

24. H. Klebahn: Ueber die Zygosporen einiger Conjugaten.

(Mit Tafel VII.)

Eingegangen am 15. April 1888.

Die eigenthümlichen Veränderungen, welche der Zellkern bei der Zelltheilung, sowie auch bei der Vereinigung zweier Zellen zu einer bei der Befruchtung und der Conjugation, durchmacht, haben seit längerer Zeit, namentlich seitdem man gelernt hat, die Kerne durch Fixirung und Färbung auch da nachzuweisen, wo sie in der lebenden Zelle nicht oder nur schwer sichtbar sind, das Interesse der Botaniker und Zoologen in hohem Maasse in Anspruch genommen. Was den Vorgang der Conjugation betrifft, so sind in neuester Zeit bei den Infusorien höchst eigenthümliche Vorgänge bekannt geworden¹⁾. Dagegen scheinen die conjugirenden Algen, insbesondere die Conjugaten, obgleich sonst beliebte Beobachtungsobjekte, hinsichtlich des Verhaltens der Kerne bei der Copulation nur wenig untersucht worden zu sein. Die nachfolgenden Mittheilungen mögen dazu dienen, ein kleines zur Ausfüllung der Lücke auf diesem Gebiete beizutragen. Die nähere Veranlassung, das Nachfolgende schon jetzt zu veröffentlichen, giebt mir die soeben erschienene unter STRASBURGER's Leitung gefertigte Arbeit von C. E. OVERTON: „Ueber den Conjugationsvorgang bei *Spirogyra*“²⁾. Ich würde sonst noch gewartet haben, um zunächst eine grössere Vollständigkeit meiner Beobachtungen zu erzielen und dieselben über eine grössere Artenzahl auszudehnen.

Das Vorhandensein von Zellkernen in den Zygosporen der Spirogyren und anderer Conjugaten wurde überhaupt erst vor einigen Jahren sicher nachgewiesen. 1878 giebt STRASBURGER noch an, dass kein Kern in der Zygote vorhanden sei³⁾.

1879 ist es SCHMITZ gelungen, denselben nachzuweisen; er schreibt über *Spirogyra*⁴⁾: „In der Zygospore rücken dieselben (die Kerne der copulirenden Zellen) dann einander immer näher und vereinigen sich schliesslich zu einem einzigen Kern“. Auch in den reifen Zygosporen

1) Vergl. z. B. GRUBER, Sexuelle Fortpflanzung und Conjugation. Humboldt 1888, Heft 1, pag. 3—6. Ferner Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. 2. Bd. pag. 31 u. 43 etc.

2) Diese Berichte 1888, pag. 68—72.

3) Befruchtung und Zelltheilung. Jena 1878 p. 6.

4) Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellsch. 1879, p. 367.

hat SCHMITZ mit Hülfe aufhellender Mittel den Kern später nachgewiesen, obgleich es ihm nicht gelungen ist, denselben zu färben¹⁾.

Auch STRASBURGER hat in gleichzeitigen Schriften wiederholt auf die Vereinigung der Zellkerne hingewiesen; eine Zusammenstellung dieser Thatsachen findet sich in seinem Botanischen Practicum, 2. Aufl. 1887. In Bezug auf das Verhalten der Zellkerne bringt die OVERTON'sche Arbeit nichts Neues, abgesehen davon, dass sie die ersten Zeichnungen von *Spirogyra*-Sporen mit den Kernen liefert.

Als ich im April vorigen Jahres zufällig versuchte, Dauerpräparate gefärbter Zygosporen von *Spirogyra varians* zu machen, fand ich in sämmtlichen Sporen zwei nahe an einander liegende Kerne mit je einem Kernkörperchen. Weil ich nach den Angaben von SCHMITZ und STRASBURGER einen einzigen Kern erwartete, entnahm ich von demselben Material an den beiden folgenden Tagen Proben, ohne ein weiter vorgeschrittenes Stadium zu finden. Da mir in Folge dieses Umstandes Zweifel an der Allgemeingültigkeit der Behauptung von SCHMITZ aufstiegen, so untersuchte ich im Laufe des Sommers, was ich an Zygosporen von Conjugaten erhalten konnte.

