

Zur
Physiologie der Fortpflanzung von *Vaucheria sessilis*
von
GEORG KLEBS.

Durch meine Experimente mit *Hydrodictyon*¹⁾ strebte ich den Nachweis zu führen, dass bei dieser Alge keine nothwendige Aufeinanderfolge ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Generationen stattfindet, dass vielmehr die Alge zu jeder Zeit im Stande ist, die eine oder die andere Art der Fortpflanzung oder gleichzeitig beide an verschiedenen Zellen zu zeigen. Die jedesmalige Fortpflanzung steht danach in bestimmter Abhängigkeit von äussern Einflüssen. Sehr wohl lässt sich in der freien Natur beobachten, dass auf eine Reihe ungeschlechtlicher Generationen eine geschlechtliche folgt, aber nur deshalb, weil die äussern Verhältnisse, welche für die Zoosporenbildung massgebend waren, sich geändert haben, nicht weil aus inneren Gründen die sexuelle Stufe des Entwicklungsganges unter allen Umständen erreicht werden musste.

In meiner Arbeit blieb aber eine wesentliche Lücke, das Verhalten der geschlechtlich erzeugten Zygoten.

Dieselben bilden nach den bisherigen Erfahrungen stets zuerst ungeschlechtliche Nachkommen, und es konnte

¹⁾ G. Klebs. Ueber die Vermehrung von *Hydrodictyon utriculatum*: ein Beitrag zur Physiologie der Fortpflanzung. Flora 1890.

die Frage nicht entschieden werden, ob hier ein nothwendiger Generationswechsel nicht doch vorhanden ist. Es lag nahe, nach einem Untersuchungsobject sich umzusehen, bei welchem es leichter möglich ist, diese Frage zu einer bestimmten Entscheidung zu bringen, insofern auch die sexuell erzeugten Sporen in bequemer und sicherer Weise dem Experiment zu unterwerfen sind. Sehr bald erkannte ich, dass *Vaucheria* ein sehr günstiges Object darstellt, bei welchem für diesen bestimmten Fall die Frage des Generationswechsels gelöst werden kann.

Für *Vaucheria* mit ihren zahlreichen Arten liegen eine Menge Untersuchungen vor. Von den Formen, welche hier speziell interessiren, kommt *Vaucheria sessilis* vor allem in Betracht, weil sie neben den Geschlechtsorganen eine leicht zu beobachtende Zoosporenbildung aufweist, welche durch Trentepohl, Unger, Thuret, Cohn, Braun, Dippel, Walz, in neuerer Zeit Strasburger, Berthold in allen Einzelheiten beschrieben worden ist. Ueber die Aufeinanderfolge der beiden Fortpflanzungsarten bemerkt der Monograph der Gattung, Walz¹⁾: „dass aus der Spore gewöhnlich Individuen sich entwickeln, welche Befruchtungsorgane tragen und aus den Oosporen Individuen, welche sich zunächst durch Sporen fortpflanzen. Auf Grund seiner bekannten Beobachtungen an zahlreichen Algen, darunter auch an *Vaucheria* bemerkt Pringsheim²⁾, dass nach einer unbestimmten Reihe neutraler Generationen (Zoo-

¹⁾ Walz. Beitrag zur Morphologie und Systematik der Gattung *Vaucheria*. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik. V 1866—67. S. 140.

²⁾ Pringsheim. Ueber Sprossung der Moosfrüchte und den Generationswechsel der Thallophyten; Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik. XI. (Sep.) S. 27.

sporangien-Exemplare) eine sexuelle auftritt und dass aus der Keimung der Oosporen normal wieder neutrale Generationen hervorgehen. Sowohl Walz wie auch Pringsheim heben indessen hervor, dass bei den Vaucherien mancherlei Unregelmässigkeiten auftreten, dass z. B. aus Zoosporen-Keimlingen wieder Zoosporen, in andern Fällen dagegen Geschlechtsorgane sich entwickeln. Gerade diese Unregelmässigkeiten machten mir eine erfolgreiche Untersuchung der vorliegenden Frage wahrscheinlich.

Als Material dienten mir Vaucheria-Rasen, welche sich auf den Coaksstücken im Gewächshause angesiedelt hatten, es war *Vaucheria sessilis* in der Form *repens*. Ich muss das betonen, weil nahe verwandte Formen in manchen Beziehungen abweichen. Brachte man einen solchen Rasen in Wasser, so beobachtete man die bekannte Erscheinung, dass in den ersten Tagen Zoosporen entwickelt wurden, dass später Geschlechtsorgane auftraten. Leicht liess sich feststellen, dass es sich nicht hierbei um einen Wechsel der Generationen, sondern nur um einen Wechsel der Fortpflanzungsweisen handelte, welcher an demselben Rasen, ja an denselben Fäden bemerkbar wurde. Die Zoosporen, resp. die jungen Keimlinge, welche durch Filtriren über Glaswolle bequem sich sammeln liessen, bildeten den Ausgangspunkt für die weitere Untersuchung. Drei Fälle der Entwicklung solcher Keimlinge waren zunächst zu unterscheiden:

1. die Keimlinge bilden Zoosporen;
2. die Keimlinge bilden Geschlechtsorgane;
3. die Keimlinge bleiben steril.

Jetzt kam es darauf an, die Keimlinge so zu cultiviren, dass mit grösster Sicherheit jede der 3 Möglichkeiten verwirklicht wurde; in der That gelang es in sehr hohem Grade.

Am leichtesten lässt sich der zweite Fall zur Erscheinung bringen. Die Keimlinge brauchen nur in Zuckerlösungen von 2--5% cultivirt zu werden, um nach wenigen Tagen (gewöhnlich schon nach 8) zur Bildung von Geschlechtsorganen genöthigt zu werden. Direct an der Zoosporenkugel oder an den kurzen Keimschläuchen sitzen die Organe, wie es auch die Figuren bei Sachs¹⁾ zeigen. Nothwendige Bedingungen hierfür sind Wasser, ein gewisser Mangel an unorganischen Nährsalzen, Vorhandensein von organischen Nährstoffen, eine Temperatur über 3° und Licht. Das Licht muss deshalb besonders angeführt werden, weil auch bei Anwendung von Zuckerlösungen Licht unbedingt nothwendig ist. Unter Berücksichtigung der genannten Verhältnisse gelingt der Versuch ausnahmslos.

Die Thatsache, dass gelegentlich Keimlinge gleich wieder Zoosporen bilden, wurde von Trentepohl und Walz beobachtet, und letzterem gelang es durch Zugießen von frischem Wasser die Erscheinung hervorzurufen. Um mit Sicherheit dasselbe zu erreichen, muss man in folgender Weise verfahren. Vaucheria-Rasen werden in 0,5% Nährsalzlösung (Knop) einige Zeit lang im Licht cultivirt, die Lösung wird durch Wasser ersetzt, und die Cultur in's Dunkle gestellt. Enorme Mengen von Zoosporen werden dann erzeugt, und bei weiterem Aufenthalt im Dunkeln bilden die jungen Keimlinge wieder sofort Zoosporen. Auch diese können wieder keimen und Zoosporen bilden, wenn die ursprüngliche Plasmasubstanz in grösserer Menge vorhanden ist. Ein Zusatz von frischem Wasser ist dazu nicht nothwendig. Auch sonst, wenn man beliebige Zoosporen im Dunkeln keimen lässt, beobachtet man die gleiche Er-

¹⁾ Sachs Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. 1874. S. 274.

scheinung. Nur darf man nicht verlangen, dass jede Zoospore von beliebiger Herkunft sofort wieder ungeschlechtlich sich vermehrt, weil der Aufenthalt im Dunkeln leicht Nahrungsmangel hervorrufen kann.

Der dritte Fall, dass die Keimlinge steril bleiben, lässt sich auf verschiedenem Wege und in sehr verschiedenem Grade erreichen. Geschlechtliche Sterilität erreicht man am einfachsten durch Cultur in concentrirter Zuckerlösung; während die Keimlinge noch in 8% Geschlechtsorgane bilden, vermögen sie es in 10% nicht mehr. Monate lang kann man die Keimlinge darin lebend erhalten, wobei sie sehr langsam fortvegetiren. Wichtiger aber ist die Thatsache, dass unter normaleren Verhältnissen die Bildung der Geschlechtsorgane unterbleiben kann. Wenn man die Keimlinge in einen an beiden Enden mit fein durchlöchertem Gewebe geschlossenen Glascylinder bringt und denselben während des Winters oder ersten Frühjahrs in einem laufenden Brunnen dicht unter dem Wasserstrahl befestigt, so wachsen die Keimlinge beständig weiter und bilden keine Spur von Geschlechtsorganen. In der Versuchsreihe mit Zuckerlösung findet auch keine Zoosporenbildung statt, und ebenso kann man *Vaucheria*-Keimlinge sehr lange steril erhalten, wenn man sie bei niederer Temperatur von 0—3° cultivirt. In dem Versuch mit fließendem Wasser kann dagegen ab und zu Zoosporenbildung erfolgen. Vollkommen ausgeschlossen ist dieselbe bei der Cultur der Keimlinge auf feuchtem Torf oder Lehm, wobei dann aber Sexualorgane sich zeigen können.

Wenn nun auch aus Zoosporen sich entwickelnde Keimlinge nicht aus inneren Gründen zu einer bestimmten Fortpflanzungsweise veranlasst sein können, so wäre doch möglich, dass die Keimung der Oosporen, in einer von der Aussenwelt nicht bedingten Weise vor

sich ginge. Dieselben wurden gesammelt, im Dunkeln circa 2 Monate feucht aufbewahrt und dann am Licht in Wasser cultivirt. Die Keimung trat ein, und ein Theil der Keimlinge liess sich sehr leicht in wenigen Tagen durch Zuckerlösung zur Bildung von Geschlechtsorganen nöthigen, während andere nach kurzem Aufenthalt in 0,4% Nährlösung und darauf folgender Cultur in Wasser im Dunkeln Zoosporen entwickelten. Wieder andere Keimlinge auf Lehm in Wasser cultivirt und während des Winters in ungeheiztem Zimmer sich befindend, wuchsen viele Wochen lang vollkommen steril weiter. Auf die Frage, für wie lange die Sterilität überhaupt zu erreichen ist, komme ich noch einmal weiterhin zurück.

Aus allen solchen Versuchen ergibt sich, dass eine Zoospore wie eine Oospore von *Vaucheria* die Fähigkeit besitzt zu wachsen¹⁾, Zoosporen zu bilden und Geschlechtsorgane zu erzeugen, dass keine innere Nothwendigkeit vorliegt, dass diese Lebensprozesse in bestimmter Reihenfolge eintreten. Nur von den äussern Bedingungen hängt es ab, was die Zoo- oder Oospore thut, und es liegt vollständig in der Hand des Experimentators, dieselben zu derjenigen Lebensäusserung zu zwingen, welche er gerade wünscht. Bei *Vaucheria* stehen die drei Lebensfunctionen in einem andern Verhältniss als bei *Hydrodictyon*, insofern sie nicht einander ausschliessen, da Wachsthum und sexuelle Fortpflanzung zu gleicher Zeit stattfinden können. Für das Experiment ist *Vaucheria* viel geeigneter, weil dasselbe mit so grosser Sicherheit gelingt, und zugleich ein Moment wegfällt, nämlich das Alter, da, abgesehen von der

1) Unter Wachsen verstehe ich im Folgenden stets Längenwachsthum der Fäden.

ersten Bildung des Keimschlauches, sowohl Zoosporen wie Oosporen von Anbeginn ihrer Keimung fähig sind, sich fortzupflanzen.

Die eben geäußerten Anschauungen erweisen sich auch als die richtigen bei den Versuchen, welche mit *Vaucheria*-Rasen beliebiger Herkunft angestellt wurden. Zu jeder Zeit gelingt es bei geeigneter Versuchsanstellung, an dem Rasen ungeschlechtliche oder geschlechtliche Fortpflanzung in willkürlicher Reihenfolge hervorzurufen. So stimmen alle Thatfachen darin überein, dass ein gesetzmässiger Generationswechsel für *Vaucheria sessilis* nicht existirt. Es ist bisher kein Organismus, weder Thier noch Pflanze bekannt, an welchen dieser Mangel bei typischer Ausbildung von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung so klar sich nachweisen lässt. *Vaucheria* ist bisher vielleicht der einzige Organismus, welchen man so in seiner Gewalt hat, dass er mit Hülfe der bekannten Abhängigkeit von der Aussenwelt zu seinen Fortpflanzungserscheinungen jederzeit gezwungen werden kann, gleich wie man die Reactionen irgend eines chemischen Körpers bei geeigneten Bedingungen hervorzurufen vermag. Jetzt beginnt aber erst die eigentliche Schwierigkeit, und diese liegt in der Lösung der Frage, wie die Wirkungen der äussern Bedingungen physiologisch zu erklären sind. Eine wirkliche Lösung ist schon deshalb nicht so bald zu erwarten, weil überhaupt die ganze Zellphysiologie erst in ihren Anfängen steckt. Zur allmählichen Anbahnung der Lösung ist es aber nothwendig, die physiologischen Bedingungen der beiden Vermehrungsarten sehr viel eingehender zu behandeln. Ich will an dieser Stelle nur auf einige Hauptpunkte aufmerksam machen, während ich die ausführliche Darlegung auf eine später erscheinende Arbeit verschiebe.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Wenn vorhin die Verdunkelung benutzt wurde, um Zoosporenbildung zu erregen, so folgt nicht daraus, dass sie für diese eine nothwendige Bedingung ist. Schon Walz ¹⁾ bemerkte, dass die Zoosporen sich sowohl im Dunkeln wie im Lichte bilden können, und man braucht nur einen Vaucheria-Rasen in Wasser an's Fenster zu stellen, um in den nächsten Tagen Zoosporen zu beobachten. Walz meinte, dass der Sauerstoff des Wassers bei Vaucheria und anderen Algen die nächste Ursache für die Erzeugung der Schwärmer sei. In meiner Arbeit über Hydrodictyon wies ich bereits darauf hin, dass die Zoosporenbildung nicht in so einfacher Weise von einem einzelnen äussern Faktor abhängig sei. Ich machte aufmerksam, dass überhaupt dem Sauerstoff nicht eine so wichtige Rolle in dieser Hinsicht zugeschrieben werden dürfe. Hier bei Vaucheria lässt es sich auf das Sicherste nachweisen, dass der Sauerstoff keine besonders hervorragende Bedeutung für die Fortpflanzung besitzt, sondern nur insofern jedenfalls nothwendig ist, als er eine allgemeine Bedingung des Lebens vorstellt.

