

## Über Synzoosporenbildung bei Algen

Von Hans Pitschmann

Im Gegensatz zu allen anderen siphonalen Algen und Pilzen, wo bei der Bildung der Zoosporen bzw. Spermien ein Einkern-Stadium auftritt, werden die Zoosporen von *Vaucheria* nicht individualisiert, sondern als ungeteilte, vielkernige und vielgeißelige „Synzoospore“ aus einem terminalen Fadenabschnitt entleert. Diese eigenartige Bildung ist schon lange bekannt und war mehrfach Gegenstand eingehender Untersuchungen. Schon VAUCHER (1803), THURET (1843), UNGER (1843), PRINGSHEIM (1855), SCHMITZ (1878) und GOETZ (1897) haben ihre Entstehung und Organisation im Wesentlichen erkannt, während ihre cytologische Differenzierung erst durch STRASBURGER (1900) dargestellt wurde. An Hand von Mikrotomschnitten konnte er zeigen, daß die Kerne in der peripheren Schicht des Protoplasten liegen und daß jedem Kern ein Geißelpaar entspricht, wobei die Geißeln als isokont beschrieben werden, während bereits PRINGSHEIM (1855) für die Spermien eine heterokonte Begeißelung nachgewiesen hatte. Elektronenoptische Untersuchungen KOCH's (1951) haben gezeigt, daß die Geißeln der Spermien nicht nur ungleich lang, sondern auch heteromorph sind. GREENWOOD, MANTON und CLARKE (1957) schließlich konnten auch für die Zoosporen ungleich lange, aber unbeflammerte Geißeln nachweisen. Diese elektronenoptischen Befunde zusammen mit Pigmentanalysen (SEYBOLD 1941) haben die Zugehörigkeit von *Vaucheria* zu den *Heterokonten* endgültig bestätigt.

Daß die Synzoospore von *Vaucheria* nicht einem mehrkernigen Individuum entspricht, sondern dem Inhalt eines ganzen Zoosporangiums homolog ist, wobei die einzelnen Zoosporen infolge gehemmter Protoplastenteilung nicht individualisiert werden, haben die Untersuchungen GEITLER's (1925, 1934) und PASCHER's (1939) an anderen Algen ergeben.

Bei der Volvocale *Pyramidomonas montana* GEITLER ist die Zellteilung in Agar-Kulturen derart gehemmt, daß monströse Formen mit mehreren Kernen, mehreren Geißeln und mehreren kontraktilen Vakuolenpaaren entstehen (Fig. 1, 2). Auch die Zellen des marinen Dinoflagellaten *Polykrikos* BÜTSCHLI bestehen aus 2, 4 oder 8 „Teilzellen“, von denen jede Furchen und Geißeln vom *Gymnodinium*-Typus besitzt, aber nicht die zu erwartende Zahl von Kernen, sondern nur die halbe (Fig. 3). Hier ist also die Korrelation zwischen Kern- und Protoplastenteilung im gegenläufigen Sinn wie bei *Vaucheria* „gestört“. Dabei kann es durchaus so sein, „daß

nicht immer dasselbe Plasma mit demselben Kern agieren muß und daß ein Plasma-bereich unter der Wirkung mehrerer Kerne stehen kann" (GEITLER 1955).

Die von PASCHER (1929) beschriebene Chrysomonadengattung *Didymochrysis* mit zwei Geißelpaaren, zwei Chromatophoren und je einem Augenfleck, entspricht zwei der Länge nach verbundenen *Ochromonas*-Zellen (Fig. 4). Ähnliches gilt für die *Distomatinen* oder *Diplozoen*, bei denen alle Organellen in doppelter Zahl vorhanden sind.

Auch die parasitische *Calonympha* (Fig. 5) entspricht im Wesentlichen einer *Vaucheria*-Synzoospore, mit dem Unterschied, daß Kerne und Geißeln an einen Pol gerückt sind; polargebaute Synzoosporen wurden aber auch bei *Vaucheria ornithocephala* beobachtet (GÖTZ 1897).

