

## 21. Hans Bachmann: Botanische Untersuchungen des Vierwaldstätter Sees.

Mit Tafel III.

Eingegangen am 29. März 1905.

### 2. *Chlamydomonas* als Epiphyt auf *Anabaena flos aquae* Ralfs.

Seit dem Jahre 1897 beobachtete ich unter den Phytoplanktonten des Vierwaldstätter Sees als ständigen Bestandteil *Anabaena flos aquae* Ralfs. Die kettenförmig aneinander gereihten Zellen bilden kugelige Knäuel, deren Durchmesser bis 1 mm erreichen kann. Schon mit unbewaffnetem Auge bemerkt man diese schwebenden Kolonien von einem grauen Filze umkleidet, welcher sich unter dem Mikroskope in unzählige Vorticellen auflöst (Fig. 1). Dieses Zusammenleben von *Anabaena* und *Vorticella* wurde schon 1896 von APSTEIN und von SCHRÖTER abgebildet. Es ist eine so regelmässige Erscheinung im Vierwaldstätter See, dass *Anabaena*-Kolonien ohne Vorticellen hier die grössten Seltenheiten sind. Am 29. Dezember 1904 wurde bei Immensee auf dem Zuger See Plankton gefischt. Da zeigte sich diese Alge in so grosser Menge, dass sie eine förmliche Seeblüte bildete. Noch grossartiger war die Seeblüte von *Anabaena* auf dem Luganer See am 5. Januar 1905. Der See war spiegelglatt, und in voller Pracht ergoss die Sonne bis gegen 3 Uhr ihre ganze Lichtfülle über den einzig schönen „Ceresio“. Unser Boot glitt beinahe eine Viertelstunde lang durch eine feine Staubschicht, auf welcher die Sonnenstrahlen in allen Farben des Regenbogens sich brachen. Diese Staubschicht bestand aus den Millionen von *Anabaena*-Kolonien, von denen einige meiner Proben mehrere Millimeter Durchmesser zeigten. Sowohl die *Anabaena* des Zuger- als diejenige des Luganer Sees waren mit Vorticellen vergesellschaftet. Ich werde über die Symbiose der Planktonten später noch berichten.

Als regelmässigen Begleiter dieser *Anabaena*-Genossenschaft habe ich im Vierwaldstätter See seit Jahren einen einzelligen grünen Organismus getroffen<sup>1)</sup>, den ich

#### *Chlamydomonas inhaerens* n. sp.

nenne.

Im Jahre 1892 beschrieb ARTARI (92) eine *Chlamydomonas apio-cystiformis*, von welcher er angibt, dass die Zellen nach einiger Zeit

1) Daneben traf ich als regelmässigen Einmieter ein *Spirillum* und häufig Stäbchenbakterien, worüber später berichtet wird.

der Bewegung sich auf ein Substrat (Wurzelhaare der *Azolla*) festsetzen und ihre Geisseln verlieren. Eine andere Angabe über eine festsitzende *Chlamydomonas*-Art ist mir nicht bekannt, weder von WILLE, noch von OLTMANN.

Das Studium der mir vorliegenden *Chlamydomonas* wird durch zwei Punkte sehr erschwert. Erstens ist es mir noch nicht gelungen, die *Anabaena* mit *Chlamydomonas* weder in der feuchten Kammer, noch in grösseren Gefässen mehrere Tage lebend zu erhalten. Sobald *Vorticella* stirbt, geht auch *Anabaena* zugrunde, und dann folgt unmittelbar der Tod von *Chlamydomonas*. Zweitens können die *Chlamydomonas*-Zellen erst genauer studiert werden, wenn man unter dem Deckglase das Wasser soweit entzieht, dass das Deckglas die *Anabaena*-Kolonie auseinander presst. Durch diesen Druck werden aber wiederum Vorticellen- und *Anabaena* rasch getötet. Besonders das aus den verletzten *Anabaena*-Zellen ausgepresste Protoplasma wirkt wie ein deformierendes Gift tödlich auf *Chlamydomonas* und unterbricht die Beobachtung.

Die *Chlamydomonas inhaerens* tritt innerhalb der *Anabaena*-Windungen in Nestern von vier und mehr Zellen auf (Fig 2). Die Zellen haben eine eiförmige Gestalt von 7—13  $\mu$  Länge und 3—12  $\mu$  grösstem Breitendurchmesser (Fig. 3). Der spitzere Teil der Zelle ist als Vorderende zu bezeichnen. Alle Zellen einer Gruppe neigen ihre Vorderenden gegeneinander (Fig. 12). Die Zelle ist von einer äusserst dünnen Membran umkleidet, welche namentlich bei der Plasmolyse deutlich hervortritt. Aber weder die Chlorzinkjodreaktion, noch die Anwendung von Jodjodkali und Schwefelsäure ergibt eine Cellulosefärbung. Am Vorderende ist diese Membran sehr schwer zu sehen; der Umriss der Zelle ist da undeutlich. Lebendfärbung der Zellen mit Methylenblau, Methylviolett, Gentianaviolett, Eosin, Fuchsin, Safranin, Rutheniumrot ergibt kein deutlicheres Hervortreten der Membran. Nur in wenigen Fällen wurde die Beschaffenheit des Vorderendes deutlicher. Als Fixierungsmittel verwendete ich 1 pCt. Chromsäure, Osmiumsäure, Chromosmium-Essigsäure, Alkohol, 5 pCt. Formol und färbte darauf mit verschiedenen Farbstoffen, worunter auch mit Hämatoxylin, aber stets blieb die Membran besonders am Vorderende ungefärbt, während z. B. *Botryococcus*-Zellen und deren Gallertverbindungen gut gefärbt wurden. Wenn sich solche Nester von *Chlamydomonas*-Zellen lostrennten und von den Strudelbewegungen einer *Vorticella* ergriffen wurden, konnte man deutlich konstatieren, dass die Zellen am Vorderende durch unsichtbare Fäden verbunden waren. Nur bei wenigen Fuchsinfärbungen und unter Anwendung künstlichen Lichtes, auch bei Färbungen mit GRENACHER's Hämatoxylin konnten am Vorderende Schleimfäden nachgewiesen werden, welche den Zusammenhang der Zellen bewirken; allein diese Schleim-

substanzen sind von denjenigen der übrigen Planktonalgen verschieden (Fig. 5—7). Das Vorderende vieler Zellen besitzt auch die für viele *Chlamydomonas*-Arten charakteristischen papillenartigen Vorwölbungen. Bei allen Färbungsversuchen konnte man ein viel langsames Eindringen des Farbstoffes beobachten, als das bei den *Anabaena*-Zellen und den darauf sitzenden Vorticellen der Fall war.

Im Hinterende liegt das glockenförmige Chromatophor von hübsch grüner Farbe. In der Mittellinie zeigt es einen spitzwinkligen Einschnitt. Ein grosses Pyrenoid findet sich im Hinterteil des Chromatophors und besitzt eine beträchtliche Stärkehülle.<sup>1)</sup> Bei den bloss 3—5  $\mu$  dicken Zellen, welche aus dem beweglichen Zustande sich festgesetzt haben, ist das Chromatophor eine schalenförmig gebogene Platte, welche der einen Längsseite der Zelle anliegt. Das Pyrenoid liegt in der Mitte (Fig. 4).

Im Ausschnitt des Chromatophors liegt der Zellkern. Von allen Farbstoffen färbt das GRENACHER'sche Hämatoxylin den Zellkern am besten. Daneben wird auch der zentrale Teil des Pyrenoids gefärbt. Auch bei Jodjodkalizusatz wird der Zellkern sichtbar.

Im Vorderende der Zelle sind zwei pulsatile Vacuolen vorhanden. Die beweglichen Zellen besitzen auch einen deutlichen Augenfleck (Fig. 4s) im Vorderrande des Chromatophors. Er ist ein kurzes Stäbchen. Bei den festsitzenden Zellen fehlt dieser Augenfleck.

Während des ganzen Jahres trifft man Zellen in Teilung begriffen. Vor der Zellteilung wird das Pyrenoid undeutlich und verschwindet ganz (Fig. 5). Dann teilt sich der Zellinhalt der Länge nach in zwei Hälften. Gleichzeitig hat sich das Protoplasma vorn und hinten etwas von der Mutterzellmembran zurückgezogen und abgerundet (Fig. 5 und 9). Es erfolgt dann eine zweite Teilung, ebenfalls in der Längsrichtung, aber senkrecht auf der vorigen Teilungsebene. Die Teilung kann bloss die eine der beiden jungen Zellen betreffen, so dass dann innerhalb der gemeinsamen Membran drei junge Zellen liegen (Fig. 9). Geht die Teilung weiter, so entstehen vier, sechs oder seltener acht junge Zellen (Fig. 10). Diese jugendlichen Zellen besitzen beinahe die Länge der Mutterzelle (8—9  $\mu$ ), sind aber bloss 3  $\mu$  dick. Jede Zelle erhält zwei Cilien, welche meistens um ein wenig die Körperlänge übertreffen und am Vorderende neben der papillenartigen Vorwölbung inseriert sind (Fig. 11). Schon innerhalb der Mutterzellmembran verändern sie ihre Lage. Dann befreien sich diese Schwärmzellen nacheinander aus ihrer Geburtsstätte und schwärmen in ruckweisen Bewegungen zwischen

1) Es gibt auch Zellen mit zwei und drei Pyrenoiden. OLTMANNS sagt, dass die Zahl der Pyrenoide durch geeignete Ernährung vermehrt werde.

den *Anabaena*-Fäden umher, oder entfernen sich überhaupt von ihrem Wohnorte, um auf anderen *Anabaena*-Kolonien sich niederzulassen. Ihre Bewegungskraft ist bedeutend intensiver als die Strudelbewegung der Vorticellen, und daher fallen sie nicht derselben zum Opfer. Diese Schwärmzellen setzen sich mit dem Vorderende zwischen eine Fadenschlinge der *Anabaena* fest, wechseln aber oft mehrmals ihren Platz, bis sie sich definitiv angesiedelt haben. Man wird bei dieser Beobachtung unwillkürlich an das Herumschnupern eines Tieres erinnert, welches einen günstigen Wohnplatz sucht. Das definitive Festsetzen besteht sehr wahrscheinlich in einer Verschleimung der Cilien; wenigstens würde ein Fuchsinpräparat darauf hindeuten, welches zwei Schleimfäden analog den Cilien zeigte (Fig. 6). Die festsitzenden Zellen wachsen dann zur normalen Grösse heran und gehen wieder zur Teilung über.

Schon DILL (95) hat in seiner hübschen Arbeit über *Chlamydomonas* auf den eigentümlichen Übergang der Längsteilung zur Querteilung aufmerksam gemacht. Dieselbe besteht darin, dass zuerst eine Längsteilung erfolgt. Aber bevor dieselbe beendet ist, dreht sich der gesamte Plasmahalt innerhalb der gemeinsamen Membran so weit, bis die Teilungsebene quer zur Längsachse der Mutterzelle liegt. Dann erfolgt die zweite Teilung wieder in der Längsachse der Mutterzelle, also quer zur ersten Teilungsebene. Auch bei der mir vorliegenden *Chlamydomonas*-Art habe ich neben dem vorhin beschriebenen Modus einer reinen Längsteilung Zellen getroffen, deren Teilungsebene zur Längsachse schief oder quer war. Nach DILL müsste man diese Erscheinung als Drehung des Plasmas von der Längs- zur Querachse deuten. CHODAT (02) bespricht diese Längs- und Querteilung der *Chlamydomonas* auch. Er sagt: „Ici (d. h. bei *Chlamydomonas Reinhardi* var. *intermedia* Chod.) cependant la division longitudinale passe rapidement à un cloisonnement oblique et finalement, mais pas toujours, à un cloisonnement transversal“. „S'il y a double bipartition avant la mise en liberté des nouveaux *Chlamydomonas*, ceci peut se faire aux dépens d'une bipartition oblique, puis perpendiculaire à la première, ou aussi par deux ségmentations en croix.“ Auch bei der vorliegenden *Chlamydomonas*-Art scheint der Teilungsmodus nicht immer der nämliche zu sein. Die Drehung des „cloisonnement oblique“ zum „cloisonnement transversal“ ist sicherlich keine regelmässig auftretende Erscheinung.

