

Wiedereinführung von *Bryopsis lyngbyei* (Bryopsidales, Chlorophyta) als selbständige Art

P. KORNMANN & P.-H. SAHLING

*Biologische Anstalt Helgoland (Meeresstation);
Helgoland, Bundesrepublik Deutschland*

ABSTRACT: Reestablishment of *Bryopsis lyngbyei* (Bryopsidales, Chlorophyta) as separate species. This study investigates the taxonomic status of a Helgoland species hitherto regarded as *Bryopsis plumosa* (HUDS.) AG. The habitus of the plant concerned agrees well with that of the original specimens of *Bryopsis lyngbyei* HORNEMANN in the Botanical Museum of Copenhagen. Pinnules arise distichously from the axis; the life cycle of the dioecious species includes a filamentous sporophytic stage which produces only stephanokontic zooids. Crosses with samples of *Bryopsis plumosa* from European coasts were unsuccessful; thus *Bryopsis lyngbyei* is evidently a separate species.

EINLEITUNG

Den Anlaß zu einer taxonomischen Überprüfung der bei Helgoland vorkommenden *Bryopsis*-Arten waren Bedenken, die in Abbildung 3 A dargestellten Pflanzen mit *Bryopsis plumosa* zu identifizieren. Auf ihre mögliche Übereinstimmung mit *Bryopsis lyngbyei* HORNEMANN (1818) deutete aber die Abbildung auf Tafel 1603 der Flora Danica hin. Diese Art wurde allerdings schon 1822 von C. A. AGARDH den Synonymen von *Bryopsis plumosa* HUDSON zugeführt, und daran hat sich seitdem nichts geändert.

Die im Kopenhagener Herbarium verwahrten Originale von *Bryopsis lyngbyei* sind zwar nicht nur einzelne Federn, sondern meist reichlich verzweigte Pflanzen (Abb. 1). In ganz entsprechender Tracht kommt *Bryopsis lyngbyei* aber auch bei Helgoland vor (Abb. 2), und ein Vergleich der reichlich vorhandenen Exsikkate mit dem Originalmaterial läßt keinen Zweifel an ihrer Übereinstimmung. In der Form unverzweigter oder spärlich verzweigter Federn wächst die Alge in einer Tiefe von 6–7 m, während sie an den Innenseiten der Hafentmolen auch reichlich verzweigte Büschel bilden kann. Kleinere Exemplare der Alge trifft man gelegentlich bei tiefem Niedrigwasser auch im Felswatt der Südwestseite der Insel an; sie wächst dort aber nur in schattigen Prielen oder hängt von der Decke vorstehender harter Schichtköpfe herab und kann für kurze Zeit trockenfallen.

Vermutlich gehört auch die von WRIGHT (1877) anhangsweise erwähnte und abgebildete Feder zu *Bryopsis lyngbyei*, sie wurde bei Howth in der Nähe von Dublin gesammelt.

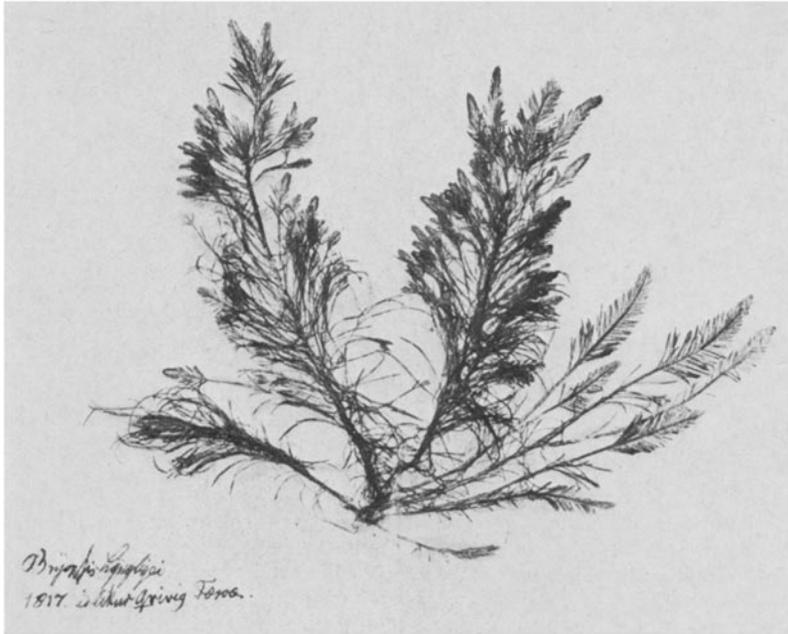


Abb. 1: *Bryopsis lyngbyei*. Original. Botanisches Museum Kopenhagen. Natürliche Größe