Formen, bei denen die Individuen noch deutlicher erkennbar sind, wie die durch seitliche Plasmastränge verbundenen Zellen von *Dangeardinella saltatrix* PASCHER (Fig. 6), *Corone bohémica* FOTT und ebenso *Raciborsciella* (Fig. 7), *Synura* u. a., deren Zellen nur an den Hinterenden aneinander haften, werden wohl besser als Kolonien und nicht mehr als Synzoosporen bezeichnet (PASCHER 1939 b).

Als Sonderfall wäre die Protosiphoneen-Gattung *Follicularia paradoxalis* MILLER zu erwähnen, bei der sowohl Zoosporen wie Autosporen durch Plasmotomie in der Regel von Anfang an mehrkernig angelegt werden (SCHUSSNIG 1960).

Während bei fädigen Algen Synzoosporen nur bei *Vaucheria* als Normaltypus auftreten, wurde gelegentliche Synzoosporenbildung bei einer Reihe weiterer *Heterokonten*- und *Grünalgen*gattungen beobachtet (PASCHER 1939 b). So bildet *Botrydium* neben „normalen“ Zoosporen solche, bei denen mehrere Chromatophoren und kontraktile Vakuolen im Vorderende des Protoplasten liegen (Fig. 8), oder solche, bei denen die Schwärmer nur an ihrer Basis vereint bleiben, während die Vorderenden frei sind (Fig. 9).

Relativ häufig konnte PASCHER Synzoosporenbildung bei *Botrydiopsis* beobachten, bei der ebenfalls oft sämtliche Schwärmer einer Zelle mit ihren Hinterenden verbunden sind, während die Vorderenden getrennt erscheinen (Fig. 10). Unterbleibt die Protoplastenspaltung gänzlich, so sind die Zoosporen nur mehr an der Zahl der Chromatophoren bzw. der Geißelpaare zu erkennen (Fig. 11).

Auch *Tribonema*, *Heterothrix* und *Heterococcus* bilden zuweilen ähnliche Synzoosporen. *Sphaeroplea* entläßt in der Regel vier zweigeißelige Schwärmer, doch können diese zuweilen auch zu zwei oder vier vereint austreten (Fig. 12) (PASCHER 1939 a).

#### Eigene Beobachtungen:

Aus einer Erdprobe von einem lichten Steineichen-Buschwald bei Limone am Gardasee stammt *Heterococcus implexus*, der auf 1½% Agarplatten dichte Lager aus eng ineinander verflochtenen Fäden bildet (PITSCHMANN 1963). An der Basis zerfallen die Pflänzchen schon nach 12 bis 14 Tagen in runde bis zylindrische Einzelzellen (Akineten), während sie am Lagerrand noch eine Zeit weiterwachsen. Diese jüngeren Fadenzellen enthalten meist 2 bis 4 linsenförmige, wandständige Chroma-

tophoren, die oft einen Augenfleck besitzen. Werden 6 bis 10 Tage alte Kulturen dunkel gestellt, so sind nach 12 bis 16 Stunden fast alle Zellen mit Zoosporen erfüllt von denen viele bereits ausgeschlüpft sind. Sie entstehen meist zu 2 bis 8 in äußerlich kaum veränderten Zellen, wobei die Protoplastenspaltung in den meisten Fällen nur teilweise durchgeführt wird. In der Regel treten dann „Synzoosporen“ von verschiedener Form und Größe aus. Individualisierte Schwärmer sind dorsiventral, mehr oder weniger spindelförmig, am Vorderende abgerundet oder etwas abgeflacht; sie sind auffallend verschieden groß, meist 8—9 $\mu$  lang und 2—2,5 $\mu$  breit, aber auch nur 5 2 groß, metabolisch, mit einem wandständigen Chromatophor, dem am Vorderende ein großes Stigma eingefügt ist. Die Hauptgeißel ist meist körperlang, die Nebengeißel kurz (etwa  $\frac{1}{5}$  der Hauptgeißel) und in unmittelbarer Nähe des Augenflecks inseriert. Die Entleerung dieser Synzoosporen erfolgt durch Aufreißen der Membran an einer nicht besonders vorgebildeten Stelle oder durch Verquellung der ganzen Sporangienwand, wobei die Geißeln nacheinander ausgestreckt werden.

