

Sol ist eine farblose, fast klare Flüssigkeit, die sich äußerlich kaum vom Wasser unterscheidet.

## II. Negative Sole:

**Silbersole:** Man gibt zu ca. 100 ccm einer 0,001n  $\text{AgNO}_3$ -Lösung (1 ccm 0,1n auf 100 ccm Wasser) einige Tropfen frisch hergestellter 1%iger Tanninlösung, sowie einen Tropfen einer verdünnten z. B. 1%igen Sodalösung. Beim Erwärmen erhält man ein intensiv rotbraun bis gelbbraun gefärbtes Sol.

### Arsentrisulfid-Hydrosol:

Man stellt sich durch längeres Sieden eine gesättigte wässrige Lösung von arseniger Säure ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) her; die glasige Form des Arsensiks ist wegen ihrer leichteren Löslichkeit der kristallisierten dabei vorzuziehen. Von der bei Zimmertemperatur ca. 2%igen Lösung verdünne man 50 ccm auf 200 ccm (= 0,5%). Nach 5 Minuten Einleiten von  $\text{H}_2\text{S}$  entsteht ein intensiv gelb bis gelbrot, bei größerer Verdünnung auch grünlichgelb gefärbtes Sol. Wünscht man konzentrierte Sole herzustellen, so kann man in dem fertigen Hydrosol nochmals arsenige Säure auflösen und wiederum fällen. Freilich müssen dann die hierbei stets entstehenden gröber dispersen Anteile abfiltriert werden.

Im allgemeinen wird man beobachten, daß das Arbeiten an negativen Solen leichter ist als an positiven, da letztere meist schlechtere Ultrabilder geben.

Bei molekularen oder echten Lösungen wissen wir genau, daß dieselben Bestandteile immer in gleicher Weise wandern; Metalle und Wasserstoff scheiden sich stets an der Kathode ab usw. Für die kolloiden Lösungen ist der Wanderungssinn nicht so feststehend und charakteristisch. Die Sole nach den angeführten Rezepten werden zwar immer positive resp. negative Teilchen haben. Es gibt aber auch Systeme, die je nach den Herstellungsbedingungen positive oder negative Teilchen haben; dabei ist die chemische Natur

der dispersen Phase die gleiche. Ein schönes Beispiel verdanken wir *Lottermoser*. Stellen wir nämlich durch Zusammengießen von Silbernitrat und Jodkali ein Jodsilbersol her, so richtet sich die Ladung der Teilchen danach, wie wir beide Lösungen zusammen gegossen haben. Gießen wir das Silbernitrat in die Jodkalilösung, so erhalten wir negative Teilchen. (Sol A.) Wenn wir aber zu der Silbernitratlösung die Jodkalilösung gießen, positive Teilchen. (Sol B.) Im einzelnen gestaltet sich der Versuch — wiederum nach Prof. *Wo. Ostwald* — wie folgt.

**Sol A:** 3 ccm 0,1n KJ werden mit  $\text{H}_2\text{O}$  auf 10 ccm verdünnt. In einem zweiten Gefäß werden 5 ccm 0,1n  $\text{AgNO}_3$  auf 40 ccm verdünnt. Man gießt die KJ-Lösung langsam unter kräftigem Umschütteln in die  $\text{AgNO}_3$ -Lösung (nicht etwa umgekehrt).

**Sol B:** 4 ccm 0,1n  $\text{AgNO}_3$  werden auf 15 ccm verdünnt. In einem anderen Gefäß werden 5 ccm 0,1n KJ auf 40 ccm verdünnt. Hier wird die  $\text{AgNO}_3$ -Lösung in die KJ-Lösung gegossen.