Abb. 2: *Bryopsis lyngbyei*. Helgoland, Südhafen. Aus Kratzmaterial von der Ostmole, 6. Juni 1967. Natürliche Größe

1963 berichtete JÓNSSON über den erstmaligen Fund von *Bryopsis plumosa* an der Südküste Islands. Beschreibung und Abbildungen der Pflanze machen ihre Zugehörigkeit zu *Bryopsis lyngbyei* wahrscheinlich. Damit zeichnet sich auch schon ein Unterschied in den Vegetationsgebieten der beiden Arten ab, subarktisch für *Bryopsis lyngbyei* gegenüber der atlantisch-borealen Verbreitung von *Bryopsis plumosa*. Das Vorkommen bei Helgoland teilt sie mit anderen Arten nördlicher Herkunft. Diese Zusammenhänge sollten bei künftigen *Bryopsis*-Funden in höheren Breiten berücksichtigt werden.

KUCKUCK (1894) führt nur *Bryopsis plumosa* für Helgoland auf. Sein Herbarium enthält Pflanzen aus Dretschmaterial und aus dem Auftrieb, die unseren in 6 bis 7 m Tiefe wachsenden entsprechen. Von O. C. SCHMIDT (1935) wurde *Bryopsis hypnoides* zum ersten Male für Helgoland nachgewiesen und zwar an dem gleichen Fundort, wo sie auch heute noch wächst. Für ihn ist sie „schon allein durch ihre allseitig angeordneten Fiederästchen hinreichend verschieden“ von *Bryopsis plumosa* (p. 155). Die Anordnung der Fiederästchen ist jedoch ein sehr variables Merkmal; zweizeilig gefiederte *Bryopsis*-Pflanzen, wie sie im Frühjahr und Herbst bei Helgoland vorkommen, nehmen in Kultur schnell den Habitus von *Bryopsis hypnoides* an. Solche Pflanzen – sie können monözisch oder diözisch sein – bastardieren mit *Bryopsis plumosa* von Roscoff oder aus dem Mittelmeer.

Die unveränderlich zweizeilig gefiederte *Bryopsis lyngbyei* ist immer diözisch. Sie läßt sich nicht mit der anderen Helgoländer Art und auch nicht mit *Bryopsis plumosa* von der Atlantikküste oder aus dem Mittelmeer kreuzen, wodurch sie hinreichend als selbständige Art ausgewiesen ist. Ihr Entwicklungszyklus schließt ein Sporophytenstadium mit stephanokonten Zoosporen ein.

MATERIAL UND METHODE

Die in Abbildung 3 A dargestellten Pflanzen wurden am 14. Juni 1973 von Tauchern im sogenannten Nordhafen in etwa 6 m Tiefe gesammelt. Einer kräftigen Achse entspringen die streng zweizeilig angeordneten Fiedern, deren Länge nach oben nur wenig abnimmt, so daß der Umriss des Thallus einer Vogelfeder sehr ähnlich ist. Sekundäre Verzweigungen kommen nur selten vor, dagegen sprossen zwischen den entleerten und abgeworfenen Fiedern nochmals junge Fiederchen aus (Abb. 3 A, B). Die Chromatophoren sind spindelförmig und enthalten einen Pyrenoid (Abb. 3 C).

Schon sehr überständig war eine Pflanze, die am 22. Juli 1974 in Kratzmaterial aus dem Sublitoral an einer schattigen Wand der Ostmole gefunden wurde. Nur an ihren Enden trugen die Achsen noch primäre Fiederchen, während adventive zwischen den Narben der verlorengegangenen entsprangen (Abb. 3 D, E). Aus abgeschnittenen Spitzen hatten sich nach 5 Wochen die in Abbildung 3 G dargestellten weiblichen Pflanzen regeneriert; der Stamm wurde in die späteren Versuche einbezogen.