Die Untersuchungsmethode war zumeist folgende: Das in Chromsäure fixirte Material wurde zunächst mit Eosin gefärbt, dann, nachdem der überschüssige Farbstoff mit Alkohol entfernt war, einige Augenblicke mit Kornblau²⁾ in alkoholischer Lösung behandelt, dann in Nelkenöl, endlich in Canadabalsam gebracht. — Letzteres hatte oft seine Schwierigkeiten. Einlegen in ein vollkommen aufhellendes Mittel ist aber durchaus erforderlich, wenn man zwischen den Chromatophoren die Kerne deutlich erkennen will. — Bei dieser Behandlung entstehen meist sehr schön gefärbte Präparate. Die Membran und die Chromatophoren färben sich bläulich bis blau, je nach der Concentration der Kornblaulösung, ebenso meist das Kerngerüst; die Kernkörperchen, sowie die Pyrenoide dagegen intensiv roth; so wenigstens bei *Spirogyra* und *Zygnema*³⁾. Die reifen Sporen scheinen der un-

1) Die Chromatophoren der Algen. Verhdl. d. nat. V. d. pr. Rheinlande u. Westphalens. 1883, p. 130 u. 131.

2) Ein unter diesem Namen aus der Drogenhandlung von JOHS. SURMANN in Bremen bezogener Anilinfarbstoff. Derselbe stammt aus dem Geschäft von WILHELM BRAUNS in Quedlinburg, gehört zu der Gruppe des „Wasserblau“, ist dem Blau B R 61 dieser Firma (Triphenylrosanilindisulfo-saures Natrium) nahe verwandt und auch mehr oder weniger dadurch zu ersetzen, aber leichter in Spiritus löslich. Genaueres habe ich nicht ermitteln können.

3) Die beschriebene Doppelfärbungsmethode eignet sich auch für anatomische Präparate, aber nur beim Einschluss in Medien, die das Eosin nicht lösen (Canadabalsam). Ein Schnitt durch einen Zweig von *Pinus Strobus* liefert z. B. folgende Färbung: Membranen der Phloëm- und Rindenzellen, sowie der Zellen der Harzgänge und theilweise auch der Markstrahlen blau, die des Holzes roth, Tüpfelhaut der Hoftüpfel blau und daher schon bei schwacher Vergrößerung zu erkennen,

durchlässigen Membran wegen allen Färbemitteln zu trotzen, wie schon SCHMITZ angiebt. Indessen ist es mir doch mehrfach gelungen, auch in ihnen den Inhalt zu färben, allerdings unter Bedingungen, die nicht immer zu controliren waren; mitunter mag eine leichte Verletzung der Sporenhaut die Ursache gewesen sein. Uebrigens kann man in den reifen Zygoten die Kerne oft auch ohne jede Färbung deutlich sehen, wenn man das fixirte Material aus Wasser, nachdem man letzteres mit Löschpapier möglichst entfernt hat, direct in viel Phenol (acid. carbol. liquefactum der Apotheken) einlegt. Man kann die Carbolsäure durch Nelkenöl verdrängen und das Object dann in Balsam einschliessen; dieses Verfahren empfiehlt sich namentlich deshalb, weil man dabei das lästige, beim Uebertragen aus Alkohol in Nelkenöl fast regelmässig eintretende Zusammenklappen der Sporenhaut leichter vermeidet.

Die erhaltenen Resultate liefern zum Theil eine Bestätigung oder Erweiterung der bisher bekannten Thatsachen (*Spirogyra*, *Zygnema*), zum Theil aber stehen sie dazu in einem scharfen Gegensatze (*Closterium*).

1. *Spirogyra* (Fig. 1—10).

Untersucht wurden: *Sp. varians* (Hass.) Kütz., *inflata* (Vauch.) Rabh., *jugalis* (Dillw.) Kütz., *orthospira* (Naeg.) Kütz., *affinis* (Hass.) Petit.

Meine Beobachtungen beginnen mit dem Stadium OVERTON Fig. 7. Dieses scheint sich sehr bald herzustellen, da ich in zahlreichen untersuchten Fällen nur ausnahmsweise noch getrennte Kerne fand. In diesem Zustande zeigt die Spore einen an Protoplasmafäden zwischen den Chromatophoren aufgehängten Doppelkern, der aus zwei dicht aneinander gelagerten Kernen besteht (Fig. 1, 2, 5—9). Letztere sind rundlich oder eckig und meist deutlich von einander zu unterscheiden; jeder enthält in der Regel ein Kernkörperchen, nur bei *Sp. orthospira* fand ich, wie in den Kernen der vegetativen Zellen, neben einem grossen noch kleine Kernkörperchen (Fig. 8). In dem beschriebenen Zustande verharrt die Zygote, wie schon oben bemerkt, längere Zeit, tagelang; dieser Umstand ist von den früheren Beobachtern nicht hervorgehoben worden. Ich habe bei *Sp. jugalis* den Doppelkern noch gefunden (Fig. 2 und 6), wenn bereits die dicke Sporenhaut sich auszubilden begann und die Färbung schon schwierig war (Behandlung: Kochen und längeres Stehen mit Nigrosin-Pikrinsäure in Alkohol), so Mitte Juni, während ich Anfang Juni die jungen Zygoten beobachtete. Erst als ich völlig ausgereifte Sporen untersuchte, deren Kern sich nicht

sämmtliche Zellkerne roth. Statt des Eosins lässt sich mit etwas anderem Erfolg auch Safranin verwenden.

mehr färben liess (Anfang Juli), fand ich (Phenolbehandlung) einen einzigen deutlich begrenzten Kern mit einem stark lichtbrechenden Kernkörperchen vor; bei dieser Form (*Sp. jugalis*) war derselbe von Protoplasma umgeben und durch Fäden mit den Chromatophoren verbunden (Fig. 4). Färbungen der reifen Sporen gelangen mitunter durch Einlegen in mit Eosin rothgefärbtes Phenol und späteres Verdrängen des letzteren durch Nelkenöl.

An dieser Stelle möge eine Beobachtung über das Verhalten der Chlorophyllkörper bei *Sp. jugalis* Platz finden. In den jungen Zygoten sieht man noch die Reste der ursprünglichen Spiralbänder in nicht völlig klar erkennbarer Anordnung (Fig. 1). In der älteren Zygote, welche bereits die Membran bildet, aber noch den Doppelkern hat, ist diese Structur aufgelöst; die Pyrenoide sind gleichmässig vertheilt, die Grenzen ihrer Umgebungen bilden ein Maschenwerk, die ganze Spore erscheint gefeldert (Fig. 2). In der reifen Spore endlich treten wieder regelmässige Bänder auf (Fig. 3).

Im Januar dieses Jahres habe ich das Material von *Sp. jugalis* noch einmal geprüft; die Sporenhaut war wieder durchlässiger für Farbstoffe geworden. Das Kernkörperchen färbte sich stark (Nigrosin-Pikrinsäure); übrigens war noch alles wie vorher.

Bei *Sp. orthospira* habe ich bislang nicht die gleiche Vollständigkeit der Beobachtungen erzielt. Die jungen Sporen haben den Doppelkern (Fig. 8). Bei den reifen stört die braune Membran die Untersuchung sehr; ich konnte nur vereinzelt sehen, dass sie einen Kern und ein Kernkörperchen haben. Von den übrigen Arten prüfte ich nur die jüngeren Sporen, die durchweg den Doppelkern zeigen (Fig. 9); in zufällig günstig gefärbten älteren unbekannter Abkunft war der vereinigte Kern deutlich (Fig. 10).

2. *Zygnema* (Fig. 11—13).

Die untersuchten zwei Formen liessen sich nicht mit Sicherheit bestimmen.

In den jungen Zygoten dieser Gattung sind die 4 Chlorophyllsterne nach den Ecken eines Vierecks, mitunter auch tetraedrisch angeordnet. Die Kerne scheinen sich sehr rasch zu einem einzigen zu vereinigen; obgleich ich zahlreiche Sporen durchmusterte, so sah ich doch nur vereinzelt 2 Kerne (Fig. 11), dagegen niemals einen Doppelkern, wie bei *Spirogyra*. Auch die Kernkörperchen vereinigen sich meist sogleich zu einem einzigen; oft fand ich sie auch getrennt (Fig. 12 und 13). In einem Präparat zählte ich 43 Sporen mit einem, 23 mit zwei Nucleolen im Kern; in einem anderen 12 mit einem, 6 mit zwei Nucleolen. Aeltere in Phenol gelegte Sporen zeigten einen Kern mit einem Nucleolus.