5. Aus der Geschwindigkeit der wandernden Teilchen kann man nun leicht ihre Ladung errechnen. Es gilt die Formel:  $c = \frac{s}{z} = b \cdot \frac{P}{d}$  worin  $s$  der in der Zeit  $z$  (in Sekunden) zurückgelegte Weg (in Zentimetern),  $P$  die Potentialdifferenz (in Volt),  $d$  der Elektrodenabstand (in Zentimetern) und  $b$  eine für jedes Sol charakteristische Konstante bedeutet, die man als die „elektrophoretische Beweglichkeit“ der Teilchen definieren kann.

Den Weg  $s$  kann man mittels eines Okular-Mikrometers in bekannter Weise messen. Für die Potentialdifferenzmessungen braucht man ein Voltmeter, das man in paralleler Schaltung zu der Kataphoresezelle schaltet. Der Elektrodenabstand  $d$  läßt sich leicht mit Zirkelspitzen messen. Die Werte liegen meist zwischen 1 bis  $10 \cdot 10^{-3}$  sec/cm<sup>2</sup> Volt. Die Zeit ist also ungefähr ebenso groß wie die der Elektrolytionen.

## *Volvox* als Aquarium.

Von Dr. August Koepfel, Passau.

Sommersonne liegt auf dem Weiher; das Schilf reckt sich wie in einem Treibhaus; das Wasser zu seinen Füßen saugt begierig alle Wärme ein, bis es an flachen Uferstreifen wie in einem Heizaquarium steht.

Die „Thermophilen“ treffen sich hier und *Volvox* feiert Hochzeit. Tausendfältig steigen seine winzigen Kugeln auf und nieder und nicht selten zeigt das Wasser einen grünlichen Schimmer. Das Mikroskop bringt uns des Rätsels Lösung. Das milchig opalisierende, stecknadelkopfkleine Gebilde rollt ungestört in einem Wassertropfen weiter und erscheint uns als große gläserne Hohlkugel, deren Oberfläche wie mit goldgrünen Smaragden gespickt ist (Abb. 1).

Jedes dieser kleinen Edelsteinchen ist ein Tröpfchen Plasma von grüner Färbung mit

einigen Chlorophyllkörnchen, die je nach der Art mit dünneren oder dickeren Fäden (2) untereinander verknüpft sind; ein rotes punktförmiges Lichtsinnesorgan, eine kontraktile Vakuole (3) und zwei schwer sichtbare Geißelfäden vervollständigen ihre Ausrüstung. Jeder Geißeling bildet den Mittelpunkt eines kleinen Gallertfeldes, das durch schleimige Verquellung seiner Membran entstanden ist; durch gegenseitige Berührung verschmelzen sie alle zu einer einheitlichen gallertigen Schale, aus der nur das Heer der Wimpern herausragt. In wunderbar gleichmäßig geordnetem Schlage, den wohl die Plasmabrücken der Einzelindividuen<sup>1)</sup> als Reiz-

<sup>1)</sup> Diese verbindenden Plasmafäden sind in Bild 3 nicht eingezeichnet.

leitungsbahnen ermöglichen, rollen die Kugeln dahin, stets mit dem gleichen Pol voraus und geben uns so ein Bild von Zucht und Ordnung in einem Betrieb, der bis zu zwanzigtausend Teilnehmer beschäftigen kann. Alle schaffen in dem Riesenbau das gleiche, bis zur Zeit der Fortpflanzung eine kleine Arbeitsteilung eintritt und einige wenige aus dem Verband ausscheiden und einem anderen Zwecke dienen.