Wenn man in einem Glasgefäss Vaucheria auf Coaksstücken mit Wasser übergiesst und an's Fenster stellt, so bilden sich, wie bemerkt, in den ersten Tagen Zoosporen, dann Geschlechtsorgane. Bringt man nun diese Cultur ohne sonstige Aenderung in's Dunkle, so erfolgt nach 1—2 Tagen wieder eine lebhaftere Zoosporenbildung. An ein beleuchtetes Fenster zurückgestellt, kann die Cultur darin fortfahren; nach längerem Aufenthalt im Dunkeln erfolgt aber unter diesen Umständen nur Wachstum und dann wieder Bildung von Geschlechts-

¹⁾ Walz. Beitrag zur Kenntniss der Zoosporenbildung bei den Algen. 1863. Nr. 31.

organen. So können an derselben Cultur Zoosporen und Geschlechtsorgane mit einander abwechseln nur in Folge des Wechsels von Licht und Dunkelheit. Einige genaue Angaben mögen es erläutern.

Versuch I.

Vaucheria sessilis auf Coaks in nicht gewechseltem Wasser :

- | | | | | | |
|----|---------|------|--------|--------------|--------------------------|
| 1. | 20/XII. | 1890 | dunkel | 22—25/XII. | Zoosporen |
| 2. | 26/XII. | | hell | 1/I—3/I. | Geschlechtsorgane |
| 3. | 3/I. | 1891 | dunkel | 5/I—8/I. | Zoosporen |
| 4. | 8/I. | | hell | 14/I—15/I. | Geschlechtsorgane |
| 5. | 15/I. | | dunkel | 17/I—23/I. | Zoosporen |
| 6. | 23/I. | | hell | 30/I—5/II. | Geschlechtsorgane |
| 7. | 5/II. | | dunkel | 6/II—9/II. | Zoosporen |
| 8. | 9/II. | | hell | 17/II—19/II. | Geschlechtsorgane |
| 9. | 19/II. | | dunkel | | keine Zoosporen
mehr. |

Zu diesem Versuche bemerke ich, dass nach Lichtabschluss die Zoosporenbildung gewöhnlich den zweiten Tag begann und auch die nächsten Tage sich fortsetzte, allmählich sich verlangsamend, bis die Cultur an's Licht gestellt wurde. Im Licht hörte die Zoosporenbildung meistens sofort auf. In der vierten Dunkelperiode (Nr. 7) war überhaupt ein Nachlassen der Zoosporenbildung zu beobachten, bis schliesslich bei Nr. 9 dieselbe ganz aufhörte, da die Oscillarien die Cultur überwuchert hatten.

Versuch II.

Vaucheria sessilis auf Coaks in nicht gewechseltem Wasser :

- | | | | | | |
|----|---------|----|--------|----------------|-------------------|
| 1. | 13/XII. | 90 | dunkel | 16/XII—25/XII. | Zoosporen |
| 2. | 25/XII. | | hell | 4/I—8/I. | Geschlechtsorgane |
| 3. | 8/I. | 9 | dunkel | 10/I—11/I. | Zoosporen |

- | | | | | |
|-----|--------|--------------------|-------------|--------------------|
| 4. | 11/I. | hell | 15/I—17/I. | Geschlechtsorgane |
| 5. | 17/I. | dunkel | 21/I—25/I. | Zoosporen |
| 6. | 25/I. | hell | 30/I— 3/II. | Geschlechtsorgane |
| 7. | 3/II. | dunkel | | keine Zoosporen |
| 8. | 8/II. | 0,08 % Nährlösung, | hell, | Wachstum der Fäden |
| 9. | 19/II. | dunkel | | keine Zoosporen |
| 10. | 21/II. | Wasser, dunkel, | 22/II. | Zoosporen |

Der Versuch zeigt in gleicher Weise wie der erste den Wechsel beider Fortpflanzungsarten im Zusammenhang mit dem Wechsel von Licht und Dunkelheit. Nach mehrmaliger Wiederholung erlöscht scheinbar die Fähigkeit Zoosporen zu bilden, indessen, wie mir von vornherein sehr wahrscheinlich war, nur deshalb, weil durch die Bildung der Oosporen die Nährsalze zu sehr verringert worden waren. Sowie durch die Cultur in Nährlösung (Nr. 8) die Fäden sich von Neuem mit Salzen versehen hatten, konnten sie im Wasser sofort wieder Zoosporen erzeugen.

Versuch III.

Vaucheria sessilis auf Coaks seit 4/XII. in 0,2 % Nährlösung, am 17/XII. in Wasser:

1. 17/XII. hell 18/XII. Zoosporen, 29/XII. Geschlechtsorgane.
2. 31/XII. dunkel 2/I— 5/I. Zoosporen.
3. 5/I. hell 15/I—17/I. Geschlechtsorgane.
4. 17/I. dunkel 19/I—25/I. Zoosporen.
5. 25/I. hell 30/I— 6/II. Geschlechtsorgane.
6. 6/II. dunkel keine Zoosporen.

In diese Cultur brachte ich ganz vorsichtig, ohne die Flüssigkeit zu erschüttern, ein Stück eines *Vaucheria*-Rasens, welcher seit 1 $\frac{1}{2}$ Monaten in 0,4% Nährlösung gewachsen war und stellte das Gefäß hell. Diese *Vaucheria* bildete sehr lebhaft Zoosporen, aber auch der

alte Rasen zeigte wieder Zoosporen, augenscheinlich weil mit dem neuen Rasen Nährsalze in das Medium übergingen und die alten Fäden erfrischten, wenn auch nur für kurze Zeit.

Die angeführten Versuche scheinen mir zweifellos zu beweisen, dass die Zoosporen-Bildung nicht zu erklären ist durch eine spezifische Wirkung des Sauerstoffs, wie Walz¹⁾, Cornu und andere angenommen haben. Derselbe ist in allen Culturen in genügender Menge vorhanden, soweit es für die Athmung nothwendig ist. Nicht denkbar ist es, dass er in den Culturen nach Abschluss des Lichtes auf einmal als Reizmittel wirken soll. Man müsste im Gegentheil erwarten, dass die Assimilation im Licht als Sauerstoffquelle die Zoosporenbildung mittelbar veranlasst.

Ferner ist auch hervorzuheben, dass jene *Vaucheria*-Keimlinge, welche im laufenden Brunnen gewachsen waren, enorme Mengen von Zoosporen bildeten, als man sie mit dem unveränderten Wasser in ein ruhig stehendes Gefäss brachte, obwohl jedenfalls im ersteren Falle ihnen relativ viel mehr Sauerstoff zur Verfügung stand, als im letzteren.