3. *Mesocarpus* (Fig. 14—16).

Von dieser Gattung konnte ich nur eine Form, wahrscheinlich *M. recurvus* Hass. untersuchen. Bei der Eosin-Kornblau-Färbung wurden die Chromatophoren bläulich, die Pyrenoide intensiv roth, die Kernkörperchen schwächer roth, der Kern selbst mehr gelblich roth. In den jungen Sporen fand ich meist zwei völlig getrennte, vielfach aber sehr nahe bei einander liegende Kerne, mitunter schienen sich dieselben aber auch unmittelbar an einander gelagert zu haben. Leider ist es mir trotz wiederholter Versuche noch nicht geglückt, über die reifen Sporen Aufschluss zu erhalten, theils wegen der starken Braunfärbung der Membran und der Schwierigkeit der Färbung, theils wegen der Kleinheit des Objects.

4. *Closterium* (Fig. 17—20).

Das Verhalten der von mir untersuchten Form dieser Gattung, einer Abart von *Cl. Lunula* Ehrbg. (nach KLEBS *Cl. submoniliferum*, aber mit nur einer Reihe von Pyrenoiden) ist höchst auffallend. Die Kerne sind auch in der reifen Zygote noch völlig getrennt und scheinen sich überhaupt nicht zu vereinigen.

In den kugelig-jungen Sporen (Fig. 17 und 19), die lebend dunkelgrün sind, ist mir die Doppelfärbung nicht gelungen; ich erhielt dieselben nur roth gefärbt, konnte aber trotzdem in den Balsampräparaten die gegenseitige Lage und die Beschaffenheit der Kerne, sowie die Lage der Pyrenoide leicht feststellen. Die Kerne erscheinen als längliche, körnige Gebilde mit einem Kernkörperchen. Sie sind stets weit von einander entfernt; man sieht sie selten in demselben Niveau, sondern zumeist erst bei verschieden hoher Einstellung der Linse. Ueber die Lage der Chromatophoren in diesem Zustande ist schwer ein Urtheil zu fällen; sie füllen fast den ganzen freien Raum der Spore aus, scheinen aber 4 getrennte Massen zu bilden.

Wesentlich anders ist das Aussehen der reifen Sporen (Fig. 18 und 20). An Stelle der Chromatophoren sind zwei rundliche Ballen entstanden, die eine körnige Beschaffenheit haben und Stärke enthalten; in dem ausserhalb derselben befindlichen hellen Plasma sieht man mitunter einzelne der Wand angelagerte Körnchen, möglicherweise Reste der in den Vacuolen an der Spitze der Mündchen in Molecularbewegung befindlichen Körner; Zellkerne sind in der lebenden oder in der in Wasser liegenden fixirten Spore nicht zu sehen. Durch die oben beschriebene Phenolbehandlung mit Chromsäure oder Nigrosin-Pikrinsäure fixirten Materials, sowie in vereinzelt Fällen durch eine geglückte Färbung (Phenol-Eosin, einmal auch mit Hämatoxylin in 2 pCt. Alaunlösung) habe ich indessen 2 Kerne deutlich nachweisen können. Sie liegen getrennt und meist ziemlich von einander entfernt seitlich

zwischen den Chromatophorballen; sie sind rund, etwas körnig und zeigen je einen deutlichen Nucleolus.

Das geschilderte Verhalten der *Closterium*-Zygoten ist ausserordentlich auffällig, da es der herrschenden Regel, nach welcher bei der Befruchtung und bei der Conjugation eine Vereinigung der Kerne stattfindet, geradezu widerspricht. Uebrigens ist auch das Verhalten der übrigen Conjugaten, wie oben gezeigt, durchaus kein gleichmässiges, indem bei *Zygnema* die Vereinigung der Kerne sehr rasch, bei *Spirogyra* dagegen sehr langsam von Statten geht. Zwei Möglichkeiten muss ich allerdings offen lassen, es könnte erstens gleich bei der Copulation oder vor der Reife eine sehr rasch verlaufende Vereinigung und Wiedertrennung der Kerne stattfinden, die ich übersehen hätte, oder zweitens, es könnte noch vor der Keimung eine Vereinigung derselben stattfinden. Beide Fälle wären merkwürdig genug.