Zum Ausgangsmaterial gehört auch ein Keimling, der am 23. Januar 1975 auf *Callithamnion polyspermum* im Litoral gefunden wurde (Abb. 3 H). Er wäre an diesem Standort mit Sicherheit bald zugrunde gegangen. Aus ihm wurde ein ebenfalls

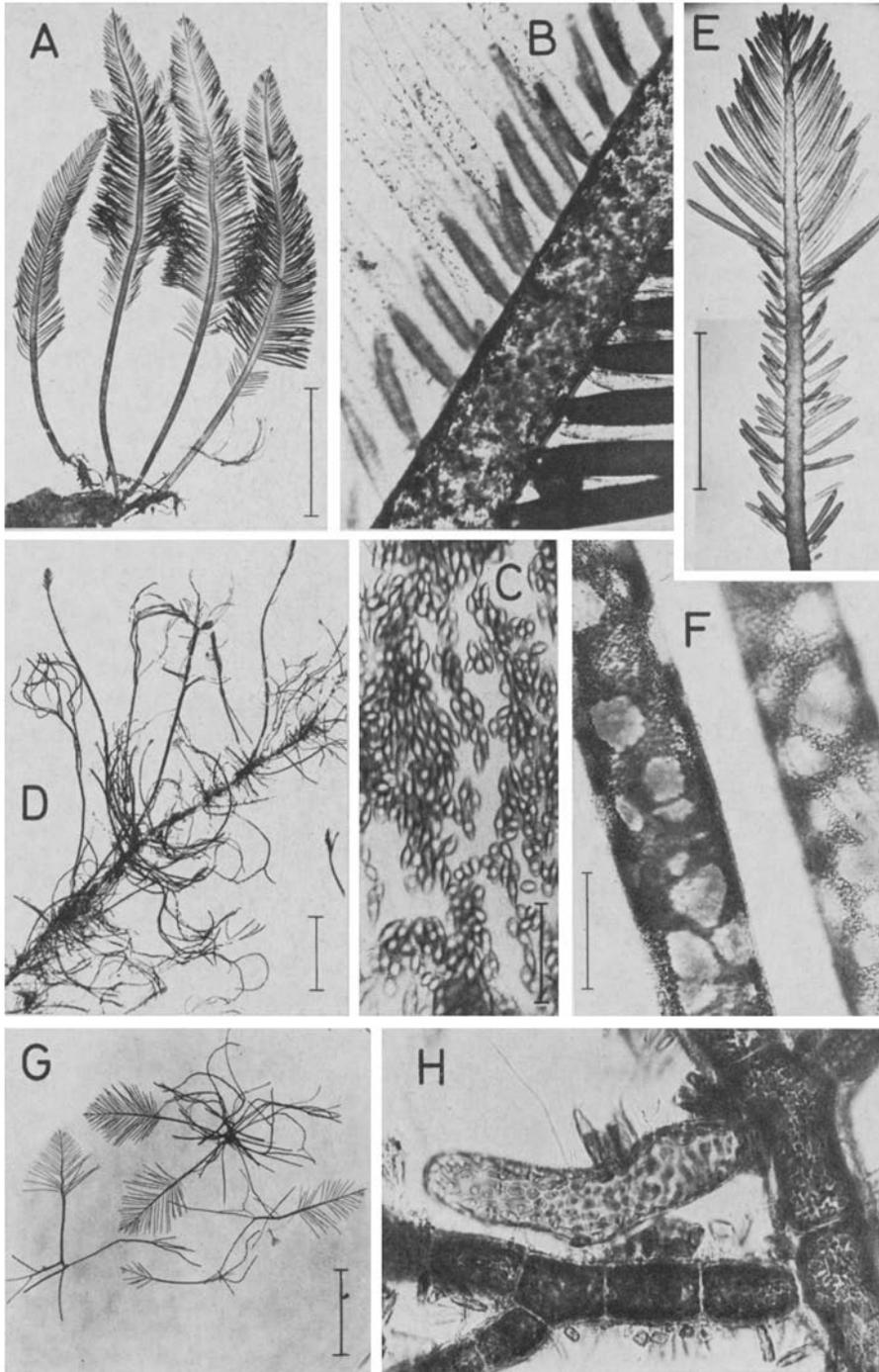


Abb. 3: *Bryopsis lyngbyei*. A Helgoland, aus etwa 6 m Tiefe, 14. Juni 1973. B Aussprossen neuer Fiederchen zwischen alten, schon entleerten. C Chromatophoren mit Pyrenoid. D Überständige Pflanze mit vielen Rhizoiden, bei E ein Sprossende. Südhafen, Ostmole, 22. Juli 1974. F Reifende männliche Gametangien. G Kultur aus Regeneraten von D. H Keimling an *Callithamnion polyspermum*, 23. Januar 1975. Maßstrecken: A, D, G = je 1 cm; C, H = 50 μm ; E = 2 mm; F = 100 μm

weiblicher Stamm herangezogen. Viele Pflanzen beiderlei Geschlechts konnten ab April 1975 aus losgerissenen und im Plankton treibenden Fragmenten isoliert werden.