Sind in einem Sporangium nur 2 Zoosporen vorhanden, so sind diese entweder der ganzen Länge nach median-symmetrisch verbunden (Fig. 14) oder haften mit ihren Vorder- und Hinterenden aneinander (Fig. 15a, b). Enthält ein Sporangium mehrere Schwärmer, so können sie wie bei *Botrydiopsis* mit ihren Hinterenden verbunden bleiben, so daß traubenartige Gebilde entstehen, die an ihren „Köpfen“ je ein Geißelpaar tragen (Fig. 17). Unterbleibt die Protoplastenspaltung ganz, so kann nur mehr an den Chromatophoren, die alle an der Peripherie des Protoplasten liegen, bzw. an den Geißelpaaren auf die Zahl der in der Zoospore verbundenen „Einheiten“ geschlossen werden (Fig. 18, 19).

Schließlich wurden Schwärmer beobachtet, die wohl mehrere Chromatophoren mit Augenfleck, jedoch nur ein Geißelpaar tragen (Fig. 16). Das würde wie oben erwähnt bedeuten, daß sich zwar die Chromatophoren geteilt und das Protoplasma vermehrt hat, aber keine weiteren Kernteilungen stattgefunden haben.

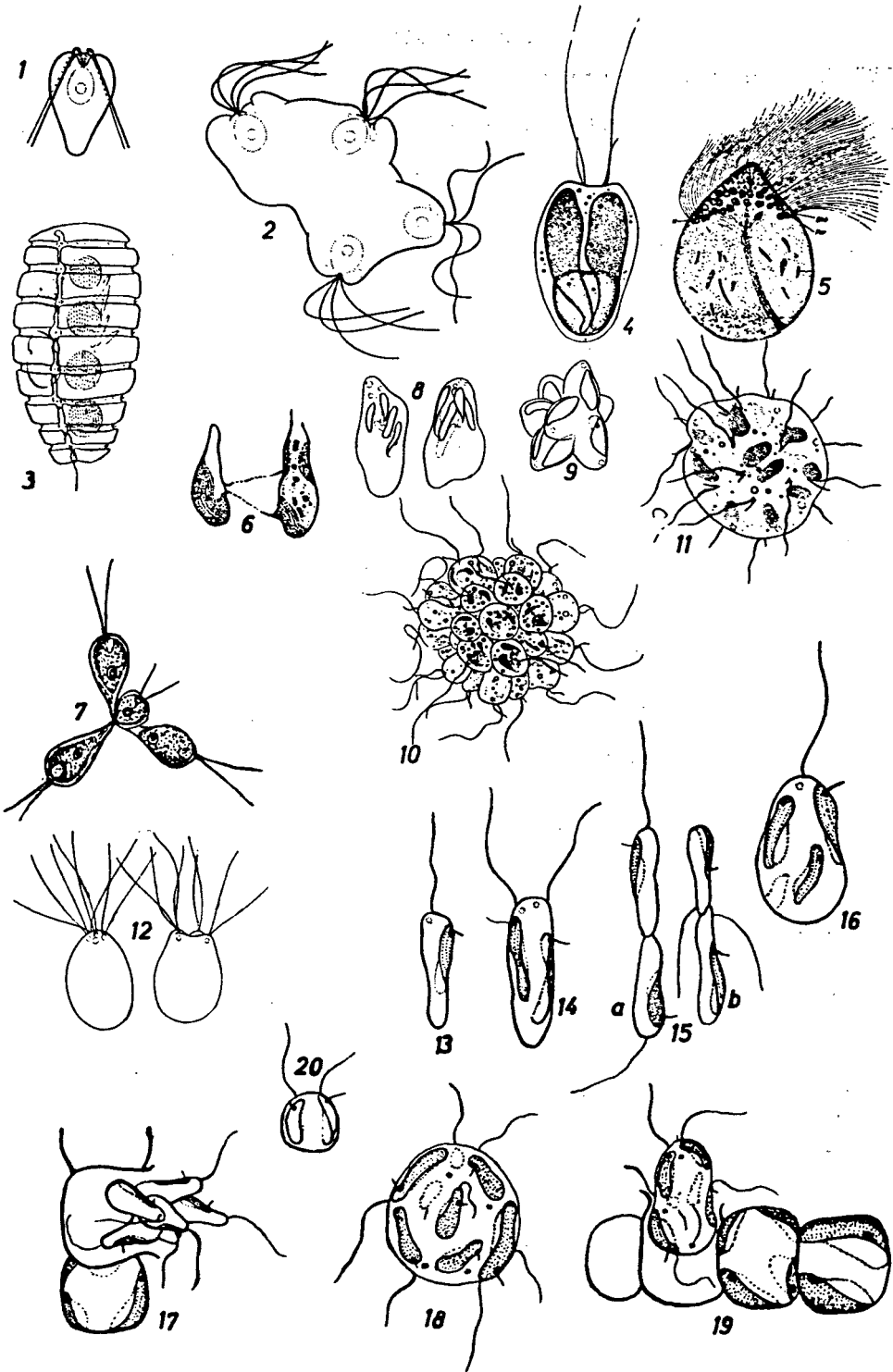
Während die Bewegung der Einzelschwärmer lebhaft und mit Rotation um die Längsachse verbunden ist, schwimmen die Synzoosporen äußerst langsam unter taumelnder und zitternder Bewegung, was wohl auf den nicht synchronisierten Geißelschlag zurückzuführen ist. Nicht selten trennen sich „verspätet“ einzelne Schwärmer oder kleinere Verbände während des Schwimmens von der Synzoospore. Nach etwa 5 bis 8 Minuten werden die Geißeln abgeworfen und binnen kurzem erfolgt Abrundung der Einzelschwärmer und Behäutung. Die Weiterentwicklung der Synzoosporen wurde nur einmal beobachtet: nach Abwerfen der Geißeln degeneriert ein Teil des Plasmas und der Chromatophoren, während der Rest sich in einzelne Partien spaltet, die sich behäuten; die „Autosporen“ behalten noch längere Zeit Stigma und kontraktile Vakuolen.