Die jungen Zygoten stammen aus der ersten Hälfte des Mai, die ersten reifen aus der zweiten. Im Januar untersuchte Zygoten von demselben Material fand ich noch mit dem Stadium Ende Mai im Wesentlichen übereinstimmend.

5. *Cylindrocystis* (Fig. 21).

Ueber diese Gattung habe ich nur durch ein bereits vor einigen Jahren gefertigtes Präparat von *C. Brébissonii* Menegh., das ich zu diesem Zwecke umfärbte, einigen Aufschluss erhalten. Darnach scheint das Verhalten ähnlich wie bei *Zygnema* zu sein. Ich fand in den jungen Sporen einen Kern, der aber meist noch die beiden Nucleolen enthielt.

Die vorstehenden leider noch sehr lückenhaften Beobachtungen hoffe ich mit der Zeit, wenn auch langsam, vervollständigen und die Untersuchung auch auf andere Gattungen, insbesondere Desmidiaceen, ausdehnen zu können. Sollte einer der Herren Fachgenossen mir geeignetes lebendes oder fixirtes Material überlassen können, so würde er mich zu grossem Danke verpflichten. Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn PAUL RICHTER in Leipzig für die Bestimmung der im Vorliegenden besprochenen Arten meinen besten Dank auszusprechen.

Anm.: Bei dieser Gelegenheit möchte ich nicht versäumen, für eine andere Art der Conservirung der Algen eine Lanze zu brechen. Exsiccata von Süßwasseralgeln, insbesondere Spirogyren, haben nach meiner Meinung gar keinen oder nur einen sehr zweifelhaften Werth. Dagegen erhalten sich bei der Behandlung der Algen mit 1 pCt. Chromsäure oder ähnlichen Fixirungsmitteln, von der Farbe abgesehen, die feinsten Details.

Es ist nun keineswegs schwierig, das hernach gehörig ausgewaschene Material in (allmählich stärkeren) Spiritus oder Spiritus mit

Glycerin zu übertragen, ohne dass eine Schrumpfung eintritt. In diesen Flüssigkeiten lassen sich die Algen dann beliebig lange aufbewahren, ja auch nachträglich färben und zu anatomischen Untersuchungen verwenden. Sollten nicht die Herren Systematiker allmählich beginnen, mit derartig zubereitetem Material statt mit getrocknetem zu arbeiten und statt der mitunter werthlosen Exsiccata die zarten Formen oder die zarteren Theile der grossen Algen als fixirtes Spiritusmaterial in Gläsern herauszugeben?

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind nach Balsampräparaten freihändig in willkürlicher Vergrößerung gezeichnet. (SEIBERT V u. VII).

Fig. 1—7. *Spirogyra jugalis*. Zygote 60—70 μ dick, 100—130 μ lang.

Fig. 1. Zygote, ganz jung, mit Doppelkern und noch erkennbaren Spiralbändern.

Fig. 2. Desgl., älter, Membran bereits etwas verdickt, Chlorophyllkörper gleichmässig vertheilt, Doppelkern.

Fig. 3. Desgl., reif. Spiralbänder wieder deutlich, ein Kern.

Fig. 4. Theil einer reifen Zygote im opt. Querschnitt, zeigt den an Protoplasmafäden aufgehängten Kern. Stärker vergr.

Fig. 5. Doppelkern einer jungen Zygote (Stadium Fig. 1).

Fig. 6. Zwei desgl. aus älteren Zygoten (Stadium Fig. 2).

Fig. 7. Desgl. bei anderer Lage zur Mikroskopachse, etwas stärker vergr.

Fig. 8. *Spirogyra orthospira*. Doppelkern einer jungen Zygote, mit grossen und kleinen Nucleolen, nebst einem angelagerten Theil eines Chlorophyllbandes.

Fig. 9. *Spirogyra affinis*. Zygote 30 μ dick, 50 μ lang. Junge Zygote mit Doppelkern in der Zelle.

Fig. 10. *Spirogyra* sp.? Zygote 35 μ dick, 64 μ lang. Reife Zygoten mit Spiralsband und demselben angelagertem Kerne, in der Zelle.

Fig. 11—13. *Zygnema* sp.? Zygote 26 μ dick, solange oder etwas länger. Junge Zygoten mit noch unverdickter Membran.

Fig. 11. Kerne noch nicht zur Berührung gelangt.

Fig. 12. Kerne vereinigt, Nucleolen noch getrennt.

Fig. 13. Nucleolen vereinigt.

Fig. 14—16. *Mesocarpus recurvus*. Zygote 26 μ dick. Junge Zygoten mit getrennten Kernen.

Fig. 17—20. *Closterium Lunula*. Zygote 60—80 μ dick.

Fig. 17. Junge Zygoten mit ursprünglicher Lagerung der Chromatophoren und Kerne.

Fig. 18. Reife Zygote mit zwei abgerundeten Kernen, Chromatophoren zu zwei Ballen vereinigt.

Fig. 19. Wie Fig. 17, schwächer vergrössert.

Fig. 20. Wie Fig. 18, bei anderer Lage.

Fig. 21. *Cylindrocystis Brébissonii*, junge Zygote, Kern mit getrennten Nucleolen.

Fig. 1.

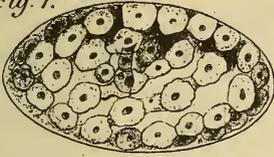


Fig. 2.

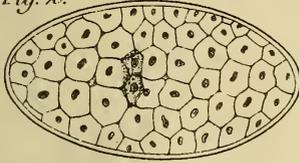


Fig. 3.

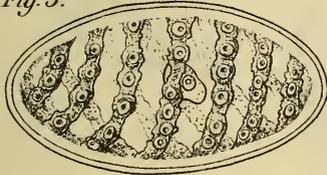


Fig. 4.

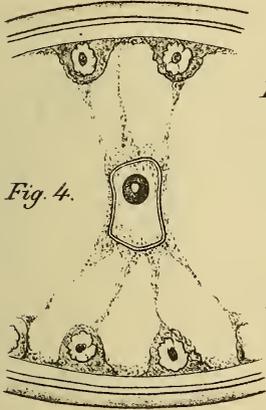


Fig. 9.

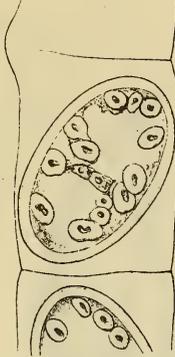


Fig. 10.

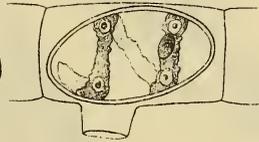


Fig. 11.

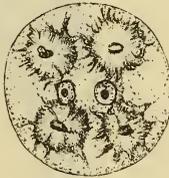


Fig. 12.

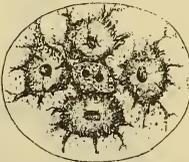


Fig. 17.

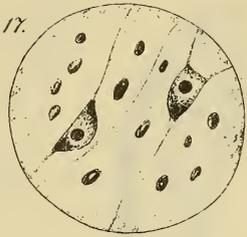


Fig. 18.

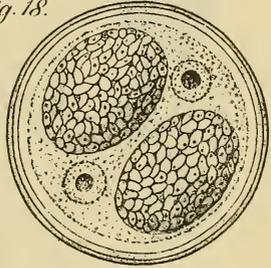


Fig. 19.

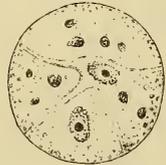


Fig. 20.

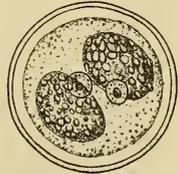


Fig. 21.

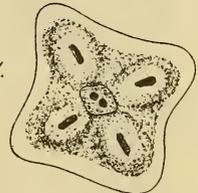


Fig. 5.



Fig. 6.

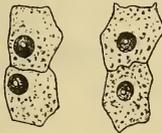


Fig. 13.

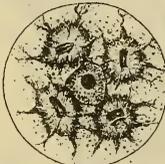


Fig. 7.



Fig. 8.

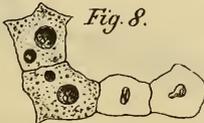


Fig. 14.

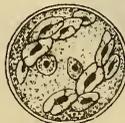


Fig. 15.

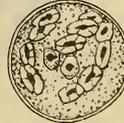


Fig. 16.



H. Klebahn del.

C. Lane lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Klebahn Heinrich

Artikel/Article: [Ueber die Zygosporen einiger Conjugaten. 160-166](#)