Die Vermehrung dieser einzigartigen Lebewesen geschieht teils auf geschlechtlichem und teils auf ungeschlechtlichem Wege: Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung entwick-

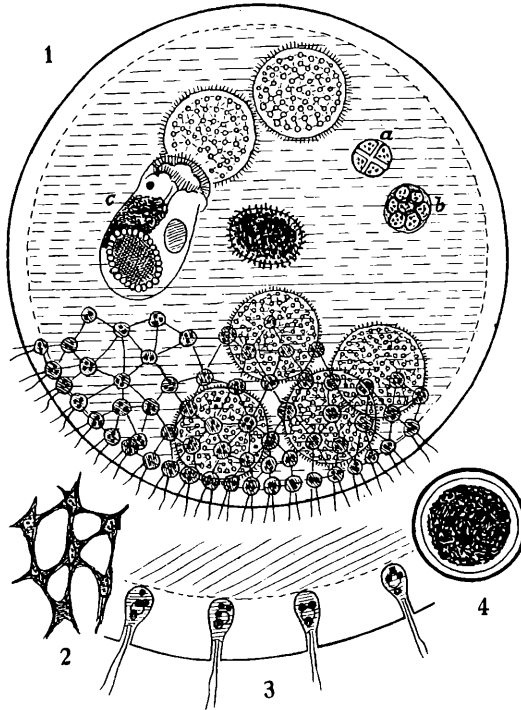
von gelblicher Farbe und bis zu gleicher Zahl; ihre schwärmenden Spermatozoiden haben zwei Geißeln.

Wenn die weibliche Eizelle befruchtet ist, umgibt sie sich mit einer oder zwei hyalinen Schalen, die einen dicht körnigen gelbroten oder braun gefärbten Inhalt umschließen (4); sie bildet die Eispore oder Zygote. Diese geschlechtliche Fortpflanzung beginnt bereits im Frühling und erreicht im Sommer ihren Höhepunkt. Die Zygoten sinken unter, „keimen“ dann und erscheinen im Herbst als junge *Volvox*, von denen manche überwintern. Ihr Größenwachstum geht dadurch von statten, daß ihre vegetativen Zellen sich durch Teilung vermehren; die ganze Kugel ist also eigentlich eine riesige Familie. Je nachdem die Kugeln Oo- und Spermogonien oder nur eines von beiden enthalten, sind sie zwittrig oder getrennt geschlechtlich (= einhäusig oder monöisch, zweihäusig oder diöisch).

Bei der ungeschlechtlichen Vermehrung entwickeln sich bis zu 8 Mutterzellen zu Parthenogonidien (1); während sie sich zur Erfüllung ihrer Aufgabe rüsten, werden sie wohl von den anderen vegetativen Zellen miternährt. Diese ausersehenen Zellen teilen sich (1, a) und ihre Produkte krümmen sich kugelig zusammen; sie liegen im Wasser der Mutterblase und sehen wie grüne Maulbeeren (1, b) aus, die wie mit einer Gallertglasur überzogen sind. Mit fortschreitendem Wachstum werden die grünen Körperchen derselben durch Teilung kleiner und dadurch zahlreicher; schließlich verschmelzen sie sozusagen miteinander; das Ganze vergrößert sich dann fortwährend durch Teilung und es treten zum Schluß die Geißeln auf.

In diesem Zustand stößt die Mutter ihre jungen Töchter aus, wo sie sofort allseitig drohenden Gefahren ausgesetzt sind. Sie bilden nämlich eine Lieblingsspeise unserer Kleinkrebschen und können sich nur dort voll entfalten, wo diese fehlen oder an Zahl gering sind. Wir werden sie daher für Studienzwecke in ein eigenes Aquarium einsetzen, das von Cyclops, Daphnien, aber auch von Jungfischchen und kleinen Lurchlarven frei ist. Es ist ja begreiflich, daß so zarten Mäulchen ein so zarter Bissen ganz besonders begehrenswert erscheint, besteht er doch nur aus Sulze, die mit winzigen Pflänzchen garniert ist.