*Heterococcus implexus* wurde ein Jahr hindurch mehrmals auf seine Zoosporenbildung hin geprüft. Unter gleichen Kulturbedingungen (Agar 1 $\frac{1}{2}$ %, Knopsche Nährlösung auf ein Drittel verdünnt bei zirka 3000 Lux Dauerbeleuchtung) wurden stets Synzoosporen in der oben geschilderten Weise gebildet. Da etwa vier Fünftel

der Schwärmer als Synzoosporen entlassen werden, nimmt die Art diesbezüglich eine Zwischenstellung zwischen *Vaucheria* mit obligater und den von PASCHER u. a. beschriebenen Formen mit fakultativer Synzoosporenbildung ein.

#### Erklärung zur Tafel

- Fig. 1: *Pyramidomonas montana* GEITLER; freischwimmendes Individuum.  
2: Mehrkernige und mehrgeißelige Form derselben Art, 10 Tage auf 4% Nährsalzager kultiviert (nach GEITLER).  
3: *Polykrikos schwarzii* BÜTSCHLI: 8 aneinander haftende Zellen mit 4 Kernen (nach LEBOUR aus SCHILLER).  
4: *Didymochrysis paradoxa* PASCHER (nach PASCHER).  
5: *Calonympha*: Kerne im distalen Ende gehäuft mit je 2 Geißelpaaren (nach JANIKI aus PASCHER).  
6: *Dangeardinella saltatrix* PASCHER; Zellen durch seitliche Plasmafäden miteinander verbunden (nach PASCHER).  
7: *Raciborskiella uruglenoidea* SWIRENKO: Zellen an den Hinterenden aneinander haftend (nach SWIRENKO aus PASCHER).  
8: *Botrydium* WALLROTH: Synzoospore mit am Vorderende gehäuften Chromatophoren und kontraktile Vakuolen (nach PASCHER).  
9: *Botrydium*: Mehrere Zoosporen an ihren Hinterenden so verbunden, daß die Vorderenden der einzelnen Schwärmer radiär hervorragen (nach PASCHER).  
10: *Botrydiopsis arhiza* BORZI: sämtliche in einer Zelle gebildeten Zoosporen bleiben verbunden; nur die distalen Enden frei (nach PASCHER).  
11: *Botrydiopsis*: Die einzelnen Schwärmer nicht mehr getrennt (nach PASCHER).  
12: *Sphaeroplea* C. A. AGARDH: Vier Schwärmer zu einer Synzoospore verbunden (nach PASCHER).  
13–20: *Heterococcus implexus* PITSCHMANN (Original).  
13: Freischwimmendes Individuum.  
14: Zwei Zoosporen der Länge nach miteinander verbunden.  
15a: Zwei Zoosporen mit ihren Hinterenden, b mit ihren Vorderenden verbunden.  
16: Synzoospore mit 4 Chromatophoren, aber nur einem Geißelpaar.  
17: Die einzelnen Zoosporen an den Vorderenden frei, aus einer Fadenzelle ausschließend.  
18: Sporangienwand verquollen, Zoosporen vollständig verbunden.  
19: Entleerung einer Synzoospore.  
20: Synzoospore mit 2 Chromatophoren und 2 Geißelpaaren kurz vor dem Einziehen der Geißeln.