Schliesslich will ich noch einen Versuch erwähnen, welcher deutlich nachweist, dass die Menge des Sauerstoffes für die Zoosporenbildung in weiten Grenzen gleichgültig ist. *Vaucheria*-Keimlinge aus einer seit mehreren Wochen ruhig stehenden Cultur werden auf zwei Gläschen vertheilt, von denen das eine mit frischem Wasser gefüllt ist. Das andere, versehen mit eingeschliffenem Stopfen, wird bis zu demselben mit ausgekochtem Wasser gefüllt. Beide Culturen stellt man in's Dunkle. In den nächsten Tagen tritt fast gleichzeitig

1) Walz, Botanische Zeitung. 1868. Nr. 31.

mit anscheinend derselben Intensität die Zoosporenbildung ein, so dass also die geringe Menge Sauerstoff, welche mit den Keimlingen in das Wasser eingeführt wird, vollkommen zur lebhaften ungeschlechtlichen Fortpflanzung genügt.

Wie lässt sich aber nun die Zoosporenbildung in meinen Versuchen erklären? Darauf kann man leider keine so einfache Antwort geben, wie dies so oft bei physiologischen Problemen der Fall ist, deren anscheinend klare Lösung sich als ungenügend erwiesen hat. Wir müssen zur Untersuchung der Frage von jenen Fällen ausgehen, in welchen stets eine grosse Menge Zoosporen hervorgerufen werden können. Bei der Mehrzahl solcher Versuche spielt die Rolle des Anlasses eine deutliche Veränderung in den äussern Lebensbedingungen; die Art der Veränderung kann sehr verschiedener Natur sein. Um eine Vorstellung zu gewinnen, wie eine solche Veränderung Zoosporenbildung veranlassen kann, erscheint es nothwendig, das Verhältniss zwischen Wachstum und ungeschlechtlicher Fortpflanzung in's Auge zu fassen. Letztere erfolgt bekanntlich bei Vaucheria-Fäden an den Enden, an welchen auch das Wachstum vor sich geht; beide Functionen schliessen sich demgemäss aus, was in noch auffallenderem Grade für die Zellen des Wassernetzes zutrifft. Bei dem Antagonismus zwischen Wachstum und ungeschlechtlicher Fortpflanzung hängt die Entscheidung über den Eintritt einer der Functionen von den jeweiligen äusseren Bedingungen ab. Im allgemeinen überwiegt das Wachstum, weil die Bedingungen für dasselbe sich leichter verwirklichen als diejenigen für die Zoosporenbildung. Man könnte sich das durch die Annahme erklären, dass die im Stoffwechsel entstehenden Stoffe direct zum Wachstum benutzt werden können, während die für die

Zoosporenbildung nothwendigen Substanzen erst durch weitere Umlagerungen brauchbar gemacht werden müssen, die nur unter bestimmten Bedingungen eintreten. Jedenfalls findet Wachstum von *Vaucheria* zwischen 0 und 3° C., ebenso bei 26° statt, während in beiden Fällen die Zoosporenbildung ausbleibt. Ferner ist die letztere gebunden an das Vorhandensein eines flüssigen Mediums, während Wachstum sehr lebhaft in feuchter Luft vor sich geht. Ebenso lässt sich das Wachstum in einer 1%igen Nährsalzlösung beobachten, welche Zoosporenbildung verhindert. Innerhalb der Grenzen, in welchen beide Functionen möglich sind, zeigt sich bei *Vaucheria*-Culturen, dass das einmal begonnene Wachstum ruhig weiter geht, wenn die äussern Bedingungen ziemlich gleichmässig in derselben Weise fortwirken. Will ich jetzt eine intensive Zoosporenbildung erhalten, so kann das nur dadurch geschehen, dass ich das Wachstum zeitweilig aufhalte, ohne die Aussenwelt direct ungünstig zu gestalten. Der momentane Stillstand des Wachstums wird dann zum Anlass für die Zoosporenbildung, indem jetzt Kräfte frei werden, welche die immer vorhandene erbliche Anlage zur raschen Entfaltung bringen. Wenn ich *Vaucheria*-Fäden aus fliessendem Wasser in ruhig stehendes überführe, so bedingt nach meiner Ansicht diese Veränderung einen solchen momentanen Stillstand des Wachstums und damit die Entwicklung der Zoosporen. Wenn ich in feuchter Luft aufgewachsene Fäden in Wasser bringe, gleichgültig ob dasselbe reich oder arm an Sauerstoff ist, wird das gleiche Resultat erlangt, obwohl die Art der Veränderung für die *Vaucheria* in beiden Fällen verschieden ist. Lässt man eine solche Wassercultur ruhig stehen, so hört nach einigen Tagen die Zoosporenbildung auf, indem die Fäden, ihrer Umgebung sich anpassend, wieder weiter wachsen. So-

wie ich aber diese Cultur verdunkele, ist damit wieder eine Veränderung in der Aussenwelt für die Fäden eingetreten; an den in ihrem Wachstum behinderten Enden entstehen die Zoosporen.

Einen solchen zoosporenerregenden Einfluss kann irgend eine Veränderung nur dann ausüben, wenn die sonstigen äussern Bedingungen für *Vaucheria* im Allgemeinen als sehr günstige zu bezeichnen sind. Schlecht wachsende, kümmerlich ernährte Rasen liefern auch wenige oder keine Zoosporen. So erklärt es sich, warum *Vaucherien*, welche durch längeres Wachstum im Dunkeln ihre Nahrungsbestandtheile aufgebraucht haben, an's Licht gestellt, gleich wachsen, ohne dass der Wechsel der Culturweise eine irgendwie lebhaftere Zoosporenbildung hervorzurufen im Stande ist. Mit Benutzung dieser Verhältnisse kann man an ein und derselben Cultur Wachstum im Licht, Zoosporenbildung im Dunkeln mehrere Male abwechseln lassen, wenn man den Aufenthalt im Licht immer nur so kurz bemisst, dass die geschlechtliche Fortpflanzung ausgeschlossen ist.

Bei *Hydrodictyon* sind neben den allgemeinen Lebensbedingungen für die Zoosporenbildung in spezifischer Weise günstig Licht und eine reichliche Zufuhr von Nährsalzen. Ersteres fällt bei *Vaucheria* weg, man könnte eher sagen, dass Verdunkelung die Zoosporenbildung besonders begünstigt. Die Nährsalze spielen bei *Vaucheria* eine ähnliche, wenn auch nicht so auffallende Rolle wie beim Wassernetz. Die grössten Mengen von Zoosporen erhielt ich, wenn nach vorhergehender Cultur in 0,4—1% Nährsalzlösung diese durch Wasser ersetzt, und dann der Versuch im Dunkeln angestellt wurde.

Der letzte Versuch lehrt uns ein neues Moment kennen, welches für die Zoosporenbildung bedeutungs-

voll ist. Durch äussere Umstände, wie z. B. durch den Aufenthalt in der Nährsalzlösung wird den Zellen eine gewisse Neigung zur Zoosporenbildung gegeben, welche aber nicht zum Ausbruch kommt, wenn sonst die äusseren Bedingungen dem Wachsthum günstiger sind als der Fortpflanzung. In dem Versuch z. B. mit Nährsalzlösung von 1% sind es die osmotischen Eigenschaften der Salze welche trotz des sonstigen fördernden Einflusses derselben die Zoosporenbildung hemmen, während die Fäden ungestört wachsen. Beseitige ich diesen Einfluss, indem ich die Salzlösung durch Wasser ersetze, so erfolgt die Entfaltung der Neigung. Dieselbe unterbleibt aber dann, wenn ich eine solche *Vaucheria*-Cultur in eine Temperatur von 0–3° oder von 24–26° bringe. In beiden Fällen findet wieder Wachsthum trotz der vorhandenen Neigung zur Fortpflanzung statt. Erst wenn ich die Cultur, sei es aus 2° in 12° oder aus 26° in 12° überführe, gehen die vorher wachsenden Enden zur Zoosporenbildung über. Allerdings könnte man bei diesen Versuchen im Zweifel sein, ob der Temperaturwechsel den Anlass gibt, indem er das Wachsthum direct hemmt oder ob durch ihn die Hemmung beseitigt wird, welche sich in der Unterdrückung der ungeschlechtlichen Neigung infolge ungünstiger, zu niedriger oder zu hoher Temperatur bemerkbar macht. Die Frage lässt sich schwer entscheiden, und es ist sehr wohl möglich, dass in einem gegebenen Falle der Temperaturwechsel in beiden Richtungen wirkt, um die Zoosporenbildung zu veranlassen. Im Vergleich zu *Hydrodictyon* ist jedenfalls hervorzuheben, dass eine solche Neigung zur Zoosporenbildung bei *Vaucheria* niemals sich so stark festsetzt, weil die letztere Alge die Fähigkeit besitzt schneller den veränderten Lebensbedingungen sich anzupassen.

In allen den näher besprochenen Versuchen wurde die Veränderung in den äusseren Bedingungen möglichst stark und prägnant herbeigeführt, um klare Resultate zu erhalten. Es ergibt sich ohne weiteres, und die Versuche bestätigen es, dass auch kleinere Veränderungen ähnlich, nur in schwächerem Grade wirken. Wenn ich eine *Vaucheria*-Cultur aus der hellen Beleuchtung am Fenster in schwaches Licht bringe, so treten bei einer ganzen Reihe Fäden Zoosporen ein, während andere ruhig fortwachsen. Ebenso wenn ich *Vaucherien* aus einer 0,05 % Nährsalzlösung in Wasser überführe, werden Zoosporen hervorgerufen, aber in viel schwächerem Grade, als bei Anwendung von 0,5 %. Dasselbe gilt vom Wechsel der Temperatur und der Bewegung des Wassers. Daraus erklären sich viele Fälle, in denen gelegentlich hier und dort Zoosporen auftreten. Doch gibt es auch andere Fälle von Zoosporenbildung bei Culturen, welche unter anscheinend nicht veränderten Bedingungen gestanden haben wie z. B. Culturen von 1 % Maltose im Licht. Ich will erst später darauf eingehen, wie man sich diese Fälle erklären kann von dem Gesichtspunkt aus, dass in Wirklichkeit auch hier äussere Verhältnisse von Bedeutung sind.

Soweit meine augenblicklichen Beobachtungen ein Urtheil gestatten, kann ich für *Vaucheria sessilis* die Abhängigkeit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung von der Aussenwelt in folgender Weise characterisiren.

Lebhafte Zoosporenbildung erfolgt, wenn bei einem stark gewachsenen, kräftig ernährten Rasen eine deutliche Veränderung in den äusseren Bedingungen eintritt, sei es ein Uebergang aus Luft in Wasser, oder aus lebhaft bewegtem in ruhig stehendes Wasser, sei es ein starker Wechsel der Beleuchtung, der Concentration des Mediums oder der Temperatur. Nothwendige Be-

dingung ist das Vorhandensein von Wasser und eine Temperatur zwischen 3° und 22°. Direct fördernd wirkt eine reichliche Zufuhr von anorganischen Nährsalzen.

Die geschlechtliche Fortpflanzung.

Die geschlechtliche Fortpflanzung lässt sich bei *Vaucheria* mit einer solchen Sicherheit herbeiführen, dass alle Bedingungen für das Eintreten derselben einigermassen klar liegen. Für *Hydrodictyon* erwies sich die Thatsache sehr bedeutungsvoll, dass die Bildung der Gameten erst erfolgen konnte, wenn die ungeschlechtliche Fortpflanzung verhindert war.

Hier bei *Vaucheria* ist das Verhältniss der beiden Fortpflanzungsarten viel lockerer; wir können zunächst die Zoosporenbildung bei Seite lassen und die Beziehungen von Längen-Wachsthum und Fortpflanzung allein in Betracht ziehen. Die beiden Funktionen schliessen sich allerdings nicht aus, da die Fäden an den Spitzen wachsen, die Geschlechtsorgane an den älteren Theilen sitzen. Thatsächlich aber, besonders für alle Fälle lebhafter Geschlechtsthätigkeit, ist eine Beschränkung des Wachsthums vorhanden und direct nothwendig. Jeden lebhaft wachsenden Rasen, jeden jüngsten Keimling bringt man zur schnellen Fortpflanzung, wenn man sein Wachstum hemmt, wobei dann die Sexualorgane dicht an den vorher wachsenden Enden entstehen können. Daher liegt keine innere Nothwendigkeit dafür vor, dass die Sexualorgane an älteren Theilen der Fäden auftreten; sondern diese Thatsache erklärt sich daraus leicht, dass hier überhaupt kein Längen-Wachsthum mehr stattfindet, so dass selbst bei lebhaft wachsenden Rasen schliesslich immer Gelegenheit geboten ist, Sexualorgane, wenn auch in beschränkter Anzahl, zu bilden.

Die einfachste Methode, das Wachsthum zu hem-

men, ohne die Geschlechtsthätigkeit zu behindern, besteht in der Beschränkung der Zufuhr von anorganischen Nährsalzen. Diese, reichlich vorhanden, fördern lebhaft das Wachsthum, wobei es gleichgültig ist, ob die Salze in der Flüssigkeit sich befinden oder vom Lehm resp. Torf absorbirt sind. Bringt man ganze Rasen oder Keimlinge in reines Wasser oder auf feuchtes Filtrirpapier, so verlangsamt sich in Folge des bald eintretenden Mangels an Salzen das Wachsthum, und nach einer Woche schon treten Sexualorgane auf. Keimlinge von demselben Alter, derselben Herkunft bilden auf nährsalzreichem Torf üppige Rasen und erzeugen erst nach vielen Wochen an den ältesten Theilen einige Sexualorgane. In grossem Massstabe beobachtete ich seit langer Zeit das Ueberwiegen des Wachsthums über die geschlechtliche Fortpflanzung an den Rasen, welche auf Coaksstücken in dem Farnhaus des Basler botanischen Gartens sich angesiedelt haben. Die Fäden umwuchern in dichter grüner Masse die Coaksstücke, welche, zum Theil mit Erde vermischt, Nährstoffe reichlich liefern; die Production von Sexualorganen ist sehr beschränkt, während bei meinen zahlreichen Versuchen im Laboratorium ich an diesen Rasen enorme Mengen von Oosporen gewinnen konnte.

Die Beziehungen zwischen Wachsthum und sexueller Fortpflanzung lassen sich physiologisch verstehen. Die Annahme, welche ich vorhin für die ungeschlechtliche Fortpflanzung machte, ist für die geschlechtliche noch viel einleuchtender. Die chemischen Prozesse, welche die Bildung der Sexualorgane bedingen, sind nach dieser Annahme viel verwickelter als diejenigen, welche dem Wachsthum zu Grunde liegen. In Folge dessen können diejenigen organischen Substanzen, welche bei Gegenwart von Nährsalzen und ungehinderter Assimilation

entstehen, direct zum Wachstum benutzt werden, und dasselbe findet statt, so lange Nährsalze, Assimilation und günstige Temperatur zusammen wirken.

Die complicirteren Substanzen der Sexualorgane hängen nicht direct von Nährsalzen ab, sie bilden sich erst aus jenen organischen Stoffen, welche für das Wachstum verbraucht werden. Es ist klar, dass durch eine Behinderung des letzteren bei fortgehender Ernährung die lebhaftige Bildung der Sexualorgane verständlich wird. Vielleicht noch wichtiger ist aber die Thatsache, dass die Geschlechtsthätigkeit überhaupt eine grosse Menge organischer Substanzen erfordert, dass für sie eine reichliche Ansammlung derselben Bedingung ist, was unter gewöhnlichen Lebensverhältnissen erst bei Beschränkung des Wachstums eintreten kann. Wir können daher auch die Entwicklung der Geschlechtsorgane sehr befördern, wenn wir direct organische Stoffe den Vaucherien zuführen. Genau wie bei Hydrodictyon werden Fäden oder Keimlinge von *Vaucheria* in einer 2—5 % Rohrzuckerlösung zur üppigsten Entfaltung von Sexualorganen gebracht. In derselben Weise wirkt eine Maltoselösung von 1—2 %.

Ausser den genannten Bedingungen, zu welchen noch eine mittlere Temperatur von 10—20° gehört, spielt bei der geschlechtlichen Fortpflanzung für *Vaucheria* das Licht eine besondere Rolle, welche um so auffälliger ist als für *Hydrodictyon* das Licht keine notwendige Bedingung vorstellt. Bei zahlreichen Versuchen gelang es mir nie, an dunkel cultivirten Fäden Geschlechtsorgane hervorzurufen. Das einzige, was ich bisher erreichen konnte, bestand in der fertigen Ausbildung der Organe im Dunkeln, nachdem sie in Licht-culturen angelegt waren. *Vaucheria*-Fäden, bei welchen eben die Antheridien hervorzutreten begannen, bildeten,

in's Dunkle gestellt, in den nächsten 24 Stunden befruchtete Oosporen, welche auch schliesslich reif wurden. Dagegen hörte jede Neubildung der Geschlechtsorgane auf, die Fäden wuchsen steril weiter. Bei einer Durchschnitts-Temperatur von 12—15° im Dunkelschranke wachsen die Fäden in feuchter Luft, welche Zoosporenbildung ausschliesst, 14 Tage bis 3 Wochen ununterbrochen fort; Nahrungsmangel kann daher nicht die Ursache dafür sein, dass die Bildung der Geschlechtsorgane sofort im Dunkeln unterbleibt. Das folgt auch daraus, dass Zucker- oder Maltoselösungen nicht den Einfluss des Lichtes ersetzen können.

Die Intensität des Lichtes kann in weiten Grenzen schwanken; aber im allgemeinen befördert helles Licht die Bildung der Sexualorgane und ist für eine üppige Entwicklung derselben nothwendig. In einem nach Norden gelegenen Zimmer wurden Anfang Mai drei Gefässe mit reinem Wasser gefüllt und junge gleichaltrige Keimlinge darin vertheilt. Das eine Gefäss stand direct am Fenster, das zweite 2 Meter in gerader Linie davon entfernt, das dritte 3 Meter. Während schon nach einer Woche sowohl in Gefäss I wie II Geschlechtsorgane sich vorfanden, blieb die *Vaucheria* des dritten Gefässes mehrere Wochen steril, bis erst Ende Juli einzelne Sexualorgane sich zeigten.

Das Licht übt also einen specifischen, nothwendigen Einfluss bei der Bildung der Geschlechtsorgane aus und zwar gerade für die Anfänge derselben, da die Ausbildung und die ganze Ausreifung der befruchteten Oosporen im Dunkeln erfolgen kann.

Die Bedingungen für die Entwicklung der Geschlechtsorgane verwirklichen sich in der freien Natur wie im Zimmer so leicht, dass bei der Mehrzahl der Rasen dieselben nicht vermisst werden.

Die Zeit des Auftretens, die Quantität der erzeugten Oosporen richtet sich nach dem Verhältniss zum Wachstum und hängt von den vorhin genannten Bedingungen ab. Um für lange Zeit sterile Rasen zu erlangen, muss man niedere Temperatur oder ein sehr schwaches Licht oder beides combinirt anwenden. Wenn man Keimlinge auf nährsalzgetränktem Torf im Winter in ein ungeheiztes Zimmer stellt, kann man im Laufe mehrerer Monate einen vollkommen sterilen stark entwickelten Rasen erhalten. Ich zweifle nicht daran, dass die Sterilität noch sehr viel länger hätte bestehen müssen, wenn man auch in der wärmeren Jahreszeit für einen gleichmässig kühlen Raum hätte sorgen können, was bei den Verhältnissen meines Laboratoriums nicht möglich ist.

Das Experiment, sehr lange Zeit einen Rasen steril fortwachsen zu lassen, wäre von einigem Interesse, um die Frage zu beantworten, ob *Vaucheria* beliebig lange Zeit fortwachsen kann, oder ob nicht durch langes ausgiebiges Wachstum die Pflanze sich gleichsam erschöpfen würde trotz der stets vorhandenen guten Ernährung. Nach den merkwürdigen Beobachtungen von Maupas¹⁾ können Infusorien sich nicht bis in's Unbegrenzte bloss durch vegetative Theilung fortpflanzen, sondern sie degeneriren dabei und gehen an seniler Erschöpfung zu Grunde. Die geschlechtliche Fortpflanzung, die Conjugation, muss vorher eintreten, um die Art zu verjüngen und zu erhalten.

Selbst höhere Pflanzen können aber sehr lange Zeit ohne Schaden fortwachsen, da die Vermehrung durch Stecklinge nichts anderes als ein fortgesetztes Wachstum zu bezeichnen ist. Die immer wieder auftauchende

¹⁾ Maupas, Recherches expérimentales sur la multiplication des Infusoires ciliés. Arch. de Zoolog. expérim. T. VI. 1888.

Ansicht, dass durch diese Art der Vermehrung krankhafte Erscheinungen an der betreffenden Species, sei es Pappel, Weide, Zuckerrohr u. s. w., hervorgerufen werden, entbehrt bisher eines sicheren thatsächlichen Nachweises.²⁾ Bei *Vaucheria* lässt sich in der freien Natur ein Experiment in grösserem Massstabe beobachten, welches dafür spricht, dass *Vaucheria* äusserst üppig lange Zeit fortwachsen kann, ohne Geschlechtsorgane zu bilden. Aber die Untersuchungen sind in dieser Hinsicht noch nicht ausgedehnt genug, um vollständig sichere Angaben über diesen Punkt zu gestatten. Es wird aber jedem, der mit *Vaucherien* sich näher beschäftigt hat, bekannt sein, dass *Vaucheria*-Rasen sehr oft in der freien Natur steril sind. Meistens handelt es sich dabei um solche *Vaucherien*, welche in lebhaft strömenden Bächen oder Brunnen leben. Die Form *repens* von *Vaucheria sessilis* kommt dabei weniger in Betracht, als die im Wasser lebende typische Form *fluitans*, ferner andere *Vaucheria*-Arten *geminata*, *uncinata* etc. Ich habe an der bestimmten Stelle eines kleinen Wasserfalles, wo *Vaucheria sessilis*, *geminata* vorkommen, die Rasen immer von Zeit zu Zeit geprüft und sie stets steril gefunden, während im Laboratorium die Geschlechtsorgane stets mit grösster Sicherheit und in grosser Menge zu erhalten waren.

Die von mir angestellten Experimente stimmen bis zu einem gewissen Grade mit diesen Beobachtungen in der freien Natur überein. Keimlinge von *Vaucheria sessilis repens*, welche im laufenden Brunnen meines Gartens cultivirt wurden, wuchsen im Winter und Früh-

²⁾ Vergl. die interessante kritisch zusammenfassende Arbeit von Möbius „Ueber die Folgen von beständiger geschlechtsloser Vermehrung der Blütenpflanzen“. Biologisches Centralblatt XI. 1891. V. 5 u. 6.

jahr lebhaft und steril fort. Der Versuch gelang aber nur so lange, als die Temperatur des Wassers im Brunnen sich unter 8° hielt. Als die wärmere Jahreszeit heran kam, traten Geschlechtsorgane auf, während zu dieser Zeit die Vaucherien an dem eben erwähnten Wasserfall noch steril waren. Die Bedingungen, welche die Algen in einem lebhaft strömenden Wasser finden, sind noch nicht vollständig aufgeklärt. Augenscheinlich wirken die relativ sehr gleichmässige und niedere Temperatur, der stete Zufluss von frischer Luft, von neuen Nährsalzen zusammen, um das Ueberwiegen des Wachstums zu veranlassen. Von vornherein wäre es nicht unwahrscheinlich, dass ein bewegtes Wasser auch rein mechanische Wirkungen ausübt, welche dann bestimmte innere Veränderungen in den Zellen veranlassen, doch kennen wir bisher weder die Art noch die Stärke solcher Wirkungen. Ich machte Versuche mit einem Centrifugalapparat, der durch einen Wassermotor getrieben wurde. An der vertikalen Axe des Apparates waren drei horizontale Metallstäbe von 15 cm. Länge, an deren Enden je ein Cylindergläschen in aufrechter Stellung fest gehalten wurde.

In den Gläschen befanden sich Vaucheria-Keimlinge, theils in reinem Wasser, theils in 4 ‰ Zuckerlösung. Die Umdrehungsgeschwindigkeit schwankte zwischen 1 bis 3 Umdrehungen in der Sekunde. Während 14 Tage wurden die Keimlinge ununterbrochen durch die Bewegung der Culturflüssigkeit umhergetrieben und geschüttelt. Indessen bildeten sie trotzdem Geschlechtsorgane und kaum später als die Vaucheria in den ruhig daneben stehenden Controllgläschen. Mechanische Erschütterung für sich allein scheint daher nicht die Bildung der Geschlechtsorgane aufzuhalten, wenn sonst die Bedingungen dafür günstig sind. Ganz anders können

aber die Erschütterungen wirken, wenn sie sich combiniren mit den oben erwähnten anderen Wirkungen des strömenden Wassers.

Wenn wir jetzt einen Rückblick werfen auf die Bedingungen, welche für die ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung characteristisch sind, so erkennen wir daraus das Verhältniss beider zu einander. Wir lernen die interessante Thatsache kennen, dass dieses Verhältniss bei *Vaucheria* ein anderes ist als bei *Hydrodictyon*. Wir wissen aus dem Vorhergehenden schon, dass bei *Vaucheria* die beiden Fortpflanzungsarten sich nicht so bestimmt und nothwendig ausschliessen wie bei den Zellen des Wassernetzes. Vor allem aber erscheint bei der letzteren Alge die Zoosporenbildung als die ursprüngliche, im Durchschnitt leichter und häufiger eintretende Form der Fortpflanzung im Gegensatz zur sexuellen. Bei *Vaucheria sessilis* ist das Verhältniss fast umgekehrt. Die Zoosporenbildung erscheint als eine mehr secundäre Vermehrungsart, welche für den Entwicklungsgang wenig nothwendig ist und wie die Cultur auf festen feuchten Substraten zeigt, ohne jeden Nachtheil ausgeschlossen werden kann, während die geschlechtliche Fortpflanzung ihren Bedingungen gemäss stets sicher und leicht überall eintritt und als der wesentlichere und häufigere Process sich hervorhebt. In den flüssigen Medien, wo gleichzeitig beide Fortpflanzungsarten möglich sind, wird doch eine sehr lebhafte Entwicklung beider nicht zusammen erfolgen, weil die Bedingungen für beide sehr verschiedenartig sind. Die Zoosporenbildung tritt am lebhaftesten ein, wenn ein kräftig ernährter Rasen in andere äussere Verhältnisse versetzt wird, und sie erfolgt dann mit voller Intensität in kurzer Zeit.

Die Sexualorgane erscheinen, wenn der Rasen in

relativ gleichmässig bleibenden Bedingungen sein Wachstum verlangsam, und die Ernährung ruhig fortgeht; sie erfordern überdies viel mehr Zeit für ihre Ausbildung. Infolge dessen beobachtet man die regelmässige Aufeinanderfolge der beiden Fortpflanzungsarten bei zahlreichen Versuchen, in denen ein *Vaucheria*-Rasen aus feuchter Luft in Wasser, aus Nährlösung in Wasser, aus fliessendem Wasser in ruhig stehendes u. s. w. übergeführt wird. Zunächst sehen wir lebhaftere Zoosporenbildung in den ersten Tagen. Dann wachsen die Fäden ruhig weiter, um allmählich Geschlechtsorgane zu erzeugen. Doch können wir, wie früher ausführlich gezeigt wurde, zu jeder Zeit auf die Bildung der Geschlechtsorgane Zoosporen folgen lassen, überhaupt die Reihenfolge der Vermehrungsarten nach unserem Belieben bestimmen.

