Nachdruck verboten. Übersetzungsrecht vorbehalten.

Aus dem Protistologischen Laboratorium des Staats-Instituts für Biologie, Moskau (Pjatnitzkaja 48).

Bakterienstudien I.1)

Von

Prof. Dr. S. Awerinzew.

(Hierzu 4 Textfiguren und Tafel 6.)

Im Sommer des Jahres 1922 machte ich einige Ausflüge in den Umgebungen von Moskau, während welchen mir halbverfaulte gefällte Birkenbäume auffielen. Unter der Rinde dieser Birkenbäume fand ich eine große Menge Larven einer Art Schrotkäfer (Rhagium sp.). Beim Untersuchen des Darminhalts dieser Larven, stieß ich auf eine sehr reiche Bakterienflora, wobei einige Formen sich durch ihre bedeutende Größe auszeichneten. Ich schickte mich an letztere

¹⁾ Die Ereignisse der letzten 5 Jahre haben mich bis jetzt von meinen üblichen wissenschaftlichen Arbeiten abgehalten. In den Jahren 1918—19 organisierte ich eine Trawler-Expedition zwecks wissenschaftlich-praktischer Fischereiuntersuchungen des Barents-Meeres. Die Resultate, sowohl vom wissenschaftlichen, wie auch vom praktischen Standpunkt angesehen, erwiesen sich als höchst interessant, es gelang mir aber leider nicht die Untersuchungen zu Ende zu führen, auch ist ein großer Teil der von mir gesammelten Daten verloren gegangen. In der zweiten Hälfte des Jahres 1922 siedelte ich nach Moskau über; hier gelang es mir gewissermaßen meine protistologischen Studien wieder aufzunehmen. Dieselben ergaben fürs erste die hier erscheinende Arbeit, welche nur den ersten Teil der von mir unternommenen Untersuchungen vorstellt. Zurzeit bin ich nicht imstande ausführliche Literaturangaben zu macheu, da ich keine Möglichkeit habe mich meiner jahrelang gesammelten Bibliothek zu bedienen, auch verfüge ich nur spärlich über die nach 1914 erschienene Literatur. Ich denke aber, daß die Daten, die ich hier veröffentliche, nichtsdestoweniger von gewisser Bedeutung sind.

zu studieren; später erweiterte ich mein Forschungsgebiet, indem ich beschloß die ganze Darmflora als Material zu benutzen.

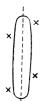
Fürs erste beschloß ich womöglich vieles am frischen, unmittelbar dem Larvendarm entnommenen Material aufzuklären, da ich nämlich vermute, daß Bakterienkulturen nicht immer das morphologische Bild aufweisen, welches wir an den direkt ihrer natürlichen Umgebung entnommenen Exemplaren beobachten können. Nicht, daß ich den Bakterienkulturen ihre große Bedeutung absprechen möchte, nur beabsichtige ich in meinen Untersuchungen denselben eine untergebene Stellung einzuräumen.

A. Form und Größe der untersuchten Bakterien.

Von den vielen verschiedenen Bakterienformen, die den Darm der untersuchten Schrotkäferlarven bewohnen, will ich mit dem Beschreiben von fünf Formen anfangen. Um eine größere Klarheit zu erzielen, gebe ich den fünf betreffenden Formen verschiedene Namen, ohne näher in die Frage einzugehen ob diese Formen auch als richtiggehende natürliche Arten anzusehen sind.

- 1. Eine der von mir aufgefundenen Bakterienformen ist kurz, fadenförmig und besitzt abgerundete Enden; charakteristisch für sie ist eine leichte Krümmung der Längsachse. Diese Krümmung kann verschiedentlich gelagert sein meistens ist sie gegen eins der Körperenden verschoben. An lebenden Organismen ist dieselbe ihrer schwachen Ausgeprägtheit wegen ziemlich schwer zu ersehen. Diese Form führt rasche Bewegungen aus; sie besitzt an ihrer Oberfläche eine große Zahl Ausläufer, welche man gewöhnlich den Namen "Geißeln" gibt. Das Plasma ist ziemlich durchsichtig und vakuolisiert. Diese fadenförmigen Organismen sind 8—17 μ lang und 1,0—1,5 μ breit. Meistenteils werden Exemplare aufgefunden, deren Länge 9—11 μ ; deren Breite 1,2 μ beträgt. Diejenigen, welche über 12 μ lang sind, sind meines Erachtens, entweder in Teilung begriffene, oder sich zur Teilung anschickende Individuen. Zwar sind auch Ausnahmen möglich. Diese Bakterie ist von mir Bacillus tachydromus genannt worden (Taf. 19, Fig. 1—17, 21—23).
- 2. Eine andere auch fadenförmige Form entbehrt der Krümmung vollständig; sie wird dagegen durch die außerordentliche Form ihrer Körperenden charakterisiert; dieselben sind darartig abgerundet, daß ihre Abrundung an einer Seite höher anfängt, als an der anderen, wodurch eine gewisse Asymmetrie entsteht. Beide Enden sehen aus,

als wären sie schräg abgeschnitten (Textfig. A); auch sind diese beiden schräg abgeschnittenen Endflächen verschiedentlich gelagert: liegt die eine links von der Längsachse, so ist die andere rechts davon zu suchen, und *vice versa*. Diese Bakterie ist sehr beweglich,



ihr Protoplasma ist dickflüssig, wenig durchsichtig, gekörnt und fast gar nicht vakuolisiert. Ihre Länge schwankt zwischen $6-14~\mu$ und sie ist $1,2-2,2~\mu$ breit. Ich nenne diese Form Bacillus asymmetricus (Taf. 19, Fig. $18-20,\ 24-49$).

3. Diese Organismen sind sehr beweglich, auch fadenförmig, aber im Vergleich zu den ersten zwei beschriebenen Bakterienformen — viel kleiner. Sie besitzen abgerundete Enden und schwach gekörntes Protoplasma mit undeutlich ausgeprägter Vakuolisierung. Diese Form ist 3,2—8,5 μ lang und 0,8—1,0 μ breit, und wird durch ihre Zweikernigkeit (wovon später noch die Rede sein wird) ausgezeichnet. Ich nenne sie Bacillus rhagii (Taf. 19, Fig. 50—54).

- 4. Diesmal haben wir mit einer stäbchenförmigen Form zu tun, die sehr wenig beweglich ist und durch ihre außerordentliche Breite auffällt. Was die Körperlänge anbetrifft, so unterscheidet sich diese Bakterie nicht von den anderen. Die Enden sind wie abgeschnitten, wobei die Flächen perpendikulär zur Längsachse verlaufen und sind nur am Rande leicht abgerundet. Die Länge beträgt 3,5—8,0 μ ; die Breite schwankt zwischen 1,5—2,1 μ . Bacillus polysarcus (Taf. 19, Fig. 62—65).
- 5. Eine sehr lange und dünne, dabei sehr bewegliche fadenförmige Bakterie mit abgerundeten Enden, $14-22~\mu$ lang und 0.6-1.0 breit. Sie hat ein schwachkörniges Plasma. *Bacillus bactron*. (Taf. 19, Fig. 55-61).

Näheres über die Struktur aller hier beschriebenen Formen wird in den folgenden Teilen berichtet.

Außer diesen habe ich noch einige andere Formen aufgefunden, welche ich aber nicht genügend kenne und welche als Material meiner noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen dienen.

Eins ist hier noch zu bemerken: nicht immer waren alle Formen im Darm ein und derselben *Rhagium*-Larve zu finden: es kamen Larven vor, deren Darmflora einiger Formen ganz entbehrte, bei anderen bestand dieselbe nur aus 1—2 Arten, dafür aber waren letztere in außerordentlich großen Mengen vorhanden.

