

Der Lebenszyklus von *Acrosiphonia arcta*

PETER KORNMANN

Biologische Anstalt Helgoland, Meeresstation Helgoland

ABSTRACT: The life-cycle of *Acrosiphonia arcta*. By use of cultures the alternation of four isomorphic sexually propagating generations of *Acrosiphonia arcta* was proved. On the basis of JÓNSSON's descriptions and figures, his statement concerning a heteromorphous cycle is interpreted as referring to a combination of the normal development of the filamentous *Acrosiphonia arcta* and the unicellular sporophytic stage of a member of the Ulotrachelés.

EINLEITUNG

Über die Entwicklung von *Acrosiphonia arcta* besteht nach JÓNSSON'S und meinen Untersuchungen keine Übereinstimmung. JÓNSSON (1962) sieht *Codiolum petrocelidis* als Sporophyten von *Acrosiphonia arcta* an. Beide Generationen sollen sich auch selbständig entwickeln können: der Gametophyt durch Parthenogenese, der Sporophyt durch direkte Entwicklung seiner Zoosporen. Einen objektiven Beweis für diese Befunde – etwa durch die lückenlose Beobachtung des Entwicklungsablaufes im Kultur-experiment – konnte JÓNSSON nicht erbringen. Die aus *Codiolum petrocelidis* erzielte Generation wurde nicht fertil. Ebenso kamen die aus *Acrosiphonia arcta* erhaltenen Nachkommenschaften – Sporophyten aus Zygoten bzw. parthenogenetisch entstandene Gametophyten – nicht zur Reife.

Ich habe 1961 nachgewiesen, daß *Codiolum petrocelidis* von Helgoland in den Lebenszyklus von *Spongomorpha lanosa* gehört. Diese Tatsache wurde inzwischen durch umfangreiche Nachprüfungen im lückenlosen Kulturexperiment bestätigt. Die Endophyten vom typischen Fundort gehören also mit Sicherheit in diesen Zyklus; möglicherweise ist aber der Endophyt von Roscoff damit nicht identisch.

Über die Entwicklung von *Acrosiphonia arcta* habe ich 1962 berichtet. Es wurde eine Aufeinanderfolge isomorpher Generationen festgestellt, niemals trat in den Kulturen ein *Codiolum*-Stadium auf. Dieses Ergebnis wird jetzt bestätigt: von September 1963 bis Mai 1964 reihten sich vier Geschlechtsgenerationen von *Acrosiphonia arcta* aneinander. Das Versuchsmaterial stammte aus meinen Kulturen von 1961.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Da meiner früheren Untersuchung keine Abbildungen über die Entwicklung beigegeben waren, hole ich sie hier nach. *Acrosiphonia arcta* entwickelt sich aus Zygoten.