Die Kulturen wurden in Erdschreiberlösung bei einer Temperatur von 15° C und einer täglichen Beleuchtungsdauer von 14 Stunden gehalten. Eine weiße Leuchtstoffröhre von 40 Watt in etwa 30 cm Abstand diente als Lichtquelle.

DER ENTWICKLUNGSZYKLUS

Das Geschlecht reifer Pflanzen ist ohne weiteres an ihrer unterschiedlichen Färbung zu erkennen; die männlichen sind intensiv orangefarben, die weiblichen dunkelgrün. Die Gametangien werden kurze Zeit nach dem Hellwerden entleert. Die weiblichen Gameten sind im Durchschnitt 9 μm lang und 5 μm breit (Abb. 4 A). Sie tragen auf ihrem Chromatophor einen nicht sehr intensiv gefärbten Augenfleck, der daher immer nur als schmaler Saum sichtbar ist. Sie sind positiv phototaktisch. Die männlichen Gameten sind nicht ganz einheitlich in ihrer Form, sie können schlank oder gedrungener sein, auch schwankt ihre Größe erheblich (Abb. 4 B). Als mittlere Werte können $4 \times 2 \mu\text{m}$ gelten. Ihr Chromatophor ist sehr blaß, sie sind nicht phototaktisch.

Die Zygoten sammeln sich am hinteren Rand eines Tropfens beziehungsweise der dunkelsten Stelle einer Kulturschale (Abb. 4 C). Sie kommen innerhalb weniger Stunden zur Ruhe, wachsen während der ersten 10 Tage unter erheblicher Vergrößerung ihres Volumens und Teilung der Chromatophoren, bevor sie sich in die Länge zu strecken beginnen (Abb. 4 D–F). 8 Tage alte Keimlinge haben noch einen auffallend deutlichen roten Pigmentfleck. Es bildet sich dann ein unregelmäßiges, mitunter leicht verzweigtes, nicht an dem Boden der Schale haftendes Protonemastadium aus (Abb. 4 G–I).

Die gekrümmten Fäden wurden über 1 cm lang und im Alter von 3 $\frac{1}{2}$ Monaten fertil. Dabei ordnete sich der Zellinhalt gelegentlich netzförmig in ähnlicher Weise wie im Gametangium an, bevor sich schließlich die kugeligen Zoosporen differenzierten (Abb. 5 A–E). Die entleerten Schwärmer blieben im allgemeinen in einer dichten Masse liegen, aus der sich nur einzelne lösten und wenige Minuten frei herumschwammen. Die weitere Entwicklung zeigte keine Besonderheiten (Abb. 5 F, G); isolierte Keimlinge waren nach 5–6 Wochen zu Gametophyten beiderlei Geschlechts herangewachsen.

Unter natürlichen Bedingungen verläuft die Entwicklung offensichtlich in gleicher Weise. Die Sporophyten müssen unter den hydrographischen Bedingungen des Winters 1974/75 etwa Anfang Januar fertil geworden sein, wie aus der Größe des am 23. Januar gefundenen Keimlings geschlossen werden kann (Abb. 3 H).

DISKUSSION

Die oben beschriebene Entwicklung entspricht dem von RIETEMA (1969) entdeckten Lebenszyklus von *Bryopsis plumosa*. Aber nur die aus Roscoff stammende Population von *Bryopsis plumosa* stimmt mit *Bryopsis lyngbyei* darin überein, daß die Sporophyten ausschließlich stephanokonte Zoosporen bilden. Bei den Populationen aus

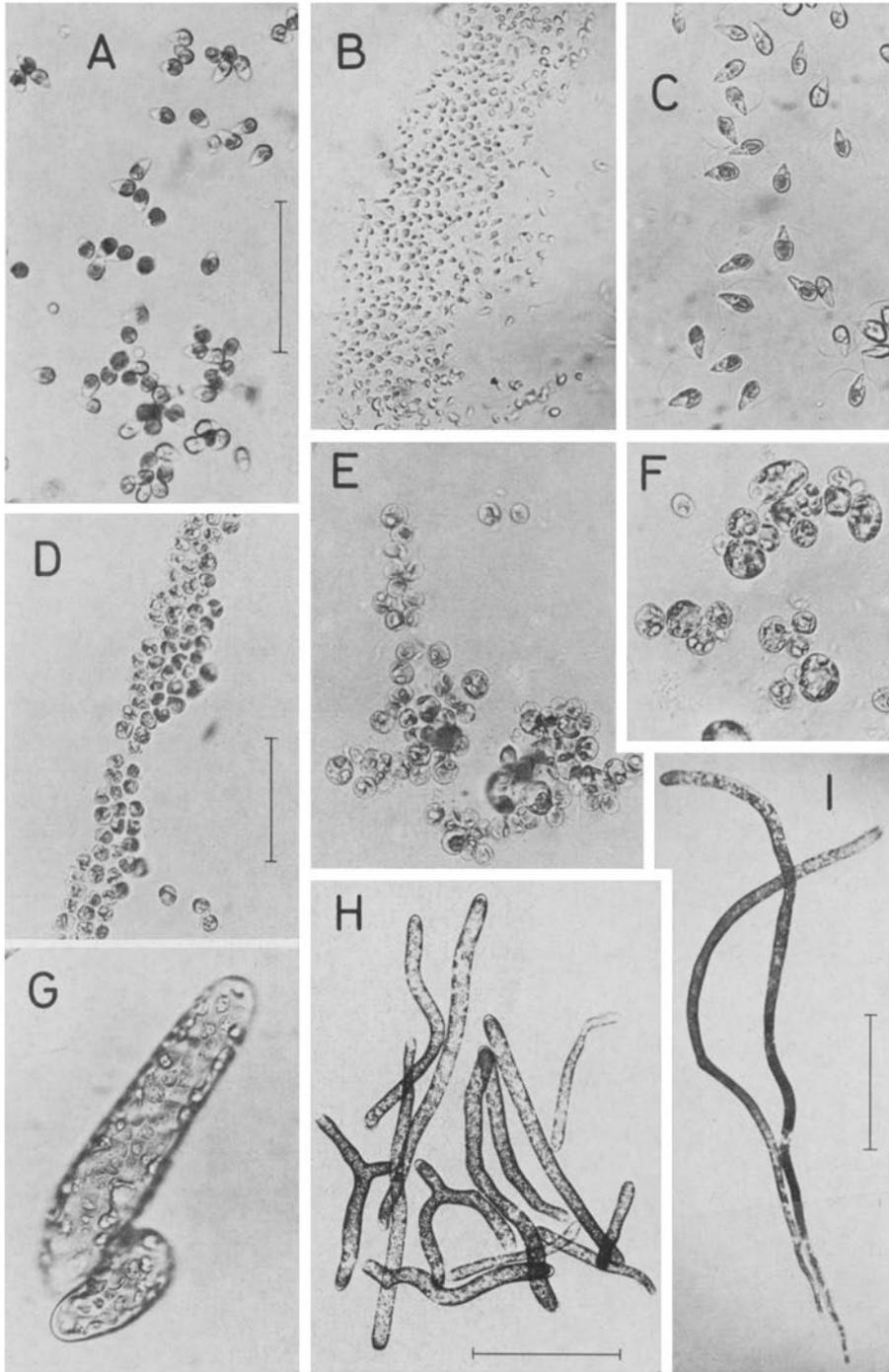


Abb. 4: *Bryopsis lyngbyei*. A, B Männliche und weibliche Gameten, lebend. C Zygoten, fixiert mit Osmiumdampf. D-G Zygotenkeimlinge im Alter von 3, 8, 13 und 22 Tagen. H, I Sporophyten, 5 und 11 Wochen alt. Maßstrecken: A-C = 50 μ m; D-G = 50 μ m; H = 0,5 mm; I = 1 mm

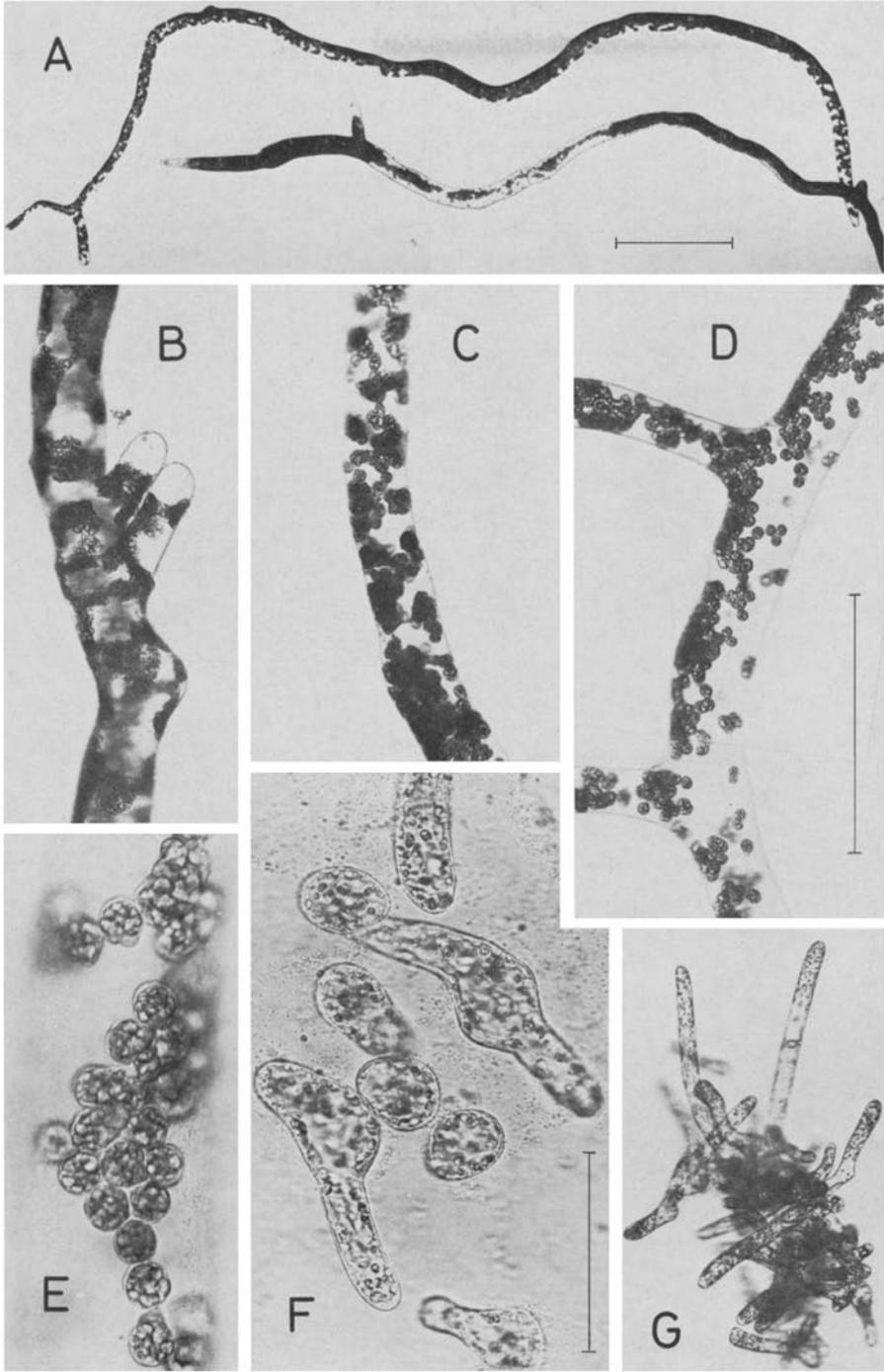


Abb. 5: *Bryopsis lyngbyei*. Reifende Sporophyten, knapp 4 Monate alt. B-E Stadien der Zoosporenbildung. F Etwa 1 Woche alte Zoosporenkeimlinge. G Junge Gametophyten. Maßstrecken: A = 1 mm; B-D und G = 500 µm; E, F = 100 µm

Neapel und Banyuls wächst ein Teil der Protonemata direkt zu aufrechten Gametophyten aus, während *Bryopsis plumosa* und *B. hypnoides* von Zeeland sich nur direkt entwickeln (RIETEMA, 1970, 1971). Auch *Bryopsis hypnoides* von Helgoland folgt diesem Typus (NEUMANN, 1969), der nach RIETEMA für die nördlichen Herkünfte dieser beiden Arten charakteristisch ist.

Zum Nachweis der Spezifität von *Bryopsis lyngbyei* wurden Kreuzungsversuche mit den von RIETEMA isolierten *plumosa*-Stämmen aus Roscoff, Anglesey und Neapel sowie mit *Bryopsis plumosa/hypnoides* von Helgoland durchgeführt. In keinem Falle wurden Zygoten erhalten. Andererseits aber bastardierten alle *plumosa*-Stämme mit *Bryopsis plumosa/hypnoides* von Helgoland. Eine Interpretation dieses Ergebnisses liegt nicht mehr im Rahmen dieser Untersuchung; es sei aber darauf hingewiesen, daß die Anordnung der Fiederchen kein absolutes Merkmal ist (vgl. p. 219).

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die bisher in der Algenflora Helgolands als *Bryopsis plumosa* (HUDS.) C. Ag. geführte Art wurde als *Bryopsis lyngbyei* HORNEMANN erkannt.
2. Der Umriss der dicht zweizeilig gefiederten Art ist einer Vogelfeder ähnlich. *Bryopsis lyngbyei* ist diözisch; ihr Lebenszyklus schließt ein fadenförmiges Sporophytenstadium ein, das nur stephanokonte Zoosporen erzeugt.
3. Die negativen Kreuzungsversuche mit Herkünften von *Bryopsis plumosa* europäischer Küstenabschnitte erweisen die Selbständigkeit von *Bryopsis lyngbyei*.

Danksagung. Ganz besonderer Dank gilt Herrn J. B. HANSEN vom Botanischen Museum der Universität Kopenhagen für die freundliche Überlassung des Originalmaterials von *Bryopsis lyngbyei*. Herr H. RIETEMA, Groningen, war so liebenswürdig, uns seine Stämme von *Bryopsis plumosa* für Kreuzungsversuche zu überlassen. Herrn M. JANKE verdanken wir viele Plankton-Proben, aus denen Fragmente von *Bryopsis* isoliert und kultiviert werden konnten.

ZITIERTE LITERATUR

- AGARDH, C. A., 1822. Species algarum. Lund, 1 (2).
- HORNEMANN, J. W., 1818. Icones plantarum sponte nascentium in regno Daniae, et in ducatibus Slesvici, Holsatiae et Lauenburgiae ad illustrandum opus de iisdem plantis, regio iussu exarandum, Florae Danicae nomine inscriptum. Kopenhagen, 9 (27).
- JÓNSSON, S., 1963. Nýjung í saeflóru Islands (*Bryopsis plumosa* [HUDSON] C. Ag. trouvé sur les côtes d'Islande). Náttúrufr. 33, 204–213.
- KUCKUCK, P., 1894. Bemerkungen zur marinen Algenvegetation von Helgoland. Wiss. Meeresunters. N.F. (Helgoland) 1, 225–263.
- NEUMANN, K., 1969. Protonema mit Riesenkern bei der siphonalen Grünalge *Bryopsis hypnoides* und weitere cytologische Befunde. Helgoländer wiss. Meeresunters. 19, 45–57.
- RIETEMA, H., 1969. A new type of life-history in *Bryopsis*. Acta bot. neerl. 18, 615–619.
- 1970. Life-histories of *Bryopsis plumosa* from European coasts. Acta bot. neerl. 19, 859–866.
- 1971. Life-history studies in the genus *Bryopsis* (Chlorophyceae) IV. Life-histories in *Bryopsis hypnoides* LAMX. from different points along the European coasts. Acta bot. neerl. 20, 291–298.

SCHMIDT, O. C., 1935. Neue oder bemerkenswerte Meeresalgen aus Helgoland I. *Hedwigia* **75**, 150–158.

WRIGHT, E. P., 1877. On a new species of parasitic green algae belonging to the genus *Chlorochytrium* of COHN. *Trans. R. Ir. Acad.* **26**, 355–368.

Anschrift des erstgenannten Autors: Dr. Dr. h. c. P. KORNMANN
Biologische Anstalt Helgoland (Meeresstation)
D-2192 Helgoland
Bundesrepublik Deutschland