

Zur Kritik der Bakteriensystematik.

Von E. G. Pringsheim.

Erweitert nach einem Vortrag, gehalten am 23. 10. 1923 im Verein Lotos in Prag.

Jeder Fachmann, sei er von der Medizin oder von der Botanik her zu der Bakteriologie gelangt, gibt heute zu, daß sich die Systematik der Bakterien in einem wenig erfreulichen Zustande befindet, der in gar keinem Verhältnis zu dem hohen Stand und der überaus eifrigen Bearbeitung dieses Gebietes steht. Als Ursachen werden gewöhnlich die mehr praktischen Bedürfnisse der Hygieniker und die schwierige Abgrenzbarkeit der Einzelformen angegeben. In beiden Annahmen steckt zweifellos etwas Richtiges, aber zu einer tieferen Erfassung des gegenwärtigen Zustandes und schließlich zu Vorschlägen für eine Abhilfe werden wir doch erst auf Grund eingehenderer Betrachtung der historischen Entwicklung, der Bedürfnisse und der Hilfsmittel der Bakteriensystematik sowie durch daranschließende Kritik kommen.

Jeder Reform auf diesem wie auf anderen Gebieten hat die Kritik voranzugehen. Deshalb sei es erlaubt, diese hier voranzustellen und durch Vergleich mit anderen Gebieten der Biologie die Hilfsmittel zur Abhilfe nahezulegen, ohne gleich ein in allen Teilen fertiges neues System vorzulegen. Das Weitere muß der natürlichen Entwicklung überlassen bleiben.

Die ersten Versuche zu einer Systematik der Bakterien, die hauptsächlich von Ferdinand Cohn unternommen wurden, fielen noch in eine Zeit, in der die Mehrzahl der Forscher, die überhaupt einmal Bakterien näher angesehen hatten, an eine Unterscheidbarkeit von Arten wie bei größeren Organismen nicht glaubten. Diese Zweifel hingen nicht nur damit zusammen, daß diese Lebewesen so klein sind, daß man an ihnen, besonders mit den schlechten Mikroskopen der damaligen Zeit wenig Unterscheidungsmerkmale erkennen konnte, sondern vor allem damit, daß man sie an den natürlichen Fundorten stets in einem unentwirrbaren Gemisch antraf, in dem die Entwicklung der einzelnen Individuen nicht verfolgt werden konnte. Das war natürlich eine ungeheure Schwierigkeit für die wenigen Forscher, die sich zu einer Zeit, wo noch so viele lockendere Aufgaben vorlagen und die praktische Bedeutung der Bakterien noch kaum geahnt wurde, an die Erforschung dieser scheinbar wenig reizvollen Lebewesen

heranwagten. Trotzdem gelang es z. B. Cohn, Koch und Brefeld an bestimmten Bakterien, die unter günstigen Umständen einigermaßen einheitliche Vegetationen bildeten, den Entwicklungsgang aufzudecken. Eine sichere Unterscheidung der Arten und ihres Formenkreises war aber bekanntlich erst auf Grund der Reinkultur möglich. Diese lieferte nicht nur die Mittel, die einzelnen Arten zu trennen und die Entwicklung an einheitlichem Material zu studieren, sondern gab auch zahlreiche neue Merkmale außer der Morphologie des Individuums an die Hand, nämlich einmal die Form der Kolonie unter verschiedenen Bedingungen und dann physiologische Eigenschaften wie Gelatineverflüssigung, Sauerstoffbedürfnisse, Zuckervergähung und ähnliches. Es war ganz selbstverständlich, daß man ohne lange theoretische Überlegungen diese Hilfsmittel mit heranzog, wo die rein morphologischen nicht ausreichten, um die Arten zu unterscheiden.

Solche Überlegungen begannen erst, als man versuchte, über die Artunterscheidung hinaus größere Gruppen zu bilden und die Gesamtheit der jeweils bekannten Arten in ein System zu bringen. Hier war man nun in einer ganz anderen Lage als im Beginn der wissenschaftlichen Systematik der höheren Pflanzen und Tiere. Denn während dort eine lange vorwissenschaftliche Entwicklung in der Kenntnis der Formen und ihrer Unterscheidung vorangegangen war, lag hier Neuland vor. Und man nahm nun Vorurteile, die auch dort die Entwicklung der sogenannten natürlichen Systeme verzögert hatten, in die Systematik der Bakterien mit herüber.

Das erste allgemein brauchbare System der höheren Organismen stammt bekanntlich von Linné. Es wird in den meisten Büchern als künstliches den späteren natürlichen gegenübergestellt, worin eine große historische Ungerechtigkeit liegt. Selbstverständlich war es Linnés Bestreben, ein möglichst natürliches System zu schaffen. Ein Fragment davon ist in seiner *philosophia botanica* enthalten. Aber da es noch nicht alle Organismen enthalten konnte, schuf er vorläufig ein Übersichtssystem unter möglichster Berücksichtigung der natürlichen Verwandtschaft. Das ist ihm auch sehr viel besser gelungen als seinen Vorgängern, weil er mit sicherem Blick erkannt hatte, daß die Fortpflanzungsorgane besser als die vegetativen geeignet sind, die Hauptmerkmale abzugeben, — später sagte man wegen ihrer größeren Konstanz und daher größeren Alters in der Phylogenie. Das war ein großer Fortschritt z. B. gegenüber der Einteilung nach dem Nutzen für den Menschen oder nach der Vegetationsform wie Baum, Strauch, Kraut usw. Aber da Linné, um eine leicht übersehbare Ordnung zu schaffen, als Notbehelf zum Zahlensystem gegriffen hatte, wurden öfters zusammengehörige Gattungen und Arten auseinander gerissen. Man muß nicht glauben, daß er das nicht bemerkt habe. Er hielt es nur für das kleinere

Übel. Man wußte natürlich damals sehr gut, daß gewisse natürliche Gruppen vorhanden seien, wie die Gräser, die Orchideen, die Lippenblütler, die Korbblütler u. dgl. Aber Linné durfte sich sagen, daß diese in seinem System in der Hauptsache beisammen blieben, so daß also die nach nicht klar erkannten Gesichtspunkten unterscheidende vorwissenschaftliche Betrachtungsweise durch seine wissenschaftliche bestätigt wurde oder, wie wir heute vielleicht sagen dürfen, umgekehrt. Denn vorher hatte man mehr nach dem Gefühl, d. h. nach der Gesamtheit der erkennbaren Merkmale das Zusammengehörige vereinigt und wohl auch mit demselben Namen benannt. Zum Teil lag das daran, daß man feinere Unterschiede noch gar nicht beachtete, zum Teil lag aber darin ein sehr berechtigtes Ausgehen von uralter Erfahrung. Von den Fehlern, die dabei gemacht worden waren, wollen wir jetzt ganz absehen. Uns kommt es hier nur auf das Prinzip an, und das führt dahin, die ganze spätere Systematik anzusehen als den Versuch, die längst bekannten natürlichen Gruppen in die wissenschaftlichen Systeme aufzunehmen, an die richtige Stelle zu stellen und die übrigen Formen in entsprechender Weise anzuordnen.

Diese natürlichen Gruppen sind nun durchaus nicht nur an den systematisch wichtigsten Teilen, nämlich den Organen der Fortpflanzung als zusammengehörig erkannt worden, im Gegenteil, andere Merkmale wie Vegetationsform, Gestalt der Blätter, Sproßaufbau u. a., d. h. der sogenannte Habitus, trugen sehr wesentlich dazu bei, gewisse Formen als zusammengehörig zu empfinden. Wir sind uns zwar heute bewußt, daß auf diese Weise große systematische Fehler entstehen können, daß man z. B. die Wale nicht zu den Fischen, aber auch nicht einmal alle Meeressäuger zusammen tun darf; aber andererseits wissen wir auch, daß die natürlichen Gruppen in der Tat nicht nur die für die Einteilung hauptsächlich verwendeten Merkmale gemeinsam haben, sondern, daß die Verwandtschaft sich in jeder Körperzelle ausprägt, so daß es unzählige, an sich gleich bedeutende Merkmale morphologischer wie physiologischer Natur gibt, die mit der systematischen Stellung eines Lebewesens zusammenhängen, von den arteigenen Eiweißstoffen bis zu den Instinkten. Keines dieser Merkmale ist im Grunde wichtiger als das andere. Der „experimentelle Verwandtschaftsbeweis“ auf serologischem Wege z. B. ist nur ein Merkmal, unter anderen wertvoll, weil er zu den älteren als neue Bestätigung hinzukommt, aber an sich nicht geeignet, etwa große Umstellungen im System vorzunehmen.

Unter diesen Umständen ist die Frage schwer zu beantworten, wie man praktisch vorgehen soll; denn wie sich leicht an Hand von Beispielen zeigen ließe, kann ein Merkmal in einer Gruppe des Systems sehr bedeutungsvoll, in der anderen ganz unbrauchbar sein. Wir wollen uns damit begnügen, später an den Bakterien die Richtigkeit dieser Behauptung zu erhärten.

Hier soll nur der ungemein wichtige Schluß gezogen werden, daß eben die Gesamtheit der jeweils bekannten Merkmale verglichen, abgewogen und an der richtigen Stelle verwendet werden muß. Dazu gehört das systematische Gefühl oder wie man es nennen will, ein direkter Nachkomme jener vorwissenschaftlichen Art der Betrachtung, ein Hilfsmittel, das immer und immer wieder in der Geschichte der Systematik die allzu theoretisch ausgeklügelten Systeme zu korrigieren half. Um es zu verwenden, muß man nicht nur bestimmte intellektuelle Fähigkeiten, sondern vor allem eine sehr eingehende Kenntnis der betreffenden Lebewesen nach allen Richtungen besitzen, und darf sich nicht auf die Betrachtung von Herbarpflanzen, Vogelbälgen oder gefärbten Bakterienpräparaten beschränken.

Als man nun eine wissenschaftliche Bakteriensystematik zu begründen suchte, ging man von der damals wohl von den meisten Systematikern der höheren Organismen geteilten Meinung aus, daß nur morphologische Merkmale wert seien, in der wissenschaftlichen Systematik verwendet zu werden. Das war dort schon eine arge Selbsttäuschung, artete aber in der jungen Bakterienkunde in einen Schematismus aus, der noch über den Linnéschen hinaus ging. Die Folge war, daß man wohl ein schönes System auf dem Papier, aber weder ein Spiegelbild der natürlichen Verwandtschaft noch ein praktisch brauchbares Einteilungsprinzip erhielt. Man konnte nur einige ganz große Gruppen aufstellen, die in sich recht heterogen waren, und man ging dabei, wie allgemein bekannt, von der körperlichen Gestalt, ob kugelig, stäbchenförmig und gerade oder gewunden, aus. Ich will gewiß nicht behaupten, daß das nicht geeignete Merkmale waren. Im Gegenteil, sie werden wohl immer unentbehrlich sein. Aber man brachte so in eine große Gruppe vielfach durchaus nicht zusammengehörige Dinge, z. B. peritrich und lophotrich begeißelte Stäbchen usw.

Wollte man nun, wie es die Praxis erforderte, weitergehen und kleinere Gruppen bis zu den Arten bilden, so müßte man Merkmale physiologischer Art mit heranziehen. Man tat es im Bewußtsein, etwas Verbotenes zu tun und vielfach mit Entschuldigungen. Hier zeigte sich, daß praktische und theoretische Systematik nicht dasselbe sind, und daß die erstere oft nicht warten kann bis die letztere genügend fortgeschritten ist, um ihr zu helfen. Das war in diesem Falle ein Segen, denn von unserm Standpunkte war die praktische Systematik durchaus im Recht und brauchte sich nicht zu schämen. Es wäre nur besser gewesen, sie hätte den gefühlsmäßig und aus praktischen Gesichtspunkten heraus eingeschlagenen Weg bewußt und folgerichtig beschritten und sich aller erreichbaren Merkmale nach Bedarf und unter Abwