

Über freilebende Spironemaceen.

Von

Dr. J. Groß (Neapel).

Mit Tafel 6.

Einleitung.

In meiner im vorhergehenden Hefte der Mittheilungen erschienenen Arbeit »*Cristispira* nov. gen.« (1910) habe ich gezeigt, dass das Genus *Spirochaeta* Ehrbg. in seinem bisherigen Umfange nicht aufrecht erhalten werden kann, sondern auf die beiden freilebenden Species *plicatilis* und *gigantea* beschränkt werden muss, während für die parasitischen Formen mindestens 2 neue Genera aufgestellt werden müssen, für die ich die Namen *Cristispira* (sog. Muschelspirochaeten) und *Spironema* VUILLEMIN (sog. pathogene Spirochaeten und nächste Verwandte) vorschlug, und die ich in der neuen Familie Spironemaceae vereinigte. Als meine Arbeit noch im Druck war, erschien eine Mittheilung von M. ZUELZER (1910), die eine willkommene Ergänzung meiner Untersuchungen bildet. Hatte ich schon aus den Studien der Literatur, besonders der Arbeiten von BÜTSCHLI (1890, 1896, 1902) den Eindruck gewonnen, dass als charakteristische Structuren von *Sp. plicatilis*, dem Typus der Gattung, der fadenförmige Centralkörper und die ihm aufgelagerten »rothen Körnchen« betrachtet werden müssen, so kommt ZUELZER nach eigenem Studium des seit langem nicht mehr eingehend untersuchten Organismus zu dem fast gleichlautenden, nur noch schärfer präcisirten Resultat, dass für die Zugehörigkeit zum Genus *Spirochaeta* folgende Eigenschaften gefordert werden müssen: spiraliger Körper, Achsenfaden (= Centralkörper BÜTSCHLI's), regelmäßig in den Spiralen liegende, mit Kernfarbstoffen sich lebhaft tingirende Körner und Löslichkeit in Trypsin. ZUELZER's Untersuchungen über *Spirochaeta* sprechen also ebenso wie die meinigen über die

Spiromaceen gegen die bisher allgemein angenommene enge Verwandtschaft der beiden Gruppen.

Soviel bis jetzt bekannt war, enthielt die neue Familie der Spiromaceen also ausschließlich parasitische Formen und zeigte einstweilen keinerlei nähere Beziehungen zu irgend welchen frei lebenden Organismen. Einige Monate nach Abschluss meiner genannten Arbeit habe ich nun aber in einer Foraminiferencultur, die einige Tage unbedeckt gestanden hatte, Organismen gefunden, die unbedingt in die gleiche Familie gehören, wie *Cristispira* und *Spiromema*. Ich habe sie einige Wochen durch halten und ihre Structur- und Fortpflanzungsverhältnisse wenigstens so weit untersuchen können, als für die Bestimmung ihrer systematischen Stellung nöthig ist. Es zeigte sich bald, dass die von mir aufgefundenen freilebenden Spiromaceen in keine der beiden bisherigen Genera eingereiht werden können. Ich stelle für sie als für die ersten bekannt gewordenen nicht parasitisch, sondern saprophytisch lebenden Angehörigen der Familie, das neue Genus *Saprospira* auf und schlage für die beiden im Nachfolgenden zu beschreibenden, jedenfalls nah verwandten, aber hinreichend verschiedenen Arten die Namen *Saprospira grandis* und *S. nana* vor.

Ihrer Besprechung schicke ich einige Bemerkungen über die angewandte Technik voraus. Das Material für die Dauerpräparate verschaffte ich mir in sehr einfacher Weise, indem ich Deckgläser über Nacht auf der Oberfläche der Culturen schwimmen ließ. Am nächsten Morgen erwiesen diese sich dann regelmäßig, je nach der Beschaffenheit der Cultur mehr oder weniger reich, mit Saprospiren besetzt. Und zwar haften diese offenbar stark klebrigen Organismen so fest an dem Glase, dass man sie in reichlicher Menge fixiren kann, indem man die Deckgläser mit der beschickten Seite nach unten auf der Fixirungsflüssigkeit schwimmen lässt. Auch beim darauf folgenden Auswaschen, Färben und Entwässern der Präparate gehen so gut wie keine Objekte verloren. Diese starke Adhäsion der Saprospiren ermöglicht es, in denkbar einfachster Weise Dauerpräparate auf nassem Wege herzustellen. Ich habe daher auf die für ähnliche Organismen bisher so häufig angewandte, aber höchst unvollkommene Trockenmethode ganz verzichtet. Als Fixirungsmittel habe ich die besten Resultate, ebenso wie bei meinen Untersuchungen über *Cristispira* wieder mit starker FLEMMINGScher Lösung erhalten, und diese daher fast ausschließlich angewandt. Gefärbt habe ich mein gesamtes Material nach HEIDENHAIN, da GIEMSA'S Eosin-Azur und einige andere Farbstoffe sich als wenig geeignet erwiesen.



Saprospira grandis.

Diese größere der beiden untersuchten Arten war zugleich die erste, die zur Beobachtung gelangte. Ich fand sie in einem Gefäß mit Foraminiferensand, der vom Scoglio Vervece in der Nähe von Sorrento stammte. In den mit diesem Material angelegten Culturen nahmen die Saprospiren bald stark zu und ich konnte sie 8 Tage lang beobachten. Versuche durch Impfung von frischem Seewasser neue Culturen anzulegen, misslangen. Dagegen fand ich 2 Wochen später dieselbe Species in Foraminiferensand von Neapel. Auch die neuen Culturen hielten sich nicht länger als eine Woche.

Der farblose fadenförmige, spiralgewundene Körper von *S. grandis* kann von sehr verschiedener Länge sein. Die längsten gemessenen Individuen waren bis 100 Micra lang, die kürzesten bloß 6. Die Länge des ganzen Fadens ist also als systematischer Charakter gänzlich unbrauchbar. Recht constant und daher wohl auch systematisch verwertbar ist dagegen die Länge der einzelnen Windung. Diese beträgt von einem »Wellenberge« bis zum nächsten 6—6,5 Micra. Demgemäß weisen die längsten beobachteten Individuen 15 Windungen auf, die kürzesten nur eine. Natürlich hängt diese auffallende Variabilität in der Länge mit Theilungsvorgängen zusammen, die ich weiter unten ausführlich besprechen werde. Der Querdurchmesser des Körpers beträgt 0,8 Micra.

Die Windungen der Körperspirale sind recht eng und steil. So erscheinen sie aber nur bei Beobachtung im Leben. Auf Dauerpräparaten erscheint die Spirale meist viel lockerer. Nur selten, wie z. B. an dem einen Ende von Fig. 1, bewahren die Windungen ihre natürliche steile Form, gewöhnlich erscheinen sie auch bei guter Fixirung so flach wie auf Fig. 2. Auf Präparaten, die mit Sublimat oder Picrinessigsäure fixirt sind, streckt sich die Spirale sogar zu einer fast geraden Linie. Offenbar töten die genannten Flüssigkeiten die Saprospiren nicht so schnell ab wie FLEMMING's Gemisch. Ich habe daher ihre Verwendung nach einigen Versuchen bald ganz aufgegeben.

Wie der optische Querschnitt erkennen lässt, ist der Körper von *S. grandis* drehrund. Ihre Bewegungen sind wenig ausgiebig. Sie bestehen in langsamem Drehen um die Körperachse, in seitlichen Krümmungen und in langsamem Vor- und Rückwärtsgleiten, ähnlich jenem der Oscillatorien. Alle Bewegungen sind sehr langsam und lassen sich nicht entfernt mit den rapiden und kräftigen Bewegungen der Cristispiren und Spironemen vergleichen.

Schon die Beobachtung lebenden Materials zeigt, dass der Körper von *S. grandis* durch zahlreiche Querwände in eine Reihe hinter einander liegender Kammern gegliedert ist. Deutlicher lässt sich das natürlich auf gefärbten Dauerpräparaten erkennen und man kann durch Heben und Senken des Tubus mit Sicherheit feststellen, dass es sich in der That um Querwände und nicht etwa um dem Plasma eingelagerte quere Stäbchen handelt. Die Zahl der Wände ist ziemlich wechselnd; im Durchschnitt kommen 3—4 auf eine Windung. Das Zählen der Wände wird dadurch erschwert, dass sie offenbar in beständiger Vermehrung begriffen sind. Ein Blick auf die Figuren zeigt, dass namentlich in besonders großen Kammern zwischen den dunklen, fast schwarz erscheinenden, sehr scharf markirten Wänden, hellere, undeutlichere, oft bedeutend breitere Streifen liegen. Zuweilen sind diese Streifen auch nicht vollständig, sondern durchqueren die Kammer nur zum Theil. In manchen Fällen enthält eine Kammer statt einer halben Querwand auch nur einen ihre Mitte einnehmenden rundlichen Fleck (Fig. 8), der, namentlich wenn benachbarte Kammern Ähnliches aufweisen, den Anschein eines Kerns erwecken kann. Ein sorgfältiges Studium der Präparate ergibt, dass die genannten Erscheinungen nur als Theilungsvorgänge an den einzelnen Kammern erklärt werden können. Bei Bildung einer neuen Scheidewand erscheint ungefähr in der Mitte der Kammer erst eine breite undeutliche quere Verdunkelung (Fig. 2a), bald hebt sie sich schärfer ab, und in ihr tritt eine dunkle Linie auf (Fig. 2b u. c), die an Dicke rasch zunimmt und die Kammer in 2 Tochterkammern theilt. Die Theilung der Kammern geht continuirlich am ganzen Körper der *Saprospira* vor sich und ist nicht etwa, wie man annehmen könnte, auf die Enden beschränkt. Auf die principielle Bedeutung dieser Vorgänge komme ich weiter unten noch zu sprechen.

Den Polkappen der Cristispiren ähnliche Gebilde finden sich auch bei *S. grandis*, bald an beiden Enden (Fig. 6, 8, 11), bald nur an einem (Fig. 1, 2), oder sie können auch ganz fehlen.

Über die Fortpflanzung von *S. grandis* kann ich leider nur unvollständige Ergebnisse mittheilen. Beobachtete ich eine Saprospirencultur und sah wie die Zahl der Individuen zunahm, so dass in wenigen Tagen das Wasser ganz erfüllt erschien von zahllosen, zum Theil große sternförmige Ansammlungen bildenden Saprospiren, so wurde ich jedes Mal an den Verlauf einer Hühnerspironemose erinnert, bei der die Vermehrung der Bacterien ungefähr im selben Maßstabe und im selben Tempo fortschreitet. Es kann daher keinem Zweifel unter-

liegen, dass auch *S. grandis* in beständiger Zunahme durch Theilung begriffen ist. Während man aber bei *Spironema gallinarum* auf allen Stadien der Krankheit bis zum Eintritt der Krise stets Gelegenheit hat, zahlreiche Theilungsstadien zu beobachten, ist das bei *S. grandis* keineswegs der Fall. In allen von mir untersuchten Culturen fand ich in den ersten Tagen nach dem Auftreten der Saprospiren niemals Anzeichen von Theilung, weder bei Untersuchung frischen Materials, noch auf Dauerpräparaten. Und doch waren die Saprophyten in starker Vermehrung begriffen. Das beweist, dass die Theilungen sehr schnell und in sehr wenig auffälliger Weise ablaufen müssen. Da die Dicke der Individuen recht constant ist, ihre Länge dagegen sehr wechselnd, so ist es von vornherein wahrscheinlich, dass *S. grandis*, wie übrigens ja alle lang gestreckten Bacterien und ähnlichen Organismen, sich quer theilt. Dafür spricht wohl auch, dass in jungen Culturen sehr zahlreiche Individuen 7—8 Windungen aufweisen, also ungefähr die Hälfte der von uns beobachteten Höchstzahl. Das häufige Auftreten viel kürzerer Exemplare (Fig. 3) bis zu solchen von nur einer Windung (Fig. 4) zeigt aber, dass die Theilungen sich wiederholen können, bevor die Tochterindividuen wieder zur alten Länge herangewachsen sind.

Ich bemerke ausdrücklich, dass ich Individuen von sehr verschiedener Länge auch bei lebend untersuchten Saprospiren stets gefunden habe. Aber auch meine Dauerpräparate würden hinreichen, um die Vermehrung durch Theilung schon von dem 1. Tage des Auftretens an zu beweisen. Denn ein Zerreißen oder Zerbrechen der Spiralen in mehrere Stücke in Folge der Präparation ist bei meiner oben besprochenen Technik ausgeschlossen.

Und ich glaube auch über die Details des Theilungsmodus können wir nicht im Zweifel sein. Dass es sich nur um Quertheilung handeln kann, habe ich schon dargethan. Da nun, wie gesagt, die Theilung offenbar sehr schnell und unauffällig ablaufen muss, ist es wohl das Einfachste, anzunehmen, dass die Saprospiren einfach an den Grenzen benachbarter Kammern in 2 oder mehr Stücke zerfallen. Es wäre so die Ausbildung der Querwände gleichzeitig eine Vorbereitung zur Theilung.

Wenn die Vermehrung der Saprospiren ihrem Höhepunkt nahe gekommen ist, d. h. in 4—5 Tage alten Culturen beginnt nun aber noch ein anderer Theilungsmodus, dessen Verlauf ich wenigstens auf Dauerpräparaten direct beobachten konnte und der seinerseits wieder 2 Modificationen erkennen lässt. Zunächst fallen an manchen Exemplaren eine oder mehrere besonders helle bis farblose Kammern auf. Diese können

entweder die gleiche Dicke haben wie die übrigen Kammern (Fig. 5), oder aber sie sind deutlich dicker, so dass sie leicht über die Contouren des Spiralfadens vorgewölbt erscheinen (Fig. 6). Offenbar ist in diesen hellen Kammern der plasmatische Inhalt zu Grunde gegangen. Ich will sie daher vorläufig als »leere Kammern« bezeichnen. Sie deuten zugleich die präformirten Stellen für die bald einsetzende Quertheilung an, welche in etwas verschiedener Weise vor sich gehen kann, je nach der Beschaffenheit der leeren Kammern. Sind diese verdickt, so bricht die Saprospire einfach an einer ihrer Wände in 2 Stücke durch (Fig. 7).

Etwas anders und besser zu beobachten ist der Theilungsmodus in den übrigens weit häufigeren Fällen, wo die leeren Kammern dieselbe Dicke haben wie die übrigen. Bei solchen Exemplaren beginnt die Theilung mit einer leichten Einschnürung der leeren Kammer, deren Wände eigenthümliche Längsfalten erkennen lassen (Fig. 8). Allmählich schreitet die Einschnürung weiter fort bis die Theilung vollzogen ist (Figg. 9 u. 10). Natürlich erhält bei diesem Theilungsmodus jedes Tochterindividuum eine Hälfte der leeren Kammer.

Soweit meine Beobachtungen. Über ihre Deutung möchte ich hinzufügen, dass bei dem 2. der eben geschilderten Theilungsmodi die »Einschnürung« wahrscheinlich bloß scheinbar ist. Da die »Theilungskammern« offenbar wirklich leer, d. h. Membranen ohne lebendigen plasmatischen Inhalt sind, so ist wirkliche Einschnürung eigentlich nicht möglich. Der den Eindruck einer solchen hervorrufende Vorgang scheint mir vielmehr folgender zu sein. Die Saprospiren sind in beständiger drehender Bewegung; diese können nun aber die abgestorbenen leeren Kammern nicht activ mitmachen: wohl aber werden sie passiv mit- und schließlich mitten durchgedreht. Für die Richtigkeit dieser Deutung sprechen die zu Beginn der Theilung an den leeren Kammern auftretenden Längsfalten, wie sie Fig. 8 erkennen lässt. Auch die Figg. 9 u. 10 entsprechen durchaus meiner Auffassung.

Die Vermehrung von *S. grandis* erreicht ihren Höhepunkt in Culturen, die 7—8 Tage alt sind. Dann werden die Theilungen seltener, dafür setzt jetzt aber ein anderer Vorgang ein, der wohl ebenfalls mit der Fortpflanzung in Zusammenhang steht — die Bildung von Sporen. Unter den zahllosen Individuen solcher Culturen findet man anfangs vereinzelt, bald häufiger solche, an deren Körper sich einzelne Partien durch stärkere Färbbarkeit auszeichnen (Fig. 11). Untersucht man sie genauer, so zeigt sich, dass an den dunklen Stellen die Scheidewände zwischen den Kammern besonders dick erscheinen (Fig. 11a).

Höchst wahrscheinlich ist auch die dunkle Färbung der Kammern selbst nur die Folge einer Verdickung ihrer Membranen. Ferner erscheinen an den Grenzen benachbarter Kammern leichte Einschnürungen, als Andeutungen dafür, dass die betreffenden Kammern eine größere Selbständigkeit erworben haben. Auf etwas vorgeschrittenen Stadien schneiden die Einschnürungen vollkommen durch und zertheilen so den fadenförmigen Körper der *Saprospira* in eine der Zahl der Kammern entsprechende Anzahl von Sporen. Denn als solche werden wir die von einer starken Membran umhüllten Theilstücke doch wohl auffassen müssen.

Fig. 12 stellt eine *S. grandis* dar, bei der die Sporenbildung zum Ablauf gekommen ist. Bei Betrachtung der Figur fällt sofort auf, dass der Querdurchmesser der *Saprospira* durch die Sporenbildung bedeutend verkürzt ist. Sie erscheint jetzt so schlank, dass wir zweifeln könnten, ob wir es in ihr wirklich mit einem Individuum derselben Art zu thun haben. Dass das doch der Fall ist, beweist Fig. 13, welche eine *Saprospira* wiedergibt, bei der die Sporenbildung noch nicht vollendet, sondern das eine Ende noch ungetheilt ist. Der Vergleich der beiden Abbildungen muss, denke ich, jeden Beschauer überzeugen, dass auch Fig. 12 eine in Sporen zerfallene *S. grandis* darstellt. Offenbar geht bei der Sporenbildung gleichzeitig mit der Verdickung der Membran auch eine Condensirung des Inhalts der Spore und infolge dessen eine Verringerung ihres Volumens vor sich.

Fig. 13 zeigt noch ein weiteres nicht uninteressantes Detail. An mehreren Stellen fehlen die Sporen, doch sind die von ihnen früher eingenommenen Stücke des Saprospirenfadens noch als zwar hell, aber deutlich gefärbte Partien erkennbar. Ich habe ähnlich Exemplare, bei denen z. T. große Partien des Fadens frei von Sporen waren, auf meinen Präparaten stets in großer Zahl beobachten können. In manchen Fällen waren sogar sämtliche Sporen verloren gegangen, und es war nur noch ein gefärbter Streifen übrig, der die Gestalt der *Saprospira* mit all ihren Windungen noch deutlich erkennen ließ. Diese Beobachtungen zeigen, dass die Saprospiren offenbar wie so viele Bacterien eine klebrige Schleim- oder Gallerthülle haben. So erklärt sich auch leicht ihre starke Adhäsion an die Deckgläser, die es ermöglicht, sie wie aufgeklebte Schnitte allen Manipulationen des Fixirens, Färbens und Entwässerns zu unterziehen, ohne auch nur ein Exemplar zu verlieren. Vor dem Beginn der Sporenbildung habe ich nie Spuren abgelöster Saprospiren auf meinen Präparaten gefunden. Erst die fertigen Sporen haften weniger fest und gehen leicht verloren.

Die mit *a* bezeichneten Stellen in Fig. 12 lassen erkennen, dass auch in Theilung begriffene Kammern im stande sind, sich in Sporen umzubilden.

Leider habe ich über die Weiterentwicklung der Sporen keinerlei Beobachtungen machen können. Nach Analogie mit anderen Organismen werden wir aber wohl annehmen müssen, dass die Sporen, in günstige Entwicklungsbedingungen gebracht, zu Saprospirenfäden auswachsen, indem jede Spore, die ja einer Kammer des Fadens gleichwerthig ist, durch Theilung neue Kammern bildet.

Saprospira nana.

Die zweite von mir beobachtete *Saprospira* ist bedeutend kürzer und schlanker als *S. grandis*, ich habe für sie daher den Namen *S. nana* in Vorschlag gebracht. Die ersten Exemplare dieser Art traten einige Tage nach dem Erscheinen von *S. grandis* in demselben (Foraminiferensand von Vervece enthaltenden) Gefäß auf. In wenigen Tagen vermehrten sie sich so stark, dass sie an Zahl nicht mehr hinter *S. grandis* zurückstanden. Während aber die größere Species nach kurzer Frist zur Sporenbildung schritt und die Culturen »ausstarben«, hielt sich *S. nana* unter steter Vermehrung 3 Wochen lang. Auch gelang es mir durch Impfen von der Stammcultur aus, neue Culturen anzulegen, was mir, wie oben erwähnt, bei *S. grandis* nicht geglückt ist. In der zweiten Cultur der größeren Species trat dagegen *S. nana* nicht auf, ebensowenig in den von dieser aus angelegten Tochterculturen. Ich habe so von beiden Species »Reinculturen« gehabt, was nicht ganz unwichtig ist, da es beweist, dass ich es sicher mit 2 Arten zu thun hatte, und *S. nana* nicht etwa bloß eine kleinere Form von *S. grandis* ist.

Auch in den Culturen von *S. nana* traten, wenn die Vermehrung sich ihrem Höhepunkt näherte, dichte Anhäufungen mit einander verklebter Individuen auf. Während diese aber bei *S. grandis* unregelmäßig sternförmige Conglomerate bilden, legen sich bei der kleineren Art die Individuen hauptsächlich der Länge nach aneinander; es kommt so zu Bildung von dicken »Zöpfen«, die wieder auffallend an ähnliche Erscheinungen bei Spironemen erinnern. Man hat in der That den Eindruck, dass in den Saprospirenculturen ähnlich wie im Blut der an einer Spironemose erkrankten Hühner, nachdem die Vermehrung ihren Höhepunkt erreicht hat, eine »Krise« eintritt, während welcher die Lebensfähigkeit der Bacterien abnimmt und sie anfangen zu ag-

glomeriren. Doch wären specielle Untersuchungen, die ich nicht anstellen konnte, erforderlich, um festzustellen, ob die von mir skizzirte Parallele wirklich tiefer begründet, oder nur scheinbar ist.

Der Körper von *S. nana* ist farblos und spiralig gewunden wie der von *S. grandis*. Die längsten Individuen, die ich gemessen habe, hatten bei 16 Windungen eine Länge von 36 Micra. Die ebenso wie bei *S. grandis* recht constante Dicke beträgt in halbes Micon. Die einzelnen Windungen werden 2,25—3 Micra lang. Die Spirale ist recht locker gewunden und die Windungen sind wenig steil.

An frischem Material ist die Kammerung nicht zu erkennen. Das liegt nicht nur daran, dass *S. nana* beträchtlich kleiner und feiner ist als *S. grandis*, sondern, wie mir scheint, auch an einer bedeutenderen Dicke ihrer Membran. Denn auch auf gefärbten Dauerpräparaten erscheinen die Kammerwände bei Einstellung auf die Oberfläche der *Saprospira* undeutlich, und erst nach leisem Senken des Tubus zeichnen sie sich ebenso scharf ab, wie bei *S. grandis*.

Die einzelnen Kammern sind relativ bedeutend länger als bei *S. grandis*. Denn sie nehmen mindestens eine halbe Windung ein, erstrecken sich aber bisweilen auch auf eine ganze. Theilung von Kammern habe ich nicht wahrnehmen können. Das liegt aber wohl nur einerseits an der Feinheit der Objecte, andererseits an der Stärke ihrer Membranen. Polkappen habe ich mit Sicherheit nie feststellen können.

Auch bei *S. nana* habe ich lange vergeblich nach Vermehrungsstadien gesucht. Das hat aber wohl sicher wieder dieselben Gründe, die ich oben (p. 192) bei der Besprechung von *S. grandis* genannt habe. Denn auch bei *S. nana* finden sich schon in jungen Culturen zahlreiche kurze Saprosiren, die nur wenige, bis zu einer einzigen Kammer aufweisen (Fig. 16—18). Die Vermehrung durch Quertheilung muss hier schon frühzeitig sogar intensiver sein, als bei der größeren Species. Denn bei jener umfassten auch die kleinsten Theilstücke immer mehrere Kammern.

In älteren Culturen beginnt auch bei *S. nana* der oben für *S. grandis* geschilderte besondere Theilungsmodus. Auch bei *S. nana* finden sich dann die charakteristischen hellen Kammern, deren plasmatischer Inhalt offenbar zu Grunde gegangen ist (Fig. 19). Verdickt erscheinen sie allerdings nie. Die Vermehrung vermitteltst »leerer Kammern« verläuft also bei *S. nana* nur nach dem einen der beiden bei *S. grandis* beobachteten Typen. Dass der weitere Verlauf der Theilung im Übrigen derselbe ist wie bei der anderen Art, beweist ein Vergleich der Figuren 19—21 mit Figg. 8—10. Da die Kammern bei

S. nana verhältnismäßig lang sind, sieht man an frisch getheilten Individuen häufig an einem oder auch an beiden Enden die Reste der degenerirenden leeren Kammern als dünne Anhänge von beträchtlicher Länge (Fig. 21). Ob sie erhalten bleiben, oder resorbirt werden, konnte ich nicht mit Sicherheit feststellen. Wahrscheinlicher ist mir das letztere.

Irgendwelche Anzeichen von Sporenbildung habe ich bei *S. nana* nicht constatiren können.

Über die systematische Stellung der Saprospiren.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass das Genus *Saprospira* in die von mir in meiner vorigen Arbeit (1910) aufgestellte Familie der Spironemaceen gehört. *S. grandis* gleicht, abgesehen vom Mangel der Crista, so sehr den Cristispiren, dass an ihrer nahen Verwandtschaft mit diesen ein Zweifel nicht möglich ist. Sie hat denselben fadenförmigen, drehrunden, spiralig gewundenen, durch Querwände in Kammern gegliederten Körper. Und auch gewisse Details des Baues der Cristispiren, z. B. die Polkappen kehren bei *S. grandis* wieder. Auch bewegen sich beide in sehr ähnlicher Weise. Nur sind die Bewegungen der Cristispiren viel energischer und schneller, als bei *S. grandis*. Man könnte ganz gut die Cristispiren als Saprospiren auffassen, die von der saprophytischen zur parasitischen Lebensweise übergegangen sind. Da sie dabei in ein viel dichteres Medium — Krystallstiel von Muscheln — gelangten, mussten sie die Fähigkeit zu ausgiebigeren und kräftigeren Bewegungen erwerben und haben das durch Ausbildung der Crista gethan. Es wäre das eine interessante Parallele zu den Trypanosomen. Auch diese stammen von Formen ab, die in einem weniger dichten Medium lebten und sich vermittelt einer einfachen Geißel fortbewegten. Beim Übergang zum Blutparasitismus haben die Vorfahren der Trypanosomen dann durch Verlagerung der Blepharoplasten die undulierende Membran entwickelt. Indem die Geißel jetzt fast in ihrer ganzen Ausdehnung dem Körper entlang zieht und von diesem gestützt wird, ist sie natürlich viel besser zu ausgiebigen Bewegungen in einem dickflüssigen Serum befähigt, als wenn sie in ihrer ganzen Länge frei wäre wie bei den primitiveren Flagellaten.

Die Entwicklung der Trypanosomen aus leptomonasähnlichen Vorfahren durch ein Crithidiastadium hindurch ist durch zahlreiche Arbeiten der letzten Jahre in hohem Maße wahrscheinlich gemacht worden.

Für die Ableitung der Cristispiren von saprospiraähnlichen Vorfahren fehlen nur noch die nöthigen Beobachtungen. Mir scheint aber schon jetzt die Hypothese erlaubt, dass die Crista demselben Bedürfnis seine Entstehung verdankt, wie die undulierende Membran der Trypanosomen, ist doch ihre Funktion eine sehr ähnliche. Ja auch ihre Structur erschien dem Entdecker der Cristispiren CERTES (1882) so sehr der undulirenden Membran der Trypanosomen zu gleichen, dass er die von ihm untersuchte *Cristispira balbianii* unbedenklich als *Trypanosoma* ansprach. Und zahlreiche seiner Nachfolger haben noch bis vor kurzem die Crista als undulirende Membran bezeichnet, und der der Trypanosomen homolog gesetzt.

Ist demnach die Structur der Saprospiren hinreichend ähnlich jener der Cristispiren und Spironemen, um sie als Angehörige derselben Familie erscheinen zu lassen, so scheint die Art ihrer Fortpflanzung auf den ersten Blick gegen eine nähere Verwandtschaft mit den parasitischen Spironemaceen zu sprechen. Zwar vermehren sich, wie wir gesehen haben, auch die Saprospiren durch Quertheilung; während aber bei Cristispiren und Spironemen Zweitheilung vorherrscht, können die langen Saprospirafäden in eine größere Zahl von Theilstücken zerfallen. Das kann bei *S. nana* so weit gehen, dass Tochterindividuen resultiren, die nur aus einer Kammer bestehen.

Doch glaube ich, dass dieser Unterschied in der Vermehrungsweise nicht sehr wesentlich ist. Denn Zweitheilung kommt bei *Saprospira* ja ebenfalls vor. Wir haben hier einfach den in der Natur nicht seltenen Fall, dass in Bezug auf gewisse Vorgänge bei den niederen, weniger specialisirten Formen, als welche wir die Saprospiren im Vergleich mit den beiden anderen Genera ja zweifellos betrachten müssen, eine beträchtliche Mannigfaltigkeit herrscht, während bei ihren höher differenzierten Verwandten sich eine feste Norm herausgebildet hat. Außerdem ist auch bei *Spironema* die Zweitheilung noch nicht absolut fest fixirt, sondern es kommt auch noch, und zwar gar nicht selten, Mehrfachtheilung vor, so dass Ketten von 3—4 noch verbundenen Tochterindividuen gebildet werden.

Auch im Speciellen ist der Theilungsmodus von *Saprospira* verschieden von dem der anderen Spironemaceen; aber auch in dieser Hinsicht werden sich vielleicht Übergänge constatiren lassen. Wir sahen, dass bei beiden Saprospiren in älteren Kulturen ein besonderer Theilungsmodus auftritt, bei dem an der Theilungsstelle eine Kammer verödet. Solche »leere Kammern« kommen nun bei *Cristispira* sicher nicht vor. Wohl aber könnte es bei *Spironema* der Fall sein. JAFFÉ

(1907) bildet ein Exemplar von *Spironema culicis* (Taf. 3 Fig. 3), die ja durch ihre stumpfen Enden überhaupt etwas an Saprospiren erinnert, ab, bei dem sich ungefähr in der Körpermitte eine farblose Stelle findet, die ganz so aussieht, als ob hier der plasmatische Inhalt zu Grunde gegangen, die Membran also leer wäre. Nun habe ich früher (1910) gezeigt, dass wir auch für *Spironema* denselben gekammerten Bau annehmen müssen, wie für *Cristispira* und *Saprospira*; und auf einem Photogramm (Textfig. B. 1), das JAFFÉ seiner Arbeit beigibt, erscheint auch seine *Sp. culicis* ziemlich deutlich gekammert. Könnte also nicht die oben erwähnte farblose Partie eine an der Theilungsstelle gelegene »leere Kammer« sein?

Ferner möchte ich noch auf eines hinweisen. Bei *S. nana* sind die Kammern beträchtlich lang, sie können eine ganze Windung des Körpers einnehmen. Demgemäß bilden an den Enden von Individuen, die eben aus einer Theilung hervorgegangen waren, die Reste der leeren Kammern ziemlich lange, sich gegen das Ende verjüngende Anhänge. Sieht man sich solche Exemplare unter dem Microscop an, so drängt sich einem unwillkürlich der Vergleich mit den »Endfäden« der Spiro-nemen auf. Sollten diese am Ende auch nur Reste von, vielleicht bei der Trennung der Tochterindividuen lang ausgezogenen leeren Kammern sein? Ich will diesen Vergleich hier nicht weiter ausführen, handelt es sich doch nur um eine Vermutung. Zur Discussion stellen wollte ich den Gedanken aber doch. Bau und Fortpflanzung der Spironemen sind ja dringend einer neuen Untersuchung bedürftig, und da kann natürlich jeder neue Gesichtspunkt von Werth sein.

Ein weiteres Hindernis für die Einreihung der Saprospiren in die Familie der Spironemacea könnte in der Sporenbildung von *S. grandis* gesucht werden. Aber erstens habe ich diese bei der doch entschieden sehr nah verwandten *S. nana* nicht constatiren können. Ist es ferner so absolut sicher, dass die anderen Spironemaceen keine Dauersporen bilden? Man hat bisher noch nie Anhaltspunkte dafür finden können, auf welche Weise eigentlich die Verbreitung der Cristispiren vor sich geht. Ebenso wenig weiß man bis jetzt das Geringste darüber, in welcher Form die pathogenen Spironemen die Latenzperioden der von ihnen verursachten Krankheiten überdauern. Sollten nicht am Ende auch die parasitischen Spironemaceen nach jeder Krise zur Sporenbildung schreiten, ebenso wie es *S. grandis* in »aussterbenden« Culturen thut? Außer der zweifellos sehr nahen Verwandtschaft zu *Cristispira* und *Spironema* weist *Saprospira* aber auch Beziehungen zu den Oscillatorien auf, ohne dass es jedoch möglich erscheint, sie direct in diese

Gruppe einzuordnen. Erstens fehlt ihr jedenfalls das Phycochrom vollständig. Ferner ist ihr Wachstum viel begrenzter als das der genannten Cyanophyceenfamilie. *Saprospira* bildet nie so lange »Algenfäden« mit so zahlreichen Windungen, wie es bei den Oscillatorien die Regel ist.

Sonst aber zeigt namentlich *S. grandis* in Form und Bewegung große Ähnlichkeit mit *Arthrospira*. Es scheint mir daher wahrscheinlich, dass *Saprospira* eine Übergangsgruppe bildet zwischen Cyanophyceen und Bakterien. Damit gewönne aber auch die von SCHELLACK (1909) behauptete, von mir (1910) bestrittene Verwandtschaft der anderen Spironemaceen mit Cyanophyceen eine neue Stütze. Und ich bin gern bereit, meine bisherige Opposition gegen SCHELLACK's Auffassung aufzugeben; nur sind die Beziehungen zwischen Spironemaceen und Oscillatorien auf einem anderen Wege herzustellen, als SCHELLACK es wollte, indem nicht *Spirochäta* das Zwischenglied bildet, sondern *Saprospira*.

