengen.

Im Meerwasser ist soviel Kali und Magnesia enthalten, dass die für Bakterien nötige Menge weit überschritten wird. Im Flusswasser aber dürfte diese Menge oft nicht erreicht werden.

Hingegen ist keines der erwähnten natürlichen Wasser so arm an Kali und Magnesia, dass nicht Algen darin wachsen könnten. Wenn in solchem Wasser auch Pilze stellenweise vorkommen, so liegt dies daran, dass durch das Absterben von Wasserpflanzen oder auch durch Einleiten von Abwassern die nötigen Kali- und Magnesiamengen zur Verfügung stehen.

Ein für das Leben der Pilze und Algen unentbehrlicher Bestandteil, die Phosphorsäure, ist in keiner der erwähnten Analysen aufgeführt. Ich finde nur bei Mineralwasseranalysen, z. B. der Fresenius'schen Analyse des Kochbrunnens in Wiesbaden phosphorsaures Natrium mit 0,000052 % aufgeführt. Es scheint also, dass dieser Bestandteil in unbestimmbar geringer Menge im Fluss- und Meerwasser enthalten ist. Trotzdem leben in demselben zahlreiche Algen und sonstige Wasserpflanzen! Die Phosphorsäure scheint also noch in viel geringeren Mengen als den bei obigen Versuchen des Verf. angewandten zur Ernährung der Algen etc. dienen zu können. Das langsame Wachstum vieler grüner Wasserpflanzen bedingt einen so langsamen Verbrauch der Nährstoffe, dass auch die geringsten Mengen, wenn sie nur konstant vorhanden sind, schon ausreichen.

„Die im Flusswasser kaum nachweisbaren Spuren von Phosphaten findet man reichlich in ihrer Asche und den Jod- und Bromgehalt des Meerwassers hat man auch erst entdeckt, als man die Asche der Meeresalgen untersuchte, in welcher sich die Spuren von Jod- und Bromsalzen, welche das Meerwasser enthält, so anhäufen“ (v. Pettenkofer, Zur Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hygiene, Bd. XII, S. 270).

Wie gering die Quantitäten organischer Substanz in den Flusswassern sind, geht ebenfalls aus obigen Wasseranalysen hervor.

Dieselben reichen nicht aus, um den so rasch wachsenden Bakterien und andern Pilzen, die ihre Trockensubstanz in wenigen Tagen vervielfachen, ein Fortkommen zu gewähren. Hingegen können Algen und andere Wasserpflanzen diese organische Nahrung verwerten, da sie langsam wachsen und außer dieser noch Kohlensäure assimilieren, die immer in großer Menge zur Verfügung steht. Faktisch wachsen Pilze bei verunreinigten Flüssen nur bis kurz unter der Einmündung der Siele in den Fluss, dann machen sie Algen und andern grünen Pflanzen Platz. [55]

Ueber den Mechanismus der Lokomotion der Pulmonaten.

Von Dr. **Lazar Car** in Agram.

Das höchst eigentümliche Gleiten unserer im Wasser lebenden Pulmonaten an der Oberfläche des Wassers, mit nach abwärts gekehrtem Gehäuse mittels ihres breiten Fußes, wie man es am besten in einem Aquarium beobachten kann, hat schon unzählige Naturfreunde in das größte Staunen versetzt. Dieses Phänomen frappiert erstens dadurch, dass man die sonst am Grunde oder an anderen festen Unterlagen zu sehen gewohnten Schnecken knapp unter dem Wasserspiegel bemerkt, zweitens dass sie in umgekehrter Lage die Schale nach unten, den Fuß nach oben sich befinden, drittens dass sie sich die Oberfläche des Wassers, also die Grenze zwischen Wasser und Luft, zur Unterlage erkoren haben, und dass sie schließlich an dieser ätherischen Unterlage überhaupt Stützpunkte finden können, welche sie für ihr Fortkommen benötigen. Ferner birgt das eigentümliche Vorwärtskommen, mittels der ausgebreiteten Fußsohle der Schnecken überhaupt schon etwas Rätselhaftes in sich. Es mag sein, dass unsere eigene Bewegungsart und die anderer höherer, uns näher stehender Tiere mittels des Hebelapparates, uns die Lokomotion der Schnecken schon etwas fremdartiger erscheinen lässt. Aber wenn wir bei der sich vorwärts bewegenden Schnecke an ihrem Fuße doch irgendwelche merklichen Biegungen wahrnehmen könnten, würde uns das weniger überraschen. Doch die ausgebreitete und geebnete Sohle des Schneckenfußes behält ihre Form und Konturen und fließt nur nach vorwärts als ein Ganzes, wie wenn sie von einem Magnet angezogen wäre. Ohne Zweifel müssen da ganz eigentümliche Vorrichtungen herrschen und ein ganz besonderer Mechanismus der lokomotorischen Organe vorliegen.

Dass sich schon Viele an die Erklärung dieses Rätsels herangewagt haben, davon konnte ich mich leicht an der Litteratur überzeugen.

Blainville [1] äußerte sich darüber folgendermaßen: „Les céphalés terrestres rampent à l'aide de leur pied. Pendant leur progression, il s'opère un mouvement ondulatoire entre la partie postérieure et la

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: 17

Autor(en)/Author(s): Bokorny Thomas

Artikel/Article: Grenze der wirksamen Verdünnung von Nährstoffen bei Algen und Pilzen. 417-426