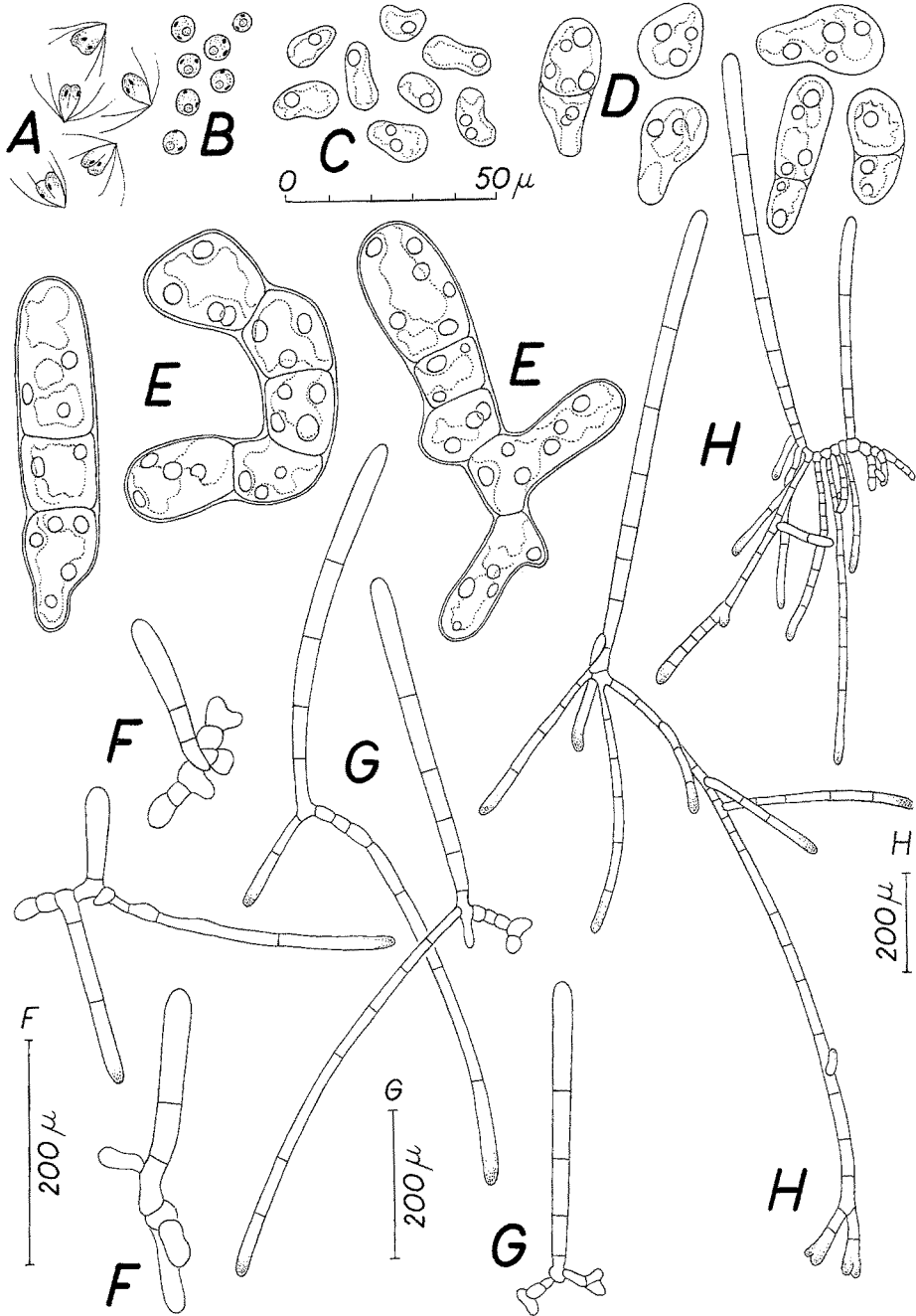


Abb. 1: *Acrosiphonia arcta*. Zygoten (A) und deren Entwicklung bis zum Alter von 19 Tagen (H); B abgerundete Zygoten nach einem Tag; C-G wurden am 3., 5., 8., 11. und 14. Tage gezeichnet

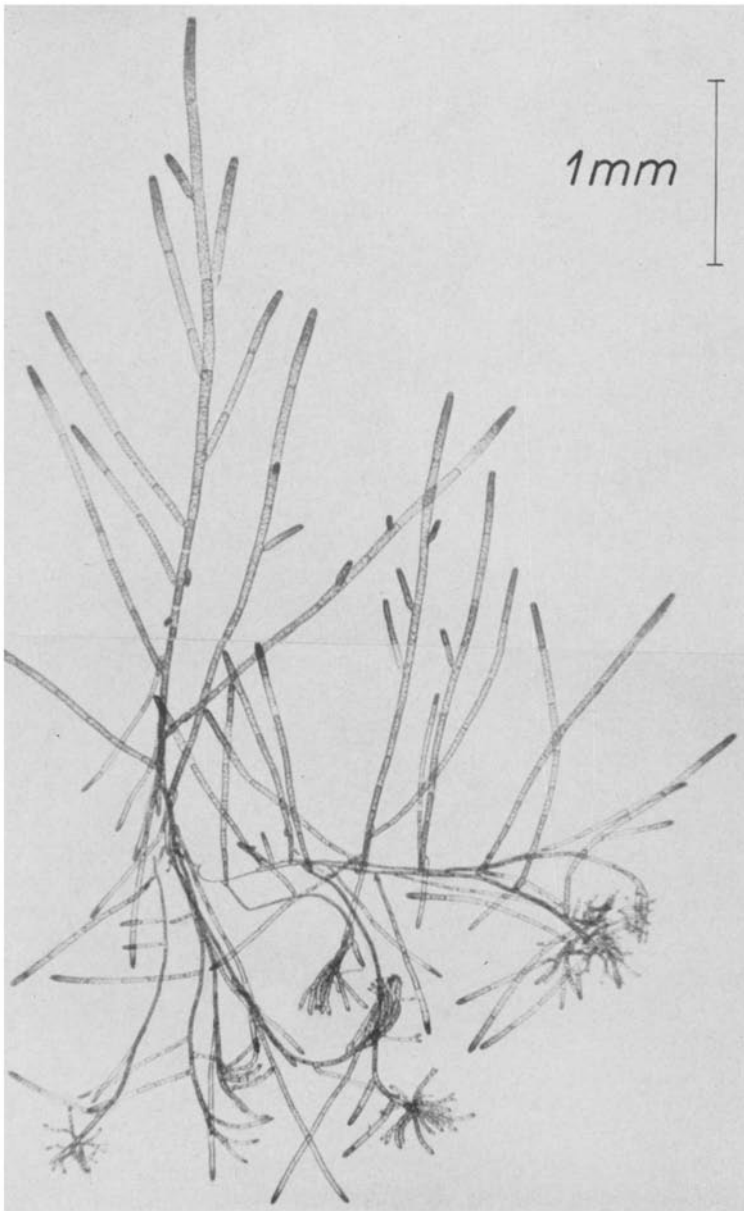


Abb. 2: *Acrosiphonia arcta*. Eine 29 Tage alte Einzelpflanze

Unverschmolzene Gameten kommen nicht zur Keimung, sondern sie gehen zugrunde. Ich habe dies 1962 bereits ausführlich mitgeteilt und die Versuche im Frühjahr 1964 mit gleichem Ergebnis wiederholt. Auf welchen Ursachen die häufig beobachtete ge-

ringe Tendenz der Gameten beruht, sich zu vereinigen, kann ich nicht erklären. Wie im natürlichen Material war auch in meinen Kulturen das Verhalten der Gameten in dieser Hinsicht nicht einheitlich. Wenn ältere, bereits weitgehend entleerte Pflanzen nach einem Wechsel der Nährlösung nochmals zur Reife gebracht wurden, so verschmolz nur ein geringer Teil der Gameten. Dagegen kopulierten die Gameten gerade fertil gewordener Pflanzen so reichlich, daß die negativ phototaktische Ansammlung fast ausschließlich aus Zygoten bestand. Mit solchem Ausgangsmaterial legte ich meine Kulturen an (Erdschreiberlösung, 15° C, täglich 14 Stunden Licht einer Leuchtstofflampe in etwa 40 cm Entfernung).

Am Tage nach dem Festsetzen zeigen die Zygoten noch die beiden Augenpunkte (Abb. 1 B). Die Keimlinge vergrößern ihr Volumen erheblich und strecken sich etwas in die Länge; im Alter von 5 Tagen sind bereits zweizellige Stadien vorhanden. 8 Tage alte Keimlinge lassen im allgemeinen noch keine Differenzierung erkennen. An 11 Tage alten Stadien haben sich der junge aufrechte Sproß und das niederliegende System herausgebildet (Abb. 1 F). Die rasch fortschreitende Entwicklung zeigen die Abbildungen bei G und H, in denen 14 beziehungsweise 19 Tage alte Pflänzchen dargestellt sind. In diesem Stadium isolierte Pflanzen wuchsen in weiteren 10 Tagen zu dem in Abbildung 2 dargestellten, etwa 5 mm hohen Büschel heran. Der älteste aufrechte Faden trägt außer den Seitenzweigen schon abwärts gerichtete Rhizoiden. Zahlreiche aufrechte Fäden sind aus den Rhizomen ausgesproßt, die sich auf der Unterlage zu scheibenartigen Lagern ausbreiten und damit das Büschel verankern. Die kräftig wachsenden Fäden haben die charakteristischen langgestreckten Endzellen mit abgerundeter Kuppe.