Lassen wir aber die Verwandtschaft der Spironemaceen mit den Cyanophyceen gelten, so erscheint ihr Bau und ihre Fortpflanzung in einem wesentlich neuen Lichte.

Die Botaniker sprechen bekanntlich alle durch Querwände gegliederten Algenfäden als mehrzellig an. Dem Zoologen, der gewöhnt ist, den Kern als das wichtigste Organell der Zelle zu betrachten, will das nicht in allen Fällen vollständig einleuchten. Aber in unserem Fall, wo keinerlei Andeutung von distincten Zellkernen vorhanden ist, dürfte es am Platze sein, den Usus der Botaniker zu adoptiren und bei der Frage nach der Viel- oder Einzelligkeit das Schwergewicht auf das Verhalten der Membran zu legen. Dann wären *Saprospira* und folglich auch *Cristispira* und *Spironema* als vielzellige Bakterien aufzufassen, und jede Kammer entspräche dann einer Zelle.

Diese Erörterung mag manchem Leser als Haarspalterei erscheinen, aber es lässt sich zeigen, dass der von mir hier eingenommene Standpunkt einige Vortheile bietet für die Erklärung der Fortpflanzungserscheinungen bei den Spironemaceen.

Sind diese wirklich vielzellig, so erscheint es nicht weiter verwunderlich, dass die Saprospiren bei der Theilung in zahlreiche Stücke zerfallen. Denn während bei den einzelligen Bakterien die Zweiteilung als Regel gilt, kann eine Kette von einzelligen Organismen sich natürlich an jeder beliebigen Stelle theilen. Es wären dann die Saprospiren noch als Zellcolonien aufzufassen, während die übrigen Spironemaceen bereits die höhere Individualitätsstufe des vielzelligen Organismus er-

reicht haben. Die Fähigkeit mancher Spironemen, sich gleichzeitig in 3—4 Tochterindividuen zu theilen, wäre dann eine interessante Reminiscenz an dem primitiven Zustand der Zellecolonie, auf dem die Saprospiren stehen geblieben sind.

Der Vergleich mit den Oscillatorien gewährt uns ferner auch für die Theilung mit Degeneration einer »Kammer« an der Theilungsstelle die Anknüpfung an bereits Bekanntes. Denn nach KIRCHNER (1900) tritt bei *Oscillatoria* und *Arthrospira* »auch nicht selten eine Vermehrung dadurch ein, dass zufällig einzelne Fadenzellen absterben, und der Faden an diesen Stellen in Stücke zerbricht, die selbständig weiterwachsen«. Das ist genau derselbe Vorgang, wie ich ihn oben als Theilung mit vorhergehender Bildung von »leeren Kammern« beschrieben habe. Und wenn ich mit meiner oben angedeuteten Vermuthung Recht habe, dass die »Endfäden« der Spironemen auf ähnliche Weise entstehen, so würden sich diese auch hierin wieder als relativ primitive Formen erweisen. *Cristispira* ist also nicht bloß durch die Ausbildung der Crista als die höchststehende der 3 Genera gekennzeichnet.

Auch die bei *S. grandis* beobachtete Theilung der »Kammern« erhält natürlich eine erhöhte Bedeutung, sobald wir die Spironemaceen als vielzellig auffassen. Sie ist dann eben eine echte Zelltheilung.

Die bisher ebenfalls nur bei *S. grandis* beobachtete Sporenbildung lässt die Beziehungen der Spironemaceen zu den Cyanophyceen etwas weniger eng erscheinen. Bei den Oscillatoriaceen, mit denen die Saprospiren sonst so große Ähnlichkeit haben, kommt Sporenbildung, wie es scheint, nicht vor. Bei den Nostocaceen und einigen anderen Cyanophyceen ist sie weit verbreitet, vollzieht sich im Einzelnen aber in anderer Weise, als bei *Saprospira*.

Recapituliren wir zum Schluss die Resultate unserer Untersuchung, so ergibt sich, dass wir die Saprospiren als freilebende saprophytische Spironemaceen zu betrachten haben. Die ganze Familie werden wir auch in erweiterter Form in der Klasse der Bacterien belassen können, müssen uns aber gegenwärtig halten, dass sie auch mit den Cyanophyceen, speciell Oscillatorien verwandt ist. Die Diagnose der Familie, die ich in meiner vorigen Arbeit gegeben habe, muss dahin ergänzt werden, dass die Spironemaceen vielzellige Organismen sind.⁴ Ich lasse sie in der neuen Form hier folgen und schließe ihr die Diagnosen des neuen Genus und der neuen Species an.

Spironemacea.

Vielzellige, langgestreckte spiralig oder wellenförmig gebogene Bac-
terien mit flexiblem, aus einer einzigen Zellenreihe bestehendem Körper.
Vermehrung durch Quertheilung.

Saprospira nov. gen.

Spironemacea mit spiralig gebogenem Körper. Vermehrung durch
Zerfallstheilung. Freilebend.

Saprospira grandis nov. spec.

Mittlere Länge ausgewachsener Individuen 100 Micra. Höchstzahl
der Windungen 15. Länge der einzelnen Windungen 6—6,5 Micra.
Dicke 0,8 Micra. Polkappen vorhanden. Bildung von Dauersporen.

Saprospira nana nov. spec.

Mittlere Länge ausgewachsener Individuen 36 Micra. Höchstzahl
der Windungen 16. Länge der einzelnen Windung 2,25—3 Micra. Dicke
0,5 Micra. Keine Polkappen. Sporenbildung nicht beobachtet.

Neapel, August 1910.

Sap. p.
8.11.10

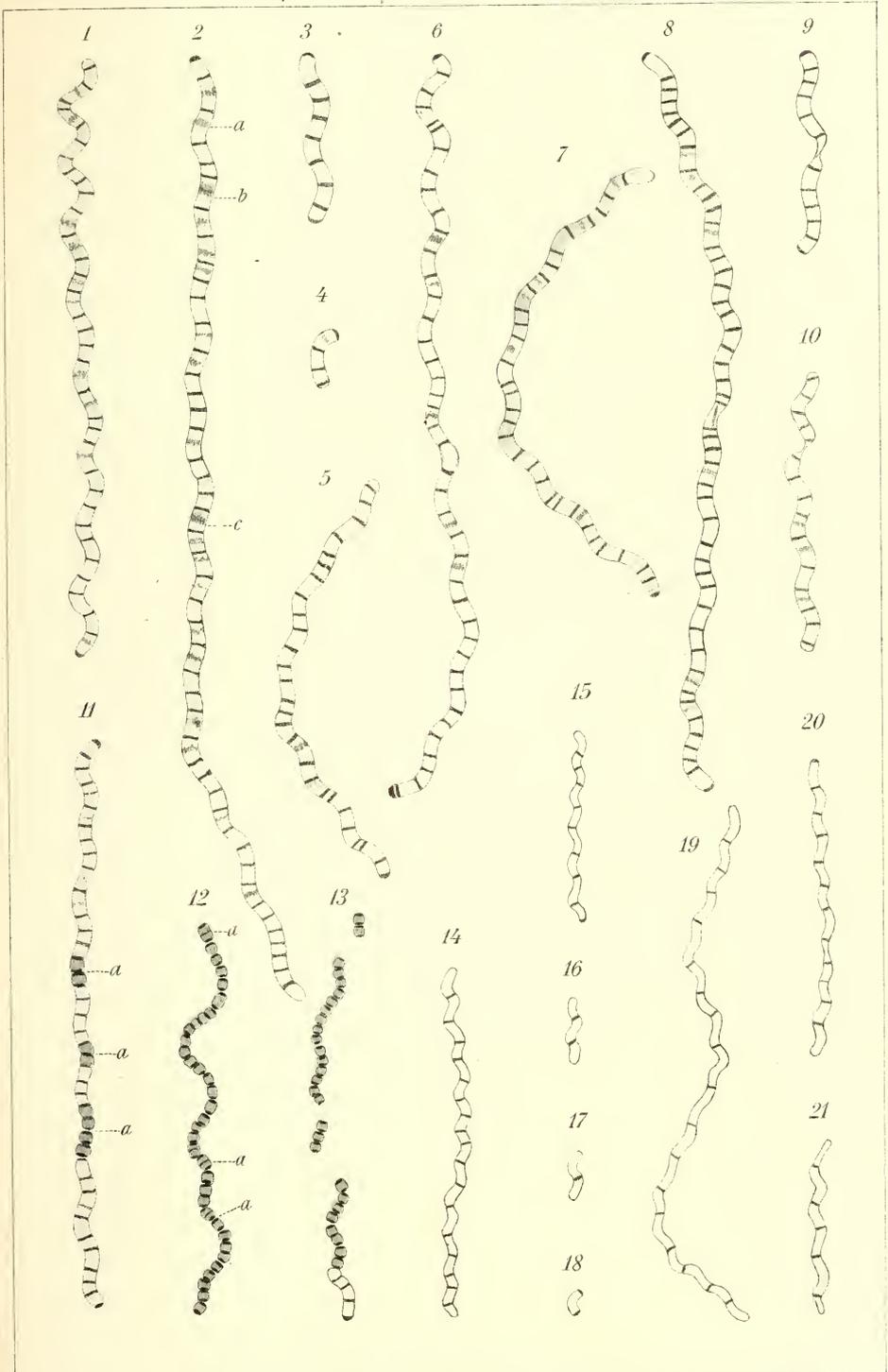
Litteraturverzeichnis.

- BÜTSCHLI, O. (1890) Über den Bau der Bacterien und verwandter Organismen. Leipzig.
- (1896). Weitere Ausführungen über den Bau der Cyanophyceen und Bacterien. Leipzig.
- (1902). Bemerkungen über Cyanophyceen und Bacterien. in: Arch. Protistenk. Jena Bd. 1.
- CERTES, A. (1882). Note sur les parasites et les commensales de l'huître. in: Bull. Soc. Zool. France Tome 7.
- GROSS, J. (1910). *Cristispira* nov. gen. Ein Beitrag zur Spirochaetenfrage. in: Mitth. Z. Stat. Neapel Bd. 20.
- JAFFÉ, S. (1907). *Spirochaeta culicis*. in: Arch. Protistenk. Jena Bd. 9.
- KIRCHNER, O. (1900). Schizophyceae. in: Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. 1. Theil 1. Abth. a. Leipzig.
- SCHELLACK, C. (1909). Studien zur Morphologie und Systematik der Spirochäten aus Muscheln. in: Arb. Kais. Gesundheitsamt Berlin Bd. 27.
- ZUELZER, M. (1910). Über *Spirochaeta plicatilis* und Spirulina. in: Z. Anz. Bd. 35.

Erklärung von Taf. 6.

Vergrößerung bei sämtlichen Figuren: Zeiß Aprochrom. 2 mm. hom. 7 mm.
Compens.-Ocular 12.

- Fig. 1—13. *Saprospira grandis*.
Fig. 3—10. Theilung.
Fig. 11—13. Sporulation.
Fig. 14—21. *Saprospira nana*.
Fig. 18—20. Theilung.
-



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel](#)

Jahr/Year: 1910-1913

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Groß J.

Artikel/Article: [Über freilebende Spironemaceen. 188-203](#)