### Literaturverzeichnis

- FOTT, B. (1949): *Corone*, a new genus of colonial *Volvocales*. Věstník královské České společnosti Nauk. Bd. II, 1—9.
- GEITLER, L. (1925): Zur Kenntnis der Gattung *Pyramidomonas*. Arch. f. Prot.-Kunde 52, 356—370.
- (1934): Grundriß der Cytologie. Bornträger, Berlin.
- (1955): Normale und pathologische Anatomie der Zelle. Handb. d. Pflanzenphysiologie, Bd. 1, 127.
- GÖTZ, H. (1897): Zur Systematik der Gattung *Vaucheria* DC. Flora, Bd. 83, 80.
- GREENWOOD, A. D., MANTON, J. and CLARKE, B. (1957): Observations on the structure of the zoospores of *Vaucheria*. Journ. Exp. Bot., 8, 71—86.
- KOCH, W. J. (1951): A study of the motile cells of *Vaucheria*. J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 67.
- PASCHER, A. (1927): *Volvocales*, in Pascher's Süßwasserflora, Heft. 4.
- (1929): Beiträge zur allgemeinen Zellenlehre. Doppelzellige Flagellaten und Parallelentwicklungen zwischen Flagellaten und Algenschwärmern. Arch. f. Prot.-Kunde, 68, 261—304.
- (1930): Neue Volvocalen. Arch. f. Prot. 69, 103—146.
- (1939a): Über geißelbewegliche Eier, mehrköpfige Schwärmer und vollständigen Schwärmerverlust bei *Sphaeroplea*. Beih. Bot. Ctr.-Bl., Bd. LIX, 188—213.
- (1939b): Über gelegentliche Synzoosporenbildung bei Algen und über die Verbreitung synzoosporer Organisation. Ibid. 389—408.
- PITSCHMANN, H. (1963): Vorarbeiten zu einer Monographie der Gattung *Heterococcus*. Nova Hedwigia, Bd. V, Heft 487—531.
- PRINGSHEIM, N. (1855): Über die Befruchtung und Keimung der Algen und das Wesen des Zeugungsaktes. Monatsber. d. Kgl. Akad. Wiss.
- PRINTZ, H. (1927): Chlorophyceae, in Englers Natürl. Pflanzenfamilien, 154—155.
- SCHUSSNIG, B. (1960): Handbuch der Protophytenkunde. G. Fischer, Jena.
- SCHMITZ, F. (1878): Untersuchungen über die Zellkerne der Thallophyten. Sitz.-Ber. d. niederrhein. Ges. in Bonn.
- SEYBOLD, A., EGGLE, K. u. HÜLSBRUCH, W. (1941): Über die physiologische Bedeutung der Chlorophyll-Komponenten a und b. Bot. Arch. 42, 251.
- SCHILLER, J. (1933): *Dinoflagellatae*. Rabh. Kryptogamenflora, Bd. 10, 1. Teil, 551.
- STRASBURGER, E. (1900): Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich. Histol. Beitr. 6.
- THURET, G. (1843): Recherches sur les organes locomoteurs des spores des Algues. Ann. Sci. Nat. Bot. Sér. II, 19, 270.
- UNGER, F. (1843): Die Pflanze im Momente der Tierwerdung. Wien, 23—27.
- VAUCHER, J. B. (1803): Histoire des *conferves* d'eau douce. Genève, 25—36.

---

Anschrift des Verfassers: Dr. Hans Pitschmann, Botanisches Institut Innsbruck.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: [53](#)

Autor(en)/Author(s): Pitschmann Hans

Artikel/Article: [Über Synzoosporenbildung bei Algen. 157-162](#)