Ob Gametenkopulation vorkommt, konnte ich bisher nicht konstatieren.

DILL führt folgende Species der Gattung *Chlamydomonas* an:

**A. Mit Längsteilung: Gameten mit Membran.**

|                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Chlamydomonas gigantea</i> Dill. | <i>Chlamydomonas angulosa</i> Dill. |
| „ <i>reticulata</i> Gorosh.         | „ <i>Ehrenbergii</i> Gor.           |

**B. Längsteilung nur angelegt, vollendet als Querteilung.  
Gameten mit Membran.**

|                                        |
|----------------------------------------|
| <i>Chlamydomonas longistigma</i> Dill. |
| „ <i>gloeocystiformis</i> Dill.        |
| „ <i>Braunii</i> Gor.                  |

**C. Mit Querteilung und nackten Gameten.**

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| <i>Chl. Reinhardi</i> Dang. | <i>Chl. stellata</i> Dill. |
| „ <i>De Baryana</i> Gor.    | „ <i>Steinii</i> Gor.      |
| „ <i>parietaria</i> Dill.   | „ <i>Kuteinikowy</i> Gor.  |
| „ <i>grandis</i> Skin.      | „ <i>Pertyi</i> Gor.       |

CHODAT gibt folgende Übersicht:

**A. Pas de pyrénioïde.**

|                                      |
|--------------------------------------|
| <i>Chlamydomonas reticulata</i> Gor. |
| „ <i>variabilis</i> Dang.            |

**B. Un seul pyrénioïde arrondi ou polyédrique.**

|                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| <i>Chl. globulosa</i> Perty.    | <i>Chl. Reinhardi</i> Dang. |
| „ <i>stellata</i> Dill.         | „ <i>Ehrenbergii</i> Gor.   |
| „ <i>gloeocystiformis</i> Dill. | „ <i>Kuteinikowy</i> Gor.   |
| „ <i>De Baryana</i> Dill.       | „ <i>ovata</i> Dang.        |
| „ <i>parietaria</i> Gor.        | „ <i>Dillii</i> Dang.       |
| „ <i>angulosa</i> Dill.         |                             |

**C. Un seul pyrénioïde en bande équatoriale ou deux pyrénioïdes équatoriaux.**

|                                   |
|-----------------------------------|
| <i>Chlamydomonas monadina</i> St. |
| „ <i>longistigma</i> Dill.        |

**D. Deux pyrénioïdes situés dans l'axe principal.**

|                                    |
|------------------------------------|
| <i>Chlamydomonas pertusa</i> Chod. |
| „ <i>metastigma</i> Stein.         |

**E. Plusieurs pyrénioïdes.**

|                                     |
|-------------------------------------|
| <i>Chlamydomonas gigantea</i> Dill. |
|-------------------------------------|