B. Bewegung.

Die Bewegung habe ich hauptsächlich an dem großen B. tachydromus und B. asymmetricus beobachtet. Es ist bereits von verschiedenen Autoren betont worden (vgl. Migula 1904—07 S. 72 und weitere), daß verschiedene Bewegungsarten zu unterscheiden sind. Meistens wird die rasche Vorwärtsbewegung von einer schraubenförmigen Drehbewegung begleitet. Muß die Richtung gewechselt werden, so bleibt die Bakterie erst stehen, dann nimmt sie ihre Bewegung wieder auf; das hintere Ende ist aber nun zum vorderen 1) geworden, und die Drehbewegung in entgegengesetzter Richtung stattfindet. Dabei ist den Ausläufern, die gewöhnlich "Geißeln" 2) genannt werden, eine gewisse Rolle nicht abzusprechen. Was den Bakterienkörper selber anbetrifft, so führt er schwache schlangenartige Bewegungen aus.

Eine andere, langsamere Art der Bewegung kann "Zitterbewegung" genannt werden; nur ist zu betonen, daß dieses Zittern bei unseren Formen sich nicht auf den ganzen Körper erstreckt; es ist an einem der Körperenden, und zwar am Hinterende lokalisiert. Ändert sich die Richtung der Bewegung, so hört das Zittern an dem Ende, an welchem es bis jetzt stattgefunden hat, auf und wird vom entgegengesetzten, nun dem hinteren Ende aufgenommen. Zum Vergleich kann die Vorwärtsbewegung eines Kahnes angeführt werden, wenn derselbe durch die Arbeit eines einzigen Ruders vom Hinterteil aus getrieben wird. Dabei beschreibt das Ruderende eine Achtfigur, da es zu gleicher Zeit eine Schrauben- und eine Deviations- (von rechts und links) Bewegung ausführt.

C. Einschlüsse.

Bei Vitalfärbung mit Neutralrot werden bereits nach einigen Minuten kleine Tropfen oder Klumpen gefärbt, welche ich für sog. "Volutin" halte. Bei *B. tachydromus* ist das Protoplasma vorwiegend wandständig gelagert und die wenigen Querbalken, welche vorhanden sind, sind sehr fein. Die sich durch Vitalfärbung auszeichnenden

¹⁾ Für unsere Formen sind die Bezeichnungen "Vorderende" und "Hinterende" rein relativ und hängen nur von der Richtungsbewegung ab.

²) Soviel ich urteilen kann, sind diese "Geißeln" als Gebilde sui generis zu betrachten und dürfen nicht mit den Flagellatengeißeln homologisiert werden. In einer meiner nächsten Arbeiten hoffe ich die Struktur dieser Ausläufer zusammen mit dem komplizierten Bau der Hüllen des Bakterienkörpers zu beschreiben.

Einschlüsse sind bei dieser Form hauptsächlich in der wandständigen Plasmaschicht zu finden. Es gibt Exemplare, in denen solche Einschlüsse in großer Zahl auftreten, andere besitzen weniger solche Einschlüsse, öfters fehlen die letzteren vollständig.

Bei B. asymmetricus ist die Distribution des "Volutins" nicht so regelmäßig. Andere von mir beobachtete Formen enthielten ebenso derartige Gebilde in ihrem Körper.

Zuweilen kam ich auf Bakterien, in deren einer Häfte zwei bis drei "volutinartige" Körperchen (B. tachydromus) oder große Mengen kleiner staubartiger Einschlüsse (B. asymmetricus), welche sich mit Neutralrot färbten, zu finden waren, während die andere Hälfte die Vitalfärbung gar nicht aufnahm. Es ist zu betonen, daß ein derartiges Verhältnis an solchem Organismen zu beobachten ist, welche keine andere Zeichen einer nahenden Teilung aufweisen; daraus sind sehr interessante Schlüsse zu ziehen. Etwas Ähnliches ist bereits von Schaudinn (1902, Taf. 10 Fig. 39) beobachtet worden.

Bei Vitalfärbung mit Methylenblau kommen ganz andere, größere, Einschlüsse zum Vorschein. Allem Anschein nach dürften diese meistenteils mit den Kernderivaten, von denen später noch die Rede sein wird, identifiziert werden.

Der Versuch mit Chlor-Zink-Jod, eine Färbung der Membran zu erzielen, ging fehl; es fand gar keine Reaktion statt. Diese Methode kann also keinen näheren Einblick in die Struktur der äußeren Membran der Bakterien geben. Wurde aber B. asymmetricus in dieser Weise behandelt, so traf merkwürdigerweise nach Verlauf 1/2-1 Stunde Plasmafärbung ein: das Protoplasma wurde rotviolett. näherer Betrachtung stellte es sich heraus, daß die Plasmafärbung von der Farbenaufnahme durch winzige Körperchen abhängt, welche letzteren, dünkt es mir, Tropfen irgendeines Kohlehydrats sind. Daraus schließe ich, daß die Chlor-Zink-Jod-Färbung der Cellulose durch die Anwesenheit in ihr desselben Kohlehydrats bedingt wird. Bei den von mir untersuchten Bakterien ergab die Behandlung mit Jod-Jodkali + Schwefelsäure den üblichen blauen Ton nicht (darin liegt eben der Unterschied zwischen besagtem Kohlehydrat und der typischen Cellulose). Ich betone nochmals, daß eben nicht alle derselben Form angehörige, sogar nicht alle auf einem Präparate befindliche, Individuen die Reaktion mit Chlor-Zink-Jod aufweisen. Auch ist der Intensitätsgrad nicht gleichartig, nicht nur wenn man verschiedene Individuen vergleicht, sondern sogar an verschiedenen Stellen einer und derselben Bakterie. Versuche eine Plasmolyse zu erhalten blieben resultatlos.

D. Der Kern.

Die Bakterienstudien, von denen ich hier berichte, sind als sozusagen Rekognoszierungsuntersuchungen anzusehen. Sie haben eine Reihe ungelöster Fragen zum Vorschein gebracht, die mir als Programm für meine nächsten Arbeiten dienen werden.

Zu allererst kommt gewiß die Kernfrage in Betracht. Schon jetzt kann ich behaupten, daß alle von mir untersuchten Bakterien ganz zweifellos einen Kern besitzen, welcher einen der den Protistenkernen üblichen Typen angehört. Dobell war bereits in 1911 zum Schlusse gekommen, daß "All Bacteria which have been adequately investigated are like all other Protista nucleate cells. The form of the nucleus is variable, not only in different Bacteria, but also at different periods in the life-cycle of the same species. The nucleus may be in Form of a discrete system of granules (chromidia), in the form of a filament of variable configuration; in the form of one or more relatively large aggregated masses of nuclear substance; in the form of a system of irregularly branched or bent short stands, rods, or network, and probably also in the vesicular form characteristic of the nuclei of many animals, plants, and protists. There is no evidence that enucleate Bacteria exist."

In seiner Arbeit hat Dobell die diese Frage betreffende Literatur ausführlich berücksichtigt, was mir ermöglicht, meine Leser für Literaturangaben und Zitaten auf diesen Autor zu verweisen.

Im großen und ganzen stimmen meine Beobachtungen mit denjenigen Dobell's überein, ich kann letztere nicht nur bestätigen, sondern bin imstande sie durch einige neue Daten zu ergänzen.