Schon der Vergleich mit *Hydrodictyon* lässt aber die Thatsache hervortreten, dass die Abhängigkeit der Fortpflanzung von der Aussenwelt eine für jede Art bestimmte, und für die einzelnen Pflanzenarten verschiedene ist. Die Gattung *Vaucheria* gewährt in dieser Beziehung ein grosses Interesse, weil eine ganze Anzahl Arten bekannt sind, welche auch grösstentheils von mir untersucht wurden. Ich will nur kurz hervorheben, dass bei den beobachteten Arten wie *terrestris*, *hamata*, *geminata*, *uncinata*, *aversa* die Bildung der Sexualorgane von kleineren Abweichungen abgesehen von denselben Bedingungen abhängt, wie bei *Vaucheria sessilis*. Die Arten unterscheiden sich aber in der ungeschlechtlichen Fortpflanzung. Einige besitzen überhaupt keine besonderen Organe dafür wie *terrestris*, *aversa*, andere wie *geminata*¹⁾,

¹⁾ In meiner Arbeit über *Hydrodictyon* Flora Seite 408 ist ein kleines Versehen stehen geblieben, welches ich hier berichtigen will: ich gebe dort für *geminata* Zoosporen an; statt dessen muss es heissen *Vaucheria sessilis*.

uncinata erzeugen unbewegliche Sporen, welche mit Wille¹⁾ als Aplanosporen bezeichnet werden können. Bei *Vaucheria geminata*, bei welcher Walz und Wittrock die Sporen näher beschrieben haben, ebenso bei *Vaucheria uncinata*, bei welcher ich die gleiche Erscheinung beobachtet habe, tritt die Bildung der Sporen unter solchen Bedingungen ein, welche für die betreffenden Species im allgemeinen als sehr ungünstige anzusehen sind. Dabei ist es gleichgültig, ob bereits Sexualorgane hervorgetreten sind oder nicht; beide Vermehrungsarten stehen in keinem nähern Verhältniss zu einander, und von einem Generationswechsel kann überhaupt gar keine Rede sein. In lange stehenden Zuckerlösungen von ursprünglich 4—6° werden, nachdem zuerst lebhaft Sexualorgane erzeugt worden sind, schliesslich enorme Mengen solcher Aplanosporen gebildet. Dasselbe beobachtete ich bei *uncinata*, welche längere Zeit auf feuchtem Filtrirpapier cultivirt wurde, ebenso in zahlreichen Versuchen bei *geminata*-Rasen, welche direct auf Glas oder Porcellan ohne nährendes Sulstrat in feuchter Luft erzogen wurden oder auf feuchtem Sand resp. Lehm in relativ trockner Luft.

Am interessantesten ist der Vergleich von *Vaucheria sessilis repens* mit sehr nah verwandten Formen, ganz besonders mit einer Form, welche ich der Vergessenheit entreissen will, in welche sie mit Unrecht bei den neueren Systematikern seit Walz gerathen ist, nämlich mit *Vaucheria clavata* der älteren Autoren. Unger²⁾ hat in seiner bekannten Arbeit diese Art ausführlich beschrieben. Morphologisch steht *Vaucheria clavata* der

¹⁾ Wille Algologische Mittheilungen. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XVIII. S. 507.

²⁾ „Die Pflanze im Momente der Thierwerdung“. Wien 1843.

Vaucheria sessilis sehr nahe, so dass man sie als Varietät derselben wohl betrachten könnte. Sie unterscheidet sich aber leicht durch ihre physiologischen Eigenschaften, vor allem durch das Verhältniss, in welchem die Zoosporenbildung zur Aussenwelt steht. Wir haben hier ein Beispiel, dem sehr wahrscheinlich noch viele andere folgen werden, bei welchem die physiologischen Eigenschaften sehr wichtig, ja unentbehrlich für die Systematik erscheinen. Die Beobachtung dieser physiologischen Artcharactere erregten aber desshalb ein besonderes Interesse, weil sie uns einen Anhaltspunkt dafür giebt, sich das Abstammungsverhältniss der morphologisch sehr nahe stehenden, physiologisch verschiedenen Formen klar zu machen. *Vaucheria clavata* macht den Eindruck einer *Vaucheria sessilis*, welche an das Leben in schnell fliessenden Bächen in specifischer Weise sich angepasst hat. Im Zusammenhange damit, dass unter den besonderen Verhältnissen des strömenden Wassers die Sexualthätigkeit im hohen Grade beeinträchtigt ist, so dass überhaupt die Sexualorgane auch unter sonst günstigen Bedingungen nur schwierig sich bilden, hat die Zoosporenbildung eine sehr viel grössere Bedeutung gewonnen als für *Vaucheria sessilis*. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung von *Vaucheria clavata* tritt in einem Grade auf und unter Bedingungen, wie sie für *sessilis* nicht bekannt sind. Bringt man *Vaucheria clavata* aus der freien Natur in ruhig stehendes Wasser, so erfolgt die Zoosporenbildung nicht blos in den nächsten Tagen, sondern sie kann bei geeigneter Regulirung von Licht und Temperatur mehrere Monate hindurch fortgehen, ohne dass man starke äussere Veränderungen dabei mitwirken sieht. Selbst in feuchter Luft werden bei *Vaucheria clavata* zahlreiche Zoosporangien angelegt, wenn die Zoosporen auch nicht als Schwärmer hervor-

treten. Erst eine relativ trockene Luft behindert die ungeschlechtliche Fortpflanzung, zugleich aber auch das Wachstum. Zoosporen entstehen in Nährlösung von 0,5—1%, indessen nur in der ersten Zeit, da bald überhaupt ein Kränkeln des Rasens sich bemerkbar macht. Verdunkelung übt keine zoosporenerregende Wirkung aus; dagegen wird eine auffallende Förderung der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dadurch herbeigeführt, dass man die Fäden der *Vaucheria clavata* in kleine Stücke zerschneidet. Die Fragmente, ihre Wunden schliessend, treiben Zweige, an deren Enden Zoosporangien entstehen.

Mit diesen kurzen Bemerkungen über andere *Vaucheria*-Arten will ich meine Mittheilung über *Vaucheria sessilis* schliessen, indem ich hoffe, meine Versuche und die daraus sich ergebenden Folgerungen später eingehender behandeln zu können. So viel wird aber bereits aus der vorhergehenden Darstellung ersichtlich sein, dass es auf dem von mir eingeschlagenen Wege möglich sein wird, in das bisher kaum betretene und dunkelste Gebiet der Physiologie allmählich, wenn auch sehr langsam einzudringen. Ein Blick in die bekanntesten Lehr- und Handbücher genügt um zu erkennen, dass der grösste Theil des die Fortpflanzung betreffenden Wissensmaterials aus histologischen und morphologischen Thatsachen besteht, dass eigentlich eine Physiologie der Fortpflanzung noch kaum als besonderer Theil existirt. Um so nothwendiger erscheint es, sich der Aufgabe zu widmen dieses wichtige Wissensgebiet nach und nach der Forschung zu unterwerfen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [10_1895](#)

Autor(en)/Author(s): Klebs Georg Albrecht

Artikel/Article: [Zur Physiologie der Fortpflanzung von Vaucheria sessilis 45-72](#)