*Volvox* ist ein gar eigenartiger Geselle. Seine einzelnen Bausteine sind mit Geißeln ausgestattet und das Ganze ist der Ortsbewegung fähig<sup>1)</sup>; zugleich aber besitzen sie Chlorophyll, vermögen daher zu assimilieren und sich durch Bildung von Stärke selbständig und ausschließlich zu ernähren; sie besitzen also tierische und vor allem pflanzliche Eigenschaften nebeneinander und werden daher in Zoologie- und Botanikbüchern aufgeführt. *Volvox* ist, wie schon gesagt, eine große



*Volvox* als Aquarium. Erklärung im Text.

keln sich aus einigen Mutterzellen größere dunkler grüne Zellen, die schließlich aus der Rinde in das Innere fallen und die weiblichen Geschlechtszellen darstellen (Oogonien), andere Mutterzellen teilen sich nach der Vergrößerung und ihre Produkte bleiben als ein kugeliges abgeflachtes Paket schmaler Gebilde (Spermogonien) in der gemeinsamen Zellhaut, bis auch sie ins Innere fallen, wo sie als Spermatozoiden frei werden, herumswimmen und die Oogonien zur Befruchtung aufsuchen; diese Hohlblasen sind nämlich mit Wasser gefüllt und nicht, wie ich später ausführen werde, mit verdünntem Schleim, was von verschiedenen Forschern angenommen wird. Die genannten weiblichen Geschlechtszellen können bis zu 30 gebildet werden; sie sind ausgewachsen etwas flaschenförmig und heißen auch Gynogonidien; die männlichen Geschlechtsprodukte, die auch Androgonidien genannt werden, sind

<sup>1)</sup> Außerdem finden sich bei ihm schwärmende Spermatozoiden.

Familie, die, wie Oltmanns sich ausdrückt, zu einem Zellstaat fortgeschritten ist; es zeigt sich hier bereits, wenn auch in geringem Maße, eine Arbeitsdifferenzierung und ein plasmatisches Verbindungssystem der einzelnen Teile; *Volvox* kann also nicht als Kolonie bezeichnet werden.

Dies mußte zum Verständnis des Folgenden vorausgeschickt werden. Wir haben gesehen, daß sich im Wasser der Mutterhohlkugel die Töchter solange herumtummeln, bis sie geburtsreif sind. Da das Ganze durchsichtig ist, sieht man deutlich einen lebhaften Strudel um sie herum, wenn auch die feinen Geißeln nur schwer beobachtet werden können. Für solch winzige Organellen, wie diese, ist das Wasser schon eine etwas zähe Flüssigkeit; das gleiche gilt für die Spermatozoiden. Es kann daher der Innenraum unmöglich mit verdünntem Schleim angefüllt sein; man denke nur daran, daß man den Wimperschlag größerer Ziliaten durch Zugabe von etwas Quittenschleim vollständig lahm legen kann.

Außer dieser Jungbrut findet man nicht selten noch andere Lebewesen in der Blasenfüllung schwimmen, so daß sie mir schon bei der ersten Beobachtung wie ein lebendes Mikro-Aquarium vorkam.

Während sich unser Auge an dem wirklich bezaubernd schönen Anblick der flimmernden, goldgrün funkelnden Mutterkugel erfreut, und diese lebensfroh, mit kräftigen Kindern gesegnet, im klaren Wasser ihre stille Bahn zieht, hat schon das Unheil an ihre Pforte gepocht, sich Eintritt verschafft und eingenistet. Dieses Unheil hat die Gestalt eines Rädertierchens und heißt *Hertwigia* (1, c) *volvocicola* (*Proales parasita*). Findet man einen derartigen Räuber in einer *Volvox*-Kugel, so zeigt diese an irgendeiner Stelle eine Verletzung, d. h. es fehlen daselbst die grünen kugelförmigen Zellen; doch scheint meist von selbst wieder eine Art von Verschuß einzutreten. *Hertwigia* ist so dick wie eine Parthenogonie und  $1\frac{1}{2}$  mal so lang; ihr Rumpf ist annähernd eiförmig, ohne Fuß und ohne Zehen. Das Tier ist nicht dorsoventral abgeplattet, sondern radialsymmetrisch und dreht sich während des Strudels langsam um seine Längsachse, so daß sein rotes Pigmentauge fortgesetzt einen Kreisbogen beschreibt. Der Kopf trägt kein eigentliches Räderorgan, sondern ist mit einem Wimperkranz versehen, über den sich der Vorderrand lippenartig wölbt. Dieser Einbrecher frißt fortgesetzt unter lebhaftem Strudeln an den Tochterkugeln herum, so daß man nicht selten gleichzeitig mehrere von ihnen im angefressenen Zustand vorfindet; dabei füllt er sich seinen Magen zum