Die mir vorliegende *Chlamydomonas* stimmt mit keiner der erwähnten Arten überein. Sie würde in die DILL'sche Gruppe B gehören, wenn die Längsteilung immer in eine Querteilung überginge, was aber nicht der Fall ist. Es lässt sich die DILL'sche Gruppierung nicht aufrecht erhalten. Sie gehörte in die CHODAT'sche Gruppe B, wenn die Zahl der Pyrenoide konstant wäre, was auch nicht zutrifft

Ich habe die obenbeschriebene Art mit Recht als neue Spezies bezeichnet und sie als feststehend charakterisiert, da ich die Zellen nie anders getroffen habe, als auf *Anabaena flos aquae*. Die Diagnose wird also lauten:

***Chlamydomonas inhaerens* nov. sp.**

Körper eiförmig, 7—13  $\mu$  lang, 3—12  $\mu$  breit. Membran dünn, am Vorderende undeutlich, in unsichtbare Schleimfäden übergehend. Zwei kontraktile Vacuolen im Vorderende. Stigma, wenn vorhanden, seitlich, stäbchenförmig. Chromatophor glockenförmig mit einem, selten zwei oder drei Pyrenoiden. Letzteres rund. Bewegliche Zellen nur 3  $\mu$  breit, 7—12  $\mu$  lang, mit zwei Cilien. Längs- und oft Querteilung. Gameten unbekannt.

Wohnt innerhalb der Kettenknäuel von *Anabaena flos aquae*.

Luzern, im März 1905.

**Literaturverzeichnis.**

- APSTEIN, Das Süßwasserplankton. Kiel 1896.  
 ARTARI, Untersuchungen über Entwicklung und Systematik einiger Protococcoideen. Inaug.-Dissert 1892. — Bullet. de la soc. impér. des naturalistes de Moscou. 1892.  
 CHODAT, Algues vertes de la Suisse. — Kryptogamenkunde der Schweiz. Vol. I. Fasc. 3. 1902.  
 DILL, Die Gattung *Chlamydomonas* und ihre nächsten Verwandten. Jahrbücher für wiss. Botan. 1895.  
 GOROSCHANKIN, Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden. — Bull. de la soc. imp. des nat. de Moscou. 1890. Bd. IV und 1891 Bd. VI.  
 OLTMANN, Morphologie und Biologie der Algen. Jena 1904.  
 SCHRÖTER, Die Schwebeflora unserer Seen. — 99. Neujahrsblatt der Nat. Ges. Zürich 1896.  
 WILLE, Volvocaceae. ENGLER und PRANTL, Natürliche Pflanzenfamilien. 1. Teil 2. Abt. 1897.

**Erklärung der Abbildungen.**

- Fig. 1. Kolonie von *Anabaena flos aquae* mit Vorticellen besetzt. Vergr. 100.  
 „ 2. Zellketten von *Anabaena flos aquae* mit eingenisteten *Chlamydomonas*-Zellen. Vergr. 500. (Fig. 1 und 2 von stud. MANGOLD gezeichnet.)  
 „ 3. Festsitzende Zelle von *Chlamydomonas inhaerens*. Vergr. 1200. *v* = pulsatile Vakuolen. *n* = Zellkern. *p* = Pyrenoid.  
 „ 4. Junge Zellen mit schalenförmigem Chromatophor und Augenfleck *s.* Vergr. 1200.

Fig. 5. Zelle in Längsteilung mit Schleimfaden.

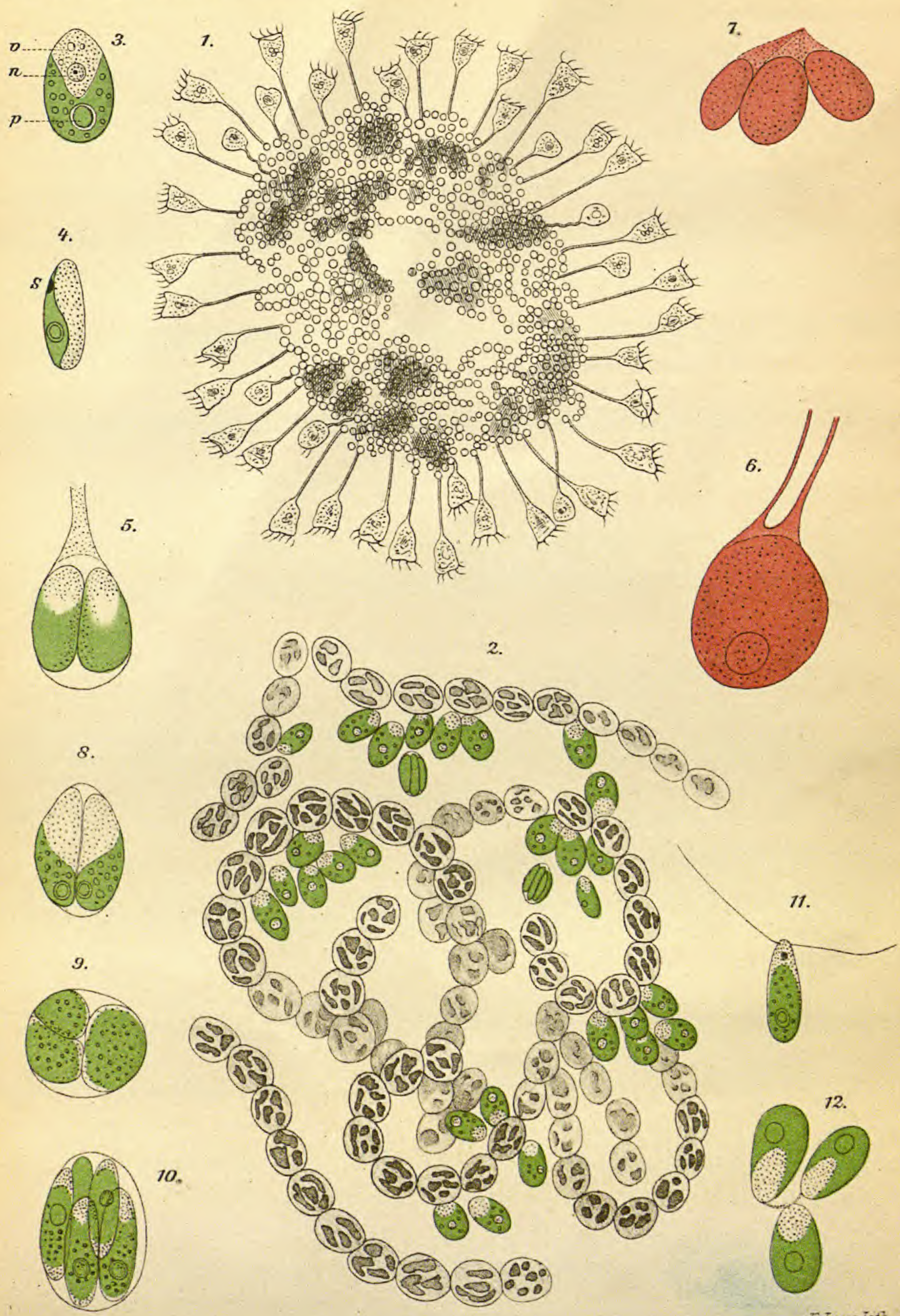
„ 6 u. 7. Zellen mit Fuchsin gefärbt. Fig. 6: Vergr. 1600. Fig. 7: Vergr. 1000.

„ 8 u. 10. Zellen in Teilung.

„ 9. Opt. Querschnitt einer in Teilung begriffenen Zelle.

„ 11. Schwärmende Zelle. Vergr. 1000.

„ 12. Zellgruppe mit schwach angedeuteten Schleimfäden. Vergr. 1000. (Fig. 3 bis 12 vom Autor gezeichnet.)



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Bachmann Johann [Hans]

Artikel/Article: [Botanische Untersuchungen des Vierwaldstätter Sees 156-163](#)