Um die Natur der Gebilde, die meiner Ansicht nach einen kernigen Charakter besitzen, aufzuklären, ergänzte ich die an lebenden Objekten gemachten Beobachtungen dadurch, daß ich mich verschiedener Farbstoffe bediente. So ließ ich Methylgrün mit Essigsäure auf lebendes Material einwirken, auch benutzte ich Delafield's Hämatoxylin, Eisenhämatoxylin nach Heidenhain, Giemsa-Färbung, Safranin mit Lichtgrün um verschieden fixiertes Material zu färben. Als Fixierungsflüssigkeiten dienten mir unter anderen Sublimatalkohol nach Schaudinn und Alkoholformol. Es wurden parallele Untersuchungen lebender Bakterien in Dunkelfeldbeleuchtung geführt. Ich unternahm noch Untersuchungen über das Wirken von Verdauungsfermenten, habe dieselben aber noch nicht zu Ende geführt. Alle von mir erhaltenen Data deuten sämtlich darauf hin, daß Bakterien in ihrem Körper ein Gebilde enthalten, daß dem Kern

anderer Organismen vollständig homolog ist, und welches ich von nun ab einfach als Kern¹) bezeichnen werde.

Dank des stärkeren Lichtbrechungsvermögen des "Kerns" unserer Bakterien im Vergleich zu demjenigen des Plasmas, ist er bei Dunkelfeldbeleuchtung verhältnismäßig leicht zu finden, vorausgesetzt, daß aus früheren Beobachtungen seine Größe und relative Lage im Bakterienkörper bekannt sind.

Bei allen von mir untersuchten Formen besaß der Kern gewöhnlich die Form einer mehr oder minder großen Kugel, welche in den Fällen, wo das Protoplasma zum Vorschein kam, meistenteils in der wandständigen Schicht gelagert war (Taf. 19, Fig. 1, 4—6, 10—12, 14, 17—20, 25—27, 35, 36, 40, 43, 45, 55, 56, 62, 63).

Die Stelle, wo der Kern sich aufhält ist nicht immer streng fixiert, es liegt aber selten zentral, meistens ist der Kern gegen eines der Enden des Bakterienkörpers verschoben.

Mit Heidenhain's Hämatoxylin läßt sich das Gebilde, welches ich für einen Homologon des Kernes halte, sehr intensiv färben, so daß es bei weiterer Bearbeitung mit Eisenalaun am längsten die dunkle Färbung behält und dadurch von allen anderen Einschlüssen absticht. Bei Giemsa-Färbung nimmt dasselbe einen glänzend roten Ton an und kann leicht von den übrigen Einschlüssen unterschieden werden, obwohl letztere sich gewissermaßen ähnlich färben. Durch Anwendung der letztgenannten Methode habe ich sehr schöne Präparate erhalten.

In 1922 veröffentlichte Kitaeff seine Arbeit, in welcher er den Kern der Diphtherie-, Typhus- und Anthrax-Bakterien beschreibt. Nach ihm sollen die jungen Zellen einen einzigen Kern besitzen, während reifere ihrer zwei oder mehr enthalten. Im letzteren Falle sind die Kerne verschiedener Größe und Form. Um die Kerne sichtbar zu machen, empfiehlt Kitaeff eine Vorbehandlung des Präparates mit einer 0,25-0,5 proz. Natronlaugelösung, oder

¹) Ich vermeide, soviel es nur geht, den Ausdruck "Zelle" zu benutzen, dabei basiere ich mich auf die Erwägungen, die ich zum ersten Male im Kongreß Russischer Naturforscher und Ärzte im Jahre 1908/09 in Moskau veröffentlichte. Meine Meinung, die übrigens auch von Dobell (1911) geteilt wird, besteht darin, daß die "Zelle" nur bei Metazoen vorkommt. Und das führt uns zu der Vermutung, daß der Protistenkern nicht als ein dem Metazoenzellenkern vollständig entsprechendes Gebilde angesehen werden darf. Wir haben hier wohl mit Homologie nicht aber mit Gleichwertigkeit zu tun. Meiner Meinung nach wird dies durch viele Tatsachen, welche an den in Protistenkernen ablaufenden Prozessen zu beobachten sind, bestätigt.

1 proz. Lösung von kohlensaurem Natron, dadurch sollen die Einschlüsse, die Eiweißstoffe in sich enthalten (Kitaeff nennt sie "Deutoplasma"), entfernt werden. Ich benutzte diese Methode, allein sie gab mir nichts Neues, da auch ohne dies die "Kerne" ganz deutlich zu sehen waren.

Aus dem Verhalten des "Kernes" verschiedenen Reagentien gegenüber ersehe ich, daß bei den von mir untersuchten Bakterien er aus einem Stoff besteht, welcher dem Plastin nahesteht, so daß ihm eigentlich am ehesten der Ausdruck "Nucleolus" passen würde. Ich suchte mich zu überzeugen, daß Bakterien ein dem Pro-

Ich suchte mich zu überzeugen, daß Bakterien ein dem Protistenkern ähnliches Gebilde besitzen und in der Tat ist in vielen Fällen ein Reifen vorhanden, der das Plastinkörperchen umringt und dessen äußerer Rand sehr schwach gefärbt oder sogar wenig sichtbar ist (Taf. 19 Fig. 13, 19, 20, 24—26, 29, 30, 34, 41, 44, 63). In einigen Fällen ist ein derartiges Bild leicht aufzufinden, in anderen schwerer. Dobell's Vermutung, daß bei Bakterien bläschenförmige Kerne vorkommen können, werden also durch meine Befunde zur Realität. Ich muß hier noch von einer Beobachtung Erwähnung machen: manchmal, sogar nicht selten, gelingt es im Kerninneren 1—3 kleinere Gebilde zu unterscheiden, die einen schwächeren, rosaroten, aber auch glänzenden Ton annehmen und die, meiner Meinung nach, typisches Chromatin vorstellen (Taf. 19 Fig. 24, 28 [beide Kerne], 34, 41, 64 [beide Kerne]).

Vor Beginn der Teilung sind gewöhnlich nicht ein, sondern zwei gleichartig gebaute, in verschiedener Entfernung voneinander gelagerte Kerne zu finden. Einige Formen besitzen gewöhnlich zwei oder mehrere Kerne, in diesen Fällen wird bei der Teilung die Kernzahl verdoppelt. Ich traf aber, zu den zwei- oder mehrkernigen Formen gehörig, auch einkernige Individuen und deute dieselben als solche, welche soeben aus einer Spore sich entwickelt haben.

Dobell's fadenförmige Kerne habe ich nicht gefunden, es

Dobell's fadenförmige Kerne habe ich nicht gefunden, es kamen mir aber zuweilen Bakterien zu Gesicht, die einen oder zwei "Kerne" — irreguläre Massen von Kernsubstanz — besaßen. Ich finde, daß diese Gebilde einer Nachforschung bedürfen, weswegen ich von ihnen weder Beschreibung noch Abbildungen gebe. Eins kann ich nur sagen — in einigen Fällen erinnerten sie mich an diejenigen Gebilde, welche Woodcock und Lapage (1913—1914) bei Solenomastix ruminantium beschrieben. Meines Erachtens stellen letztere ebenfalls kernartige Gebilde vor, nur daß sie viel Eigenartiges besitzen, wie auch der ganze Organismus des Solenomastix ganz eigenartig ist.

Die Untersuchung gefärbter Präparate kann ganz gewiß nicht einzig und allein einen erschöpfenden Beweis dazu liefern, daß die gefärbten Gebilde in der Tat als "Kerne" zu deuten sind. Ich stütze mich aber auch nicht bloß auf diese Befunde. — Es ist von mir nämlich eine gewisse Regelmäßigkeit in der Zahl dieser Gebilde im Bakterienkörper beobachtet worden; auch konnte ich die Vergrößerung ihrer Zahl in den in Teilung begriffenen Formen feststellen, endlich besaßen einige Gebilde einen, dem Bläschenkern der Protisten ähnlichen Bau.

Es kamen aber auch solche, zwar verhältnismäßig seltene Fälle vor, wo ich Formen fand, in denen ich einen "Kern" vermißte (Taf. 19 Fig. 8, 16, 21, 22, 38, 39, 46, 47, 54). Wie es aus den Abbildungen zu ersehen ist, gehören kernlose Formen verschiedenen Stadien an — es können in Teilung begriffene Individuen sein, oder solche, die sich zur Sporenbildung anschicken, endlich können auch nicht in Teilung begriffene Formen kernlos sein. Ich kann nicht umhin, diese Befunde zu erwähnen, da die einzig wichtigen Einwände gegen meine hier erörterten Anschauungen nicht auf der ungenügenden Beweiskraft der erhaltenen Färbungsresultate, sondern bloß auf dem Vorkommen derartiger kernloser Formen basiert sein können. Meine Meinung darüber führe ich etwas weiter an.

Was die "Kernteilung" anbetrifft, so habe ich nur einmal ein vollständig klares Bild gesehen, welches ich nur im Sinne eines Teilungsprozesses deuten kann (Taf. 19 Fig. 23). Leider bin ich nicht imstande irgendwelche Schlüsse über den Teilungsmodus zu ziehen, ich vermute aber, daß der Teilungsprozeß demjenigen einer Protisten, den wir als "Promitose" bezeichnen, nahesteht. Meines Erachtens haben wir ganz unnötigerweise die Anschauungen, die wir uns auf Grund der Erforschung des Teilungsprozesses bei Metazoenzellen geschaffen haben, bei der Untersuchung derselben Prozesse bei Protisten, bis jetzt im Auge behalten. Eine volle Homologie ist hier nicht vorhanden, kann auch gar nicht existieren.

Wird der Versuch gemacht alle Kernteilungsprozesse in den Rahmen der Kernteilungen, wie sie in den richtigen Zellen verlaufen, einzuzwingen, dieselbe Terminologie anzuwenden, so stehen wir dadurch öfters in Gefahr vom richtigen Weg abgeleitet zu werden; auch können dabei unsere Vorstellungen eine starke Verwicklung erdulden. Haben wir uns aber im Gebiet der Protistenforschung vom Begriff der "Zelle" emanzipiert, so müssen wir uns in einem gewissen Grad auch von den Fesseln, die auf uns vom

Begriff "Kern" auferlegt werden, befreien, da er ebenfalls in großem Maße auf den Daten der Morphologie der Metazoenzelle basiert ist.

E. Einschlüsse nucleärer Natur.

Es sind bei Bakterien noch Gebilde zu treffen, welche zwar Kernfarben aufnehmen, aber sich als chemisch verschieden erweisen. — Es können Kernbruchstücke sein, oder es sind aus dem Kern entstandene Gebilde, sozusagen eine Art Kernsecrets, schließlich können auch noch solche Einschlüsse vorkommen, welche allem Anschein nach keine direkte Beziehung zum Kern besitzen. Alle diese verschiedenartigen Gebilde, im kleinen Bakterienkörper gruppiert, führen öfters zu einem bunten Durcheinander, so daß der Forscher in diesem verwickelten Bilde sich nicht zurechtfinden kann und den Schluß zieht, daß Bakterien von den Protisten abstechen, indem sie eine ganz eigenartige Struktur besitzen.

Es scheint mir im gewissen Grade geglückt zu sein in den verwickelten Bildern der morphologischen Struktur der Bakterien Klarheit zu schaffen, indem ich die Ergebnisse der Untersuchungen bei Dunkelfeldbeleuchtung und die Resultate der Vitalfärbung und auch der Färbung mit verschiedenen Kern- und Plasmafarbstoffen zusammenfaßte.

Einschlüsse, die Kernnatur aufwiesen, sind mir in Bakterien häufig nebst einem Kern zu Gesicht gekommen. Daß erstere nicht als Volutinkörperchen oder Körperchen irgendwelcher anderer Beschaffenheit zu deuten sind, davon überzeugte ich mich durch Anwendung verschiedener Untersuchungsmethoden, unter anderem auch durch Benutzung verschiedener Farbenreaktionen. Außerdem wurde ich in meiner Auffassung durch den Vergleich meiner Beobachtungen mit denjenigen von Nakanishi (1901), Schaudinn (1902—1903), Swellengrebel (1906, 1907, 1909), Guillermond (1907, 1908, 1909), Dobell (1908, 1909, 1911) und anderer Autoren.

Auf dem auf Fig. 2 Taf. 19 abgebildeten Objekte ist neben dem Kern noch ein kleiner Körper zu sehen, welchem Kernnatur zuzuschreiben ist. Auf den Abbildungen: 13, 14, 15, 24—27, 34—37, 41, 44, 59, 62, 63 und 65 der Taf. 19 sind solche Gebilde in Mehrzahl vorhanden, welche in der Richtung der Längsachse meandrisch angeordnet sind. Als ich diese Bilder zu Gesicht bekam, mußte ich an das von Schaudinn und einigen anderen Autoren Beobachtete denken. Bei anderen Bakterienformen bekommen wir kleine Körperchen in der wandständigen protoplasmatischen Schicht zu sehen (Taf. 19

Fig. 6—17). Freilich zeigen diese Gebilde ein den Kernstoffen ähnliches Verhalten den Farben gegenüber, doch würde ich Bedenken tragen zwischen ihnen und den vorher Erwähnten eine Homologie ersehen zu können.

Es ist sehr schwer den Entstehungsprozeß der mäandrisch angeordneten, eine Kernnatur besitzenden, Gebilde festzustellen. Zu allererst muß ich betonen, daß sie meistenteils dem Kern dicht anliegen; es kommen auch solche Bilder vor, die zu vermuten geben, daß die besagten Gebilde dem Kern entstammen (Taf. 19 Fig. 2, 34). Es können auch Doppelgebilde vorkommen, wie sie auf den Fig. 31, 32 und 40 abgebildet sind, woraus zu erschließen ist, daß diese Einschlüsse der Teilung fähig sind.

Auf Grund meiner Beobachtungen muß ich betonen, daß besagten Körperchen eine große Rolle bei der Sporenbildung zuzuschreiben ist, da der Entstehung der Spore das Auftreten einer mäandrischen Kette solcher Gebilde stets vorangeht (Taf. 19 Fig. 7, 34—36, 41, 43, 59). Diese meine Beobachtungen stimmen mit denjenigen Schaudinn's und einiger anderer Autoren überein. Eins konnte ich auf meinem Material nicht auffinden — das waren die von Schaudinn bei Sporenbildung beschriebenen Prozesse, welche als eine eigentümliche Form des Geschlechtsvorganges von ihm gedeutet wird. In einigen Fällen sind die Körperchen vielzählig, in anderen — sind sie in kleineren Mengen vorhanden, es schwankt auch die Größe dieser Gebilde, wobei in derselben Kette Einschlüsse verschiedener Größe zu finden sind. "Chromidien" will ich sie nicht nennen, da dieser Begriff nicht genügend klar ist: unter diesem Namen nämlich können Gebilde figurieren, die verschiedener Abkunft sind und eine verschiedenene Funktion besitzen.

Nach der Sporenbildung verschwinden die Körperchen allmählich, was mit verschiedener Geschwindigkeit vor sich gehen kann. Dabei kann auch eine ziemlich rasche Zerstörung des Kernes stattfinden, so daß schließlich in den Bakterien nicht die geringste Spur von Chromatingebilden übrig bleibt (Taf. 19 Fig. 7—10, 16, 22, 39). Nicht immer sind die Kernnatur besitzenden Einschlüsse mä-

Nicht immer sind die Kernnatur besitzenden Einschlüsse mäandrisch angeordnet (Taf. 19 Fig. 5, 15, 58). Bei *B. tachydromus*(Fig. 5) aber ist es dadurch zu erklären, daß wir hier mit den
Anfangsstadien der Bildung dieser Einschlüsse zu tun haben und
die Fig. 58, auf welcher ein *B. bactron* abgebildet ist, zeigt einen
bedeutend vorgeschrittenen Zerfallsprozeß. Rätselhaft bleibt für
mich das auf Fig. 12 und 21 abgebildete. Das auf der Fig. 12
dargestellte ist mir nur einmal zu Gesicht gekommen und darf viel-

leicht als Anomalie angesehen werden. Das andere Bild habe ich viel öfter beobachtet, und zwar sogar an lebenden Objekten, aber nur bei *B. tachydromus*, es erinnerte mich an einige meiner Befunde bei Flagellaten. Einstweilen will ich mich aber nicht näher aussprechen und halte es mir vor in den nächsten Arbeiten zu dieser Frage zurückzukommen.

Die morphologische Struktur der Bakterien erinnert gewissermaßen an die Struktur eines von mir (1913, 1916) beschriebenen Blutparasiten (*Pseudogregarina ranae*) der *Rana nutti*. Bei diesem Parasiten nimmt der Kern manchmal die Form eines welligen Bandes an, welches letztere den ganzen Körper durchzieht. Meine ausführlichen 1916 veröffentlichten Untersuchungen sind allem Anschein nach im Auslande unbekannt. In dieser meiner Arbeit habe ich unter anderem ziemlich ausführlich ein Stadium in der Entwicklungsgeschichte des betreffenden Parasiten beschrieben, wo der Kern sozusagen seine dem Plasma gegenüber abgesonderte Stellung eingebüßt hat. — "Derartige *Pseudogregarinae* sind stäbchenförmig; die Chromatinklümpchen sind scharf konturiert, besitzen eine ellipsoidähnliche oder rundliche Form und sind im ganzen Körper zerstreut. Der Plastin-Nucleolus besitzt die Form einer kleinen Kugel und ist gewöhnlich an der Grenze zwischen dem zweiten und dem letzten Körperdrittel der Pseudogregarinae gelagert. Wäre er nicht da, so würde man sich für berechtigt halten die beschriebenen Chromatinklümpchen als so viele selbständige Kerne zu deuten" (1916 S. 222, Taf. XI Fig. 4). In dieser Arbeit habe ich auch noch andere Formen beschrieben, und das folgenderweise: "Die Erythrocyten der Leberkapillaren . . . enthalten Parasiten, deren Kern aus Chromatinklümpchen besteht; dabei sind letztere einreihig angeordnet und geben den Eindruck eines spiralig gewundenen Fadens" (S. 224, Taf. XI Fig. 10).

Ich habe gar nicht im Sinne mich dieser Zitate zu bedienen um irgendeine nahe Verwandtschaft zwischen beiden Formen zu befürworten, sondern führe sie nur an, um zu veranschaulichen, daß die bei Bakterien beobachteten Bilder nichts Eigenartiges darstellen und daß derartiges auch bei Protisten vorkommt.

F. Sporenbildung.

Sporen sind von mir bei allen hier erwähnten Formen aufgefunden worden. Bei *B. tachydromus* und *B. asymmetricus* habe ich den Sporenbildungsprozeß näher beobachtet. Die Sporen

entstehen stets in der Weise, daß die mäandrsich angeordneten, eine Kernnatur aufweisenden Körperchen in ihrem Inneren zu liegen kommen (Taf. 19 Fig. 34-36). Gewöhnlich ist die Sporenanlage kleiner als die fertige Spore. Das Plasma der Sporenanlage, das die erwähnten Körperchen umgibt, erhält die Fähigkeit Plasmafarbstoffe viel intensiver als der übrige Bakterienkörper aufzunehmen. das die erwannten Korperchen umgibt, erhalt die Fanigkeit Plasmafarbstoffe viel intensiver als der übrige Bakterienkörper aufzunehmen. Die zerstreuten Kernstoffteilchen konzentrieren sich im Zentrum, wo sie allem Anschein nach in ein einziges Gebilde zusammenfließen, da sich ihre Zahl allmählich vermindert: anfangs sind ihrer fünf oder vier, dann drei, zwei, und endlich bleibt nur ein einziges Gebilde evorhanden (Taf. 19 Fig. 34—36, 16, 17, 8, 7, 9, 22). Inzwischen findet an der Peripherie der Spore die Bildung der Sporenhülle statt, und nachdem dies geschehen, nimmt das Innere der Spore keine Farben mehr auf. Bemerkenswert ist das der Hüllenbildung vorangehende Auftreten kleiner Kernteilchen an den Polen der Spore; sie sehen anfänglich wie Klümpchen aus, später zerfließen sie, nehmen Kalottenform an und bedecken beide Enden der Spore. Diese Vorgänge erinnern gewissermaßen an den Sporenbildungsprozeß bei B. Bütschlii (Schaudinn, 1902, Taf. X Fig. 47—50). Auch ich bin der Meinung, daß Bakteriensporen wenigstens zwei, vielleicht sogar drei Hüllen besitzen. Dasselbe Verhalten ist bei vielen anderen Protisten zu finden. Sobald die Hüllen sich gebildet haben, nehmen sie keine Farben mehr auf, im Bakterienkörper bleibt dann die Spore ungefärbt und sticht von ihrer Umgebung durch ihre starke Lichtbrechung scharf ab (Taf. 19 Fig, 42—44, 39).

Es ist in den Sporenbildungsprozessen bei Bakterien nichts zu ersehen was letztere von den Protisten absondern könnte. — Man

Es ist in den Sporenbildungsprozessen bei Bakterien nichts zu ersehen was letztere von den Protisten absondern könnte. — Man denke an die Myxosporidien, bei denen die Spore ebenfalls im Mutterorganismus entsteht und die Sporenanlage ebenfalls sich sehr intensiv färben läßt. Auch wissen wir, daß bei diesen Organismen besondere Kerne an der Bildung der Sporenhülle Teil nehmen. Gewiß ist für beide Fälle eine Identität nicht vorhanden, sie wäre auch nicht zu erwarten.

Treten in den von mir beobachteten Fällen Geschlechtsprozesse, wie sie von Schaudinn beschrieben worden sind, nicht auf, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß dieselben hier eine autogame Form annehmen und im Innern der Sporenanlage verlaufen. Diese meine Vermutung ist einstweilen nur auf der Zahlverminderung der nucleären Gebilde basiert, die Frage bedarf einer weiteren Aufklärung. Es ist hier noch eins zu erwähnen: färbte ich die Bakterien eine längere Zeit mit Heidenhain'schem Hämatoxylin,

und ließ ich dann Eisenalaun kurz einwirken, so gelang es mir vielmals für *B. asymmetricus* folgendes festzustellen — sowohl das Sporeninnere, wie auch der Bakterienkörper färbten sich schwarz, farblos blieb nur die Sporenhülle, aber in ihr war ein schwarzer Faden ganz deutlich zu sehen, der das Bakterienplasma mit dem Sporenkörper verband (Textfig. B). Das Vorhandensein eines derartigen Verbindungsstückes ist höchst interessant, vorläufig aber enthalte ich mich irgendwelche Vermutungen darüber auszusprechen.

G. Teilung.

Bei den von mir beobachteten Bakterien verläuft die Teilung etwas anders, als wie sie für *B. bütschlii* (Schaudinn, 1902) oder für *B. oxalaticus* (vgl. Migula, 1904—07, S. 90 u. w.) beschrieben worden ist. Nach Migula teilt sich *B. oxalaticus* durch das Hineinwachsen eines ringförmigen Wulstes in die zentrale Vakuole der Bakterie,

wogegen ich bei B. asymmetricus und B. bactron das Auftreten einer kompakten, dickflüssigen und verhältnismäßig breiten Protoplasmaschicht stets beobachten konnte (Taf. 19 Fig. 46—49). Nicht ein einziges Mal ist es mir gelungen ein wulstartiges Einwachsen der Membran in diese Schicht hinein, von der Bildung einer vollen Scheidewand aus dem Stoffe der Membran gefolgt, weder in der Form wie sie für B. oxalaticus, noch in



Textfig. B. Textfig. C.

der Form wie sie für B. bütschlii beschrieben sind, zu beobachten. Das von mir Beobachtete erinnert gewissermaßen an die Teilung von B. sporonema, wie sie Schaudinn (1903) beschrieben hat. Da aber Migula für letztere Form die Entstehung der queren Scheidewand durch Einwachsen der äußeren Membran vermutet, habe ich mit peinlichser Aufmerksamkeit die mir zu Gesicht gekommenen Teilungsbilder studiert, das Resultat aber blieb stets negativ. Für B. sporonema beschreibt Schaudinn ein zwar selten auf-

Für B. sporonema beschreibt Schaudinn ein zwar selten auftretendes, kleines Verbindungsstück (Taf. 12 Fig. 40). Derartige Gebilde habe ich bei B. rhagii (1903, Taf. 19 Fig. 53) und B. polysarcus gesehen. Manchmal erreicht solch ein Verbindungsstück $^{1}/_{18}$ — $^{1}/_{18}$ Teil der ganzen Länge des sich teilenden Bakterienkörpers (Textfig. C). Er erinnert mich an den Faden, welcher den Sporeninhalt mit dem Protoplasma der mütterlichen Organismen verbindet. Es ist mir nicht gelungen festzustellen, ob bei den von mir untersuchten Bak-

terien eine dicke Membran existiert, welche das Verbindungsstück umgeben und die Lücke zwischen den beiden entstehenden Tochterindividuen füllen soll. Ich halte aber diese Frage für nicht genügend aufgeklärt. Bei *B. tachydromus* war wenigstens auf einigen Präparaten eine ziemlich breite quergelagerte Scheidewand zu sehen, die aus demselben Stoff wie die Bakterienmembran bestand und den Bakterienkörper in zwei Abschnitte teilte. Ein fadenförmiges Gebilde, welches das Plasma beider Tochterindividuen verbunden hätte, kam mir nicht zu Gesicht.

B. asymmetricus unterscheidet sich von den übrigen von mir untersuchten Formen dadurch, daß bei dieser Bakterie die Teilungs-

ebene nicht geradwinklig zur Längsachse verläuft (Textfigur D), was mit dem höher beschriebenen Bau ihrer Körperenden zusammenhängt.

Der Teilungsprozeß verschiedener Bakterien verläuft nicht völlig gleichartig und es kann eine Reihenfolge aufgestellt werden mit dem durch Zerschnürung sich teilenden Achromatium oxaliferum (Schewiakoff, 1893) an einem Ende, B. oxalaticus an dem anderen, und Bakterien, welche allerhand Übergangsformen des Teilungsprozesses darbieten, dazwischen. Also weisen die Bakterien auch in dieser Hinsicht keine besonderen Eigentümlichkeiten auf, die den Grund geben könnten diesen eine gegenüber den Protisten besondere Stellung eine

Textfig. D. tümlichkeiten auf, die den Grund geben könnten diesen Organismen eine gegenüber den Protisten besondere Stellung einzuräumen.

H. Schlußbetrachtungen.

Die Stellung der Bakterien im System.

Aus den von mir bei den Bakterienuntersuchungen erhaltenen Angaben, sowohl als auch aus dem Durchmustern der entsprechenden Literatur, ziehe ich den Schluß, daß der Bau der Bakterien demjenigen anderer Protisten entspricht, das heißt zu allererst, daß ihr Körper aus Protoplasma und einem vom Plasma abgesonderten Kern besteht. Werden in einigen Fällen keine Kerne getroffen, so kann dies verschiedene Ursachen haben. — KITAEFF (1922) beweist, daß nucleoläre Gebilde durch bedeutende Mengen von "Deutoplasma" 1)

¹⁾ Mit diesem Worte bezeichnet Kitaeff einen euchromatischen Eiweißstoff, welcher im Bakterienkörper in Form von eigenartigen, diffus verteilten Gebilden vorkommen; letztere sind durch ihre Lösbarkeit in schwacher Ätzlauge oder in schwachen Lösungen von kohlensaurem Natrium, resp. Kalium, charakterisiert.

maskiert sein können; oder es können Fälle vorkommen, wo diese Gebilde ihr Färbungsvermögen einbüßen, was als Ursache den starken Verlust von Eiweißstoffen hat. Das Nichtvorhandensein nucleolärer Gebilde im Bakterienkörper kann auch durch Kerndegeneration erklärt werden, wie sie bei den sporenbildenden Individuen zu beobachten ist. Meiner Meinung nach sind alle drei Fälle möglich, obwohl ich noch nicht über genügende Daten verfüge, die Kitaeff's Anschauungen bestätigen könnten.

Was die Form, in welcher die Kernsubstanz im Bakterienkörper auftritt, anbelangt, so würde ich sagen, daß dieselbe von rein physiologischen Ursachen abhängig ist und dreierlei Art sein kann. Erstens können es Nuclei sein, die außerordentlich reich an Eiweißstoffen, besonders an Plastin sind — solche Kerne sind überaus stark lichtbrechend, auch färben sie sich so intensiv, daß es unmöglich ist, in ihnen irgendwelche Struktur zu unterscheiden. Meistenteils besitzen Kerne eben diese Struktur. Es können auch andere Kerne beobachtet werden, die weniger Eiweißstoffe enthalten; sie sind bläschenförmig, zuweilen können in ihnen neben dem Plastin noch 1—2 Chromatinkörperchen unterschieden werden, endlich bekommt man noch solche Kerne zu sehen, welche überaus arm an Eiweißverbindungen sind; in diesem Falle besitzen die Kerne ein Lichtbrechungsvermögen, welches fast demjenigen des Plasma gleich ist, so daß sie vom letzteren nicht mehr abstechen, auch nehmen sie keine Kernfarbstoffe auf.

Bei Bakterien ist nicht nur die Kernstruktur unbeständig; als ebenso unbeständig erweist sich die Zusammensetzung verschiedener Einschlüsse des Bakterienkörpers. Einmal sind sie reich an "Volutin", dann kann es in kleinen Mengen vorhanden sein, oder vollständig fehlen; es können auch verschiedene Kohlehydrate vorkommen, oder gar nicht vorhanden sein. Manchmal können sogar beide Hälften einer Bakterie verschiedenartige Einschlüsse beherbergen, woraus zu schließen ist, daß beide Bakterienhälften sich voneinander physiologisch (in ihrem Chemismus) unterscheiden. Sehr stark schwanken auch die Dimensionen der Einschlüsse. Eben in dieser physiologischen Unbeständigkeit, im Durcheinander der verschiedenen Phasen liegt wohl der Grund, daß wir bis jetzt in unseren Auffassungen der Struktur des Bakterienkörpers nicht einig geworden sind. Ganz gewiß werden die Schwierigkeiten durch die winzigen Dimensionen des Bakterienkörpers erhöht. Aber gerade wegen ihrer Unbeständigkeit sind meiner Meinung nach, die Bakterien für Untersuchungen vom physiologischen Standpunkt aus ein

viel interessanteres Objekt als die übrigen Protisten. Denn wir haben in ihnen solche Organismen vor uns, in denen verschiedene Phasen einander ablösen, wobei dieser Phasenwechsel in allem — in der nucleären Struktur, in der Natur der Einschlüsse usw. sich ausprägt. Ich hoffe nächstens zu diesen Fragen zurückzukehren, um dabei entweder meine hier ausgesprochene Vermutung zu bestätigen oder Data aufzufinden, welche sie zu verwerfen benötigen werden.

Zum Schluß will ich kurz von meinen Anschauungen berichten über die Stellung, welche den Bakterien gegenüber den übrigen Protisten zuzuschreiben ist. Ich sehe nämlich in ihnen den Protisten ganz ähnliche Organismen, welche dieselben morphologischen Elemente in sich enthalten und schließe daraus, daß sie nicht abgegrenzt werden dürfen. Die Frage, ob sie zu den Protozoa oder Protophyta zuzurechnen sind, kommt für mich gar nicht in Betracht, da ich diese Teilung für eine künstliche halte und denke, daß wir Phyto- und Zoo-Formen nur im Reiche der mehrzelligen Organismen unterscheiden können. Diesen letzteren gegenüber stellt der Körper der Protisten etwas ganz Apartes vor, da es keine Formelemente aufweist. Die Bakterien sind als eine, anderen Protistengruppen gleichwertige, Einheit anzusehen, denen der Ausdruck "niedrig organisiert" gar nicht zukommen kann, da überhaupt die Begriffe "hoch" und "niedrig" hier keine Anwendung haben können. Weder in ihren morphologischen Eigenschaften, noch in ihrer Entwicklungsgeschichte oder welch anderen Eigenschaften können Bakterien gegenüber den Protisten eine isolierte Stellung einnehmen. Sie stellen viel eher eine den anderen Protistengruppen (z. B. den Flagellaten oder anderen) ganz gleichwertige Gruppe vor.

Will man durchaus diese Verhältnisse graphisch darstellen, so muß man die Protisten in Form parallel verlaufender Linien aufzeichnen, nicht aber als einen gemeinsamen Stamm der von sich dicht belaubte Zweige und Stengel absendet.

Literatur verzeichnis.

- 1913 AWERINZEW, S.: Ergebnisse der Untersuchungen über parasitische Protozoen der tropischen Region Afrikas I. Zool. Anz. Bd. 41 Nr. 4.
- 1916 —: Contribution à l'étude des Protozoaires des régions tropiques de l'Africa I. Pseudogregarina ranae. Journ. russ. de Zoologie (St. Pétersbourg) Vol. I p. 219—229 Taf. XI (russisch mit franz. Zusammenfassung).

- 1908 Dobell, C. C.: Notes on some Parasitic Protists. Quart. Journ. Micr. Sci. Vol. 52 p. 121.
- 1909 —: On the so-called "sexual" Method of Sporeformation in the Disporic Bacteria. Ibid. Vol. 53 p. 579.
- 1911 —: Contributions to the Cytolygy of the Bacteria. Ibid. Vol. 56 p. 395.
- 1911a —: The Principles of Protistology. Arch. f. Protistenk. Bd. 23.
- 1907 GUILLIERMOND, A.: La cytologie des Bactéries. Bull. Inst. Pasteur T. 5 p. 273.
- 1908 —: Contribution à l'étude cytologique des Bacilles eudosporés. Arch. f. Protistenk. Bd. 12 p. 9.
- 1909 —: Observations sur la cytologie d'un Bacille. C. R. Soc. Biol. T. 67 p. 102.
- 1922 Kitaeff, F.: Zum Bau der Bakterien (russisch mit deutsch. Zusammenfassung). Revue de Microbiologie et d'Epidémiologie (Inst. de Microbiol. á Saratov) Bd. 1 Nr. 2 p. 146, 120.
- 1904/07 Migula, W.: Allgemeine Morphologie usw. der Schizomyceten. Lafar, F. Handbuch der technischen Mykologie Bd. 1.
- 1901 Nakanishi, K.: Über den Bau der Bakterien. Cbl. Bakter. Abt. I Bd. 30 p. 97.
- 1902 SCHAUDINN, F.: Beiträge zur Kenntnis der Bakterien und verwandter Organismen. I. Bacillus bütschlii n. sp. Arch. f. Protistenk. Bd. 1 p. 306.
- 1903 —: II. Bacillus sporonema n. sp. Ibid. Bd. 2 p. 421.
- 1893 Schewiakoff, W.: Über einen neuen bakterienähnlichen Organismus des Süßwassers. Verh. nat.-med. Ver. Heidelberg N. F. 5 p. 44.
- 1906 SWELLENGREBEL. N. H.: Zur Kenntnis der Zytologie von Bacillus maximus buccalis. Cbl. Bakter. Abt. 2 Bd. 16 p. 617.
- 1907 —: Zur Kenntnis der Zytologie der Bakterien. I. Bacterium binucleatum. Centralb. f. Bakter. Abt. 2 Bd. 19 p. 193.
- 1907a —: Sur la cytologie comparée des Spirochètes et de Spirilles. Ann. Inst. Pasteur T. 21 p. 448.
- 1909 —: Untersuchungen über die Zytologie einiger Fadenbakterien. Arch. Hyg. Bd. 70 p. 380.
- 1913/14 WOODCOCK, H. M. and LAPAGE, G.: On a remarkable New Type of Protistan Parasite. Quart. Journ. Micr. Sci. Vol. 59 p. 431.

Tafelerklärung.

Tafel 6.

Sämtliche Abbildungen wurden mit Hilfe des Abbe'schen Zeichenapparates auf der Höhe des Arbeitstisches entworfen. Objektiv Zeiss 1,5 mm, Apert. 1,30, Comp. Oc. 8. Fixierung mit Schaudinn's Flüssigkeit heiß angewandt. Färbung nach Giemsa. Abstufungen in der Rosafärbung sind auf den Figuren durch Anwenden verschiedentlich dicht angelegter Tusche dargestellt.

Fig. 1-17. Bacillus tachydromus.

- Fig. 1 u. 4. Ein Kern.
- Fig. 2. Ein Kern am unteren Ende. Neben ihm ein Chromatinkörperchen. Außerdem sind noch andere Einschlüsse vorhanden.
 - Fig. 3. Zwei Kerne.

- Fig. 5. Ein Kern und viele zerstreute Chromatinkörperchen.
- Fig. 6. Ein Kern, in der wandständigen Plasmaschicht viele Partikelchen (pseudo?) nucleärer Natur. Plasmabrücken scharf ausgeprägt, was den Eindruck eines geschlängelten Fadens hervorruft.
- Fig. 7. Mehrere Chromatinkörperchen. Der Kern ist in zwei Teile zerfallen. Die Sporenanlage enthält einen Kern.
- Fig. 8. Eine scheinbar kernlose Form. Die Sporenanlage enthält zwei Chromatinkörperchen.
- Fig. 9. Zwei Kerne und zwei Körperchen nucleären Ursprungs. Einige Einschlüsse vorhanden. Die Sporenanlage besitzt einen Kern (Chromatinkörperchen?).
- Fig. 10. Ein Kern. Außerdem sind einige Einschlüsse vorhanden. Die Spore enthält einen zentralen und zwei polar gelagerte Chromatinkörperchen (Kerne?).
 - Fig. 11. Ein Kern.
- Fig. 12. Ein Kern und ein der Längsachse parallel verlaufender Faden, dessen Endkörperchen die dem Chromatin eigene Farbenreaktion aufweist. Der Faden selbst nimmt die Chromatinfarben nicht auf.
- Fig. 13. Bläschenförmiger Kern. Mehrere Chromatinkörperchen (nucleärer Abstammung).
 - Fig. 14. Kern und mäandrisch angeordnete Chromatinkörperchen.
- Fig. 15. Zwei Kerne, von denen der eine Bläschenform besitzt. Die Chromatinkörperchen sind längs des Bakterienkörpers angeordnet.
- Fig. 16. Eine Sporenanlage mit 4 Chromatinkörperchen (Kernen?). Im Bakterienkörper ist der Kern nicht aufgefunden worden.
- Fig. 17. Ein Kern. Mehrere (eine Kernnatur besitzende?) Partikelchen. Die protoplasmatischen Brücken geben den Eindruck eines geschlängelten Fadens. Die Sporenanlage mit 4 Chromatinkörperchen (Kernen?).

Fig. 18-20. Bacillus asymmetricus.

- Fig. 18. Ein Kern.
- Fig. 19. Ein bläschenförmiger Kern.
- $\overline{\text{Fig.}}$ 20, Ein typischer bläschenförmiger Kern. Ein Chromatinkörperchen (zweiter Kern?).

Fig. 21-23. Bacillus tachydromus.

- Fig. 21. Irreguläre Anhäufung staubartiger Chromatinpartikelchen.
- Fig. 22. Sporenanlage mit einem Kern. Im Bakterienkörper ist ein Kern zum Vorschein nicht gekommen.
 - Fig. 23. Ein in Teilung begriffener Kern.

Fig. 24-49. Bacillus asymmetricus.

- Fig. 24. Ein bläschenförmiger Kern. Mehrere Chromatinpartikelchen, die sich fadenförmig anordnen.
- Fig. 25—27. Der Kern steht der Bläschenform nahe. Chromatinpartikelchen sind im ganzen Körper zerstreut.
- Fig. 28. Zwei typische Kerne mit einem Plastinkörperchen und einem Chromatingebilde.
 - Fig. 29. Zwei bläschenförmige Kerne (nach der Teilung?).
 - Fig. 30. Zwei bläschenförmige Kerne.
- Fig. 31. Ein Kern. Mehrere Chromatinpartikelchen, die zum Teil paarweise gelagert sind.
 - Fig. 32. Ein Kern. Chromatinpartikelchen paarweise gelagert.

Fig. 33. Ein Kern ist nicht zum Vorschein gekommen (?). Mehrere Chromatinpartikelchen.

Fig. 34. Ein typischer Kern, der außer einem Plastinkörperchen noch Chromatinpartikelchen enthält. Chromatinkörperchen in einer mäandrischen Linie gelagert. Die Sporenanlage enthält Chromatinkörperchen.

Fig. 35, 36. Ein Kern. Chromatinkörperchen in einer gebogenen Linie gelagert. Die Sporenanlage enthält Chromatinkörperchen.

Fig. 37. Bläschenförmiger Kern. Chromatinkörperchen mäandrisch angeordnet.

Fig. 38. Ein Kern ist nicht zum Vorschein gekommen.

Fig. 39. Fertige Spore. Ein Kern fehlt.

Fig. 40. Ein Kern. Einige paarweise gelagerte Chromatinkörperchen.

Fig. 41. Bläschenförmiger Kern. Chromatinpartikelchen. Die Sporenanlage besitzt an ihren Polen Kalotten aus Chromatin.

Fig. 43. Zwei Kerne. Der Sporeninhalt färbt sich nicht mehr. Bildung der äußeren Hülle. An dem unteren Pole der Spore ist ein Rest der Chromatinkalotte zusehen.

Fig. 43. Ein Kern. Die Spore hat keine Farben angenommen. Außerdem sind noch Reste von Chromatinkörperchen zu sehen.

Fig. 44. Ein bläschenförmiger Kern. Ein Chromatinkörperchen. Eine fertige Spore.

Fig. 45. Ein Kern. Eine Sporenanlage.

Fig. 46, 47. Eine in Teilung begriffene Form. Kerne sind nicht zum Vorschein gekommen. Es findet Protoplasmaanhäufung an der Stelle der künftigen Durchschnürung statt.

Fig. 48 u. 49. Zwei Kerne. In Teilung begriffene Formen.

Fig. 50-54. Bacillus rhagii.

Fig. 50. Ein Kern. Junge Form (?).

Fig. 51. Zwei Kerne.

Fig. 52. Vier Kerne. Eine in Teilung begriffene Form.

Fig. 53. Vier Kerne. Teilung. Das Verbindungsstück ist deutlich zu sehen.

Fig. 54. Ein Kern ist nicht zum Vorschein gekommen.

Fig. 55-61. Bacillus bactron.

Fig. 55. Ein Kern und mehrere Chromatin-(nucleäre) Partikelchen.

Fig. 56. Ein Kern.

Fig. 57. Mehrere Kerne (Chromatinkörperchen?).

Fig. 58. Eine fertige Spore und mehrere Kerne (Chromatinkörperchen?).

Fig. 59. Eine fertige Spore und mäandrisch angeordnete Chromatinpartikelchen. Ein Kern (?).

Fig. 60 u. 61. In Teilung begriffene Formen. Mehrere Kerne (Chromatin-partikelchen?).

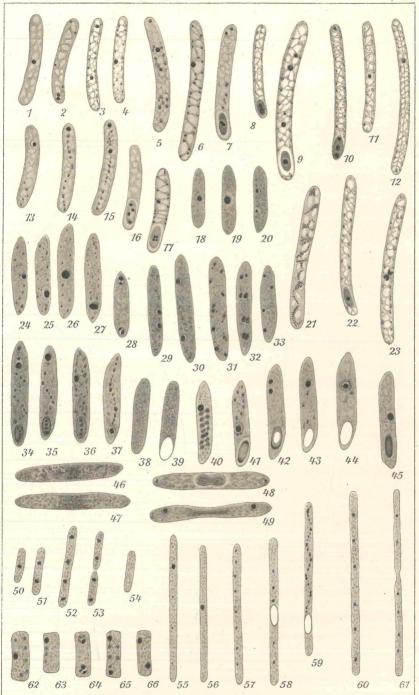
Fig. 62-66. Bacillus polysarcus.

Fig. 62 u. 63. Ein Kern und mehrere Chromatinpartikelchen (nucleäre Körperchen?).

Fig. 64. Zwei typische Kerne, von denen ein jeder je ein Plastin- und zwei Chromatinkörperchen enthält.

Fig. 65. Zwei Kerne und mehrere Chromatinpartikelchen.

Fig. 66. Zwei Kerne.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Protistenkunde

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: <u>49_1924</u>

Autor(en)/Author(s): Awerinzew Sergei Wassiljewitsch

Artikel/Article: Bakterienstudien I. 84-103