Plätzen mit ihren Zellen an und gibt von Zeit zu Zeit Kot in das Wasser ab; in diesem Zustand ist sein Kaumagen nicht zu sehen. Dieses seiner eigenartigen Lebensweise vorzüglich angepaßte Rädertierchen wird vielfach als *Volvox*-parasit bezeichnet, jedoch mit Unrecht. Die durch Agamie entstandenen Töchter sind keine Organe, sondern Lebewesen, die mit ihrer Mutter nicht im geringsten Zusammenhang stehen. Außerdem werden sie nicht ausgesogen, sondern raubtierartig angefressen oder vollständig aufgefressen. Daß die Mutter jeden Kontakt mit ihnen verloren hat, geht daraus deutlich hervor, daß sie ruhig strudelnd und frohgemut auf und nieder steigt, während in ihrem Innern der Tod unter ihren Kindern wütet. Dabei fühlt sich der Räuber in ihrem „Fruchtwasser“ so heimisch, daß er, während er die fremde Nachkommenschaft vernichtet, für seine eigene sorgt, indem er unter die rollenden Töchter sein krummstacheliges Winterei legt.

Hat man einen *Volvox* mit *Hertwigia* gefunden, so findet man nach meinen Beobachtungen diese Zusammenstellung häufig und es bleibt die Frage zu beantworten: Wie findet der Räuber seine Beute, nachdem doch die verletzten alten Mutterkugeln im Herbst absterben und die Wintereier frei werden und untersinken? Eine Infektion der Töchter im Muttertier kann nicht stattfinden, da sie viel zu klein sind und ihre eigentliche Reife erst im freien Wasser erlangen.

Zum Schlusse sei noch in Kürze auf die Unterschiede unserer beiden *Volvox*-arten aufmerksam gemacht:

1. *Volvox globator* (bis 800  $\mu$ ): die einzelnen Flagellaten sind brockig mit dicken Plasmabrücken (Bild 2); bis 8 Parthenogoniden, Zwitter, die Oospore ist eine Dauerzyste mit einer stacheligen Hülle.

2. *Volvox aureus* (*minor*): meist nur halb so groß als der vorige, die Flagellaten beim Draufblick wie Kugelalgen mit fadenförmigen Brücken (1), 4—7 Töchter, getrennt geschlechtlich; die Oospore hat 2 glatte hyaline Hüllen (4). —

Die Bilder sind nach der Natur gezeichnet und etwas schematisiert; die Funde stammen aus oberfränkischen und niederbayrischen Sümpfen. Die Tochterkugeln sind stets gleich groß, manchmal haben 3 den Durchmesser der Mutter; Tochterkugeln und Eisporen finden sich gleichzeitig nebeneinander, auf verschiedene Exemplare verteilt. 1a und b sind aus einem anderen Bild in dieses eingefügt. *Hertwigia* trägt ein Ei im Inneren. In Bild 1 sind die Flagellaten wegen der Übersichtlichkeit des Ganzen nur im unteren Drittel gezeichnet.

## Fischmagen-Untersuchungen.

Von Dr. H. Gams, Wasserburg am Bodensee.

Bei der Wertschätzung, der sich heute die Hydrobiologie und besonders auch die Planktonkunde im Biologieunterricht der Hoch-

und Mittelschulen erfreut, ist es auffallend, daß eines der ältesten und einfachsten Verfahren der Materialbeschaffung sehr ver-