Sechs Wochen alte Einzelpflanzen sind etwa 1,5 cm hoch, sie werden aber bei 15° C nicht fertil. Um die Fertilisierung einzuleiten, werden die Pflanzen in frische Nährlösung übertragen und bei 5° C weiterkultiviert. In diesem Falle erfolgt keine weitere Verlängerung der Fäden, vielmehr werden nach 8 bis 12 Tagen die für das vegetative Wachstum charakteristischen abgerundeten Fadenenden spitz. In diesem Stadium gewahrt man Anzeichen einer beginnenden Fertilisierung (Abb. 3 A). Eine Woche später sind dann die Pflanzen reich fertil; das in Abbildung 3 B dargestellte Zweigstück unterscheidet sich kaum von natürlich gewachsenem Material. Einige Tage später beginnen aus einzelnen nicht fertil gewordenen Zellen der spitzten Zweige vegetative Fäden mit abgerundeter Endzelle oder Rhizoiden auszusprossen, ganz wie dies auch unter natürlichen Bedingungen geschieht (Abb. 3 C).

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die hier beschriebenen entwicklungsphysiologischen Zusammenhänge erst nach umfangreichen Versuchen geklärt werden konnten. Die Fertilisierung der Pflanze ist nicht unbedingt an eine Änderung ihres Wachstumsmodus gebunden, jedoch führt das geschilderte Verfahren mit Sicherheit zur raschen Gametenbildung. Man kann *Acrosiphonia arcta* auch während längerer Zeit bei 5° C in vegetativem Zustand kultivieren. Solche Pflanzen werden auch gelegentlich fertil ohne vorherige Zuspitzung der Fadenenden. Eine nähere Analyse dieser Erscheinungen war nicht beabsichtigt.

Ich habe bereits erwähnt, daß vier geschlechtlich sich vermehrende, gleichartige Generationen aufeinander folgten. Auf dieser Grundlage möchte ich zu JÓNSSONS andersartigem Ergebnis Stellung nehmen. Wie sich aus JÓNSSONS Beschreibungen und

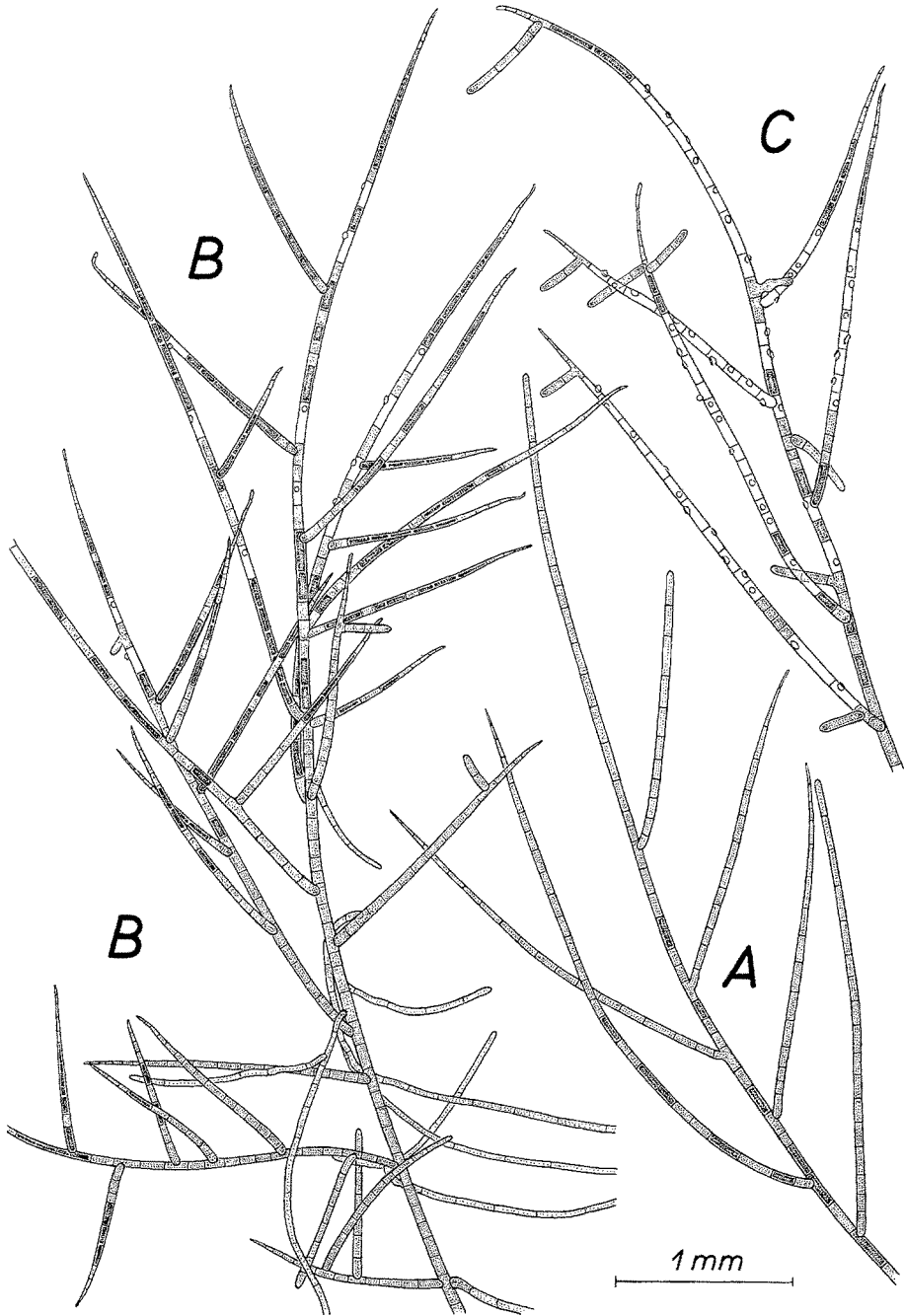


Abb. 3: *Acrosiphonia arcta* aus Kulturen. A Beginnende Fertilisierung; B Zweigstück einer reifen Pflanze; C Regeneration vegetativer Fäden und Rhizoiden aus einzelnen nicht fertil gewordenen Zellen

Abbildungen ganz zwanglos entnehmen läßt, beruht seine Vorstellung eines heteromorphen Generationswechsels bei *Acrosiphonia arcta* auf der Verflechtung zweier Irrtümer:

1. JÓNSSONS als parthenogenetische Entwicklung dargestellte Phase (1962, Fig. 41, 1) stimmt völlig mit meinen Beobachtungen über die Entwicklung der Zygoten überein. Die Einkernigkeit der bei *a* und *b* gezeichneten Stadien bestätigt sogar die

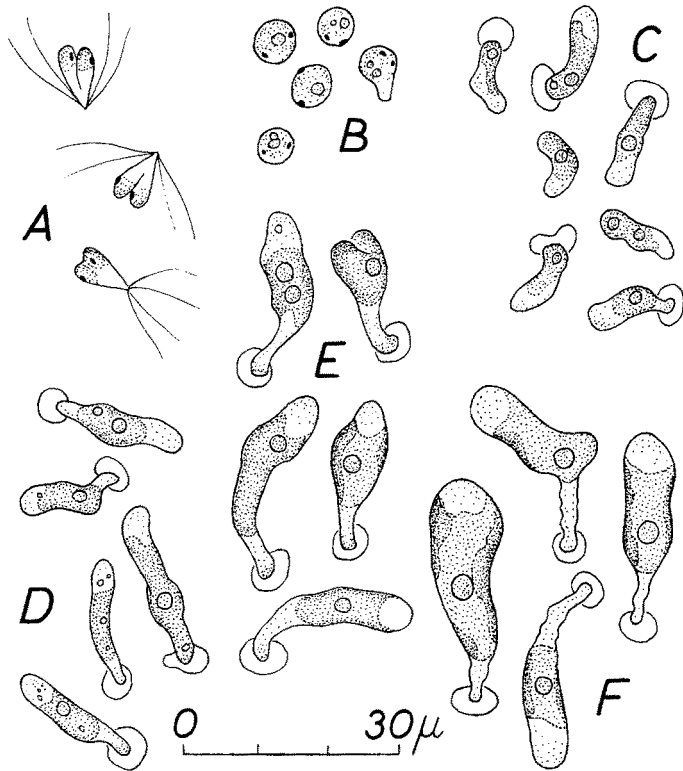


Abb. 4: Sporophytenentwicklung einer diözischen *Ulothrix*-Art. *A, B* Kopulanten und abgerundete Zygoten; *C–F* Stadien im Alter von 2, 3, 5 und 7 Tagen

Kernverschmelzung und widerlegt seine Hypothese einer plasmogamen Parthenogenese (JÓNSSON 1964).

2. Es kann kein Zweifel mehr darüber bestehen, daß die in JÓNSSONS Abbildung 41, 2 dargestellte Zygotenentwicklung nicht in den Lebenszyklus von *Acrosiphonia arcta* gehört. Ganz ähnliche Entwicklungsstadien habe ich aus den Zygoten einer diözischen *Ulothrix*-Art erhalten (Abb. 4). Ein Vergleich der einander entsprechenden Altersstufen zeigt eine weitgehende Übereinstimmung in Größe und Form. Auch das scheibenartige Haftorgan des jungen Sporophyten – von JÓNSSON als Embryosporenhülle gedeutet – fehlt nicht. Entsprechende Stadien entstehen auch aus den Zygoten von *Ulothrix subflaccida* (KORNMAN 1964).

JÓNSSON versuchte 1963 die Befunde meiner Untersuchungen im Sinne seiner Ergebnisse zu interpretieren; ich werde darauf in einer Studie zur Biologie von *Spongomorpha aeruginosa* noch näher eingehen. 1964 veröffentlichte JÓNSSON Beobachtungen über eine bei Algen bisher unbekannte Vermehrungsweise, die plasmogame Parthenogenese. Nach seinen an *Acrosiphonia incurva* durchgeführten Versuchen kopulieren zwar die Gameten, es kommt aber nicht zur Verschmelzung der Kerne, die sich bei der ersten Teilung auf die beiden Zellen verteilen. Der entstehende Faden wäre daher haploid. Aus wirklichen Zygoten mit diploidem Kern soll dagegen ein einzelliges Sporophytenstadium entstehen. JÓNSSON hält es für wahrscheinlich, daß meine aus Kopulanten hervorgegangenen Helgoländer *Acrosiphonia*-Pflanzen ihre Entstehung plasmogamer Parthenogenese verdanken.

JÓNSSON stützt seine Hypothese einer plasmogamen Parthenogenese auf den Nachweis, daß 7 Tage alte „Scheinzygoten“ von *Acrosiphonia incurva* (die aber zum Teil noch Spuren der Augenflecke erkennen lassen!), ebenso wie die 20 Tage alten, erst einzelligen Stadien zwei Kerne enthalten. Ein 13 Tage altes „parthenogenetisches“ Stadium von *Acrosiphonia spinescens* zeigt aber den einzigen Kern der Zelle gerade in Teilung (JÓNSSON 1962, Fig. 41, 1 b). Gleiche Verhältnisse bei beiden Formen vorausgesetzt, die nach JÓNSSON einander sehr nahe stehen, würde sich diese Kernteilung ganz zwanglos in die in seinen Kulturen nur sehr langsam verlaufende Entwicklung des fädigen *Acrosiphonia*-Keimlings einfügen. Ich habe bei meinem Objekt die karyologischen Vorgänge nicht untersucht; aus den Befunden der unmittelbaren Beobachtung – der viermaligen Aufeinanderfolge geschlechtlicher Einzelpflanzen und dem Fehlen eines Codiolum-Stadiums – möchte ich aber schließen, daß *Acrosiphonia arcta* ein monözischer Diplont ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach viermaliger Folge isomorpher Geschlechtsgenerationen muß *Acrosiphonia arcta* als monözischer Diplont angesehen werden. Der einzellige Sporophyt in JÓNSSONS Kulturen, der ihn auf einen heteromorphen Generationswechsel schließen ließ, gehört nicht in den Lebenszyklus von *Acrosiphonia arcta*.

Die Zeichnungen fertigte mein technischer Assistent, Herr Paul-Heinz SAHLING, dem ich für seine sachkundige Hilfe bestens danke.

ZITIERTE LITERATUR

- JÓNSSON, S., 1962. Recherches sur des Cladophoracées marines (structure, reproduction, cycles comparés, conséquences systématiques). *Annls Sci. nat. (Bot.)*, Ser. 12, 3, 25–230.
 — 1963. Sur quelques variations du cycle de développement dans la famille des Acrosiphoniacées. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris* 256, 5187–5189.

- 1964. Nouveau type de parthénogenèse haploïde chez les algues: la parthénogenèse plasmogamique. *Ibid.* **258**, 2145–2149.
- KORNMANN, P., 1961. Über *Spongomorpha lanosa* und ihre Sporophytenformen. *Helgol. Wiss. Meeresunters.* **7**, 195–205.
- 1962. Eine Revision der Gattung *Acrosiphonia*. *Ibid.* **8**, 219–242.
- 1964. Die *Ulothrix*-Arten von Helgoland. I. *Ibid.* **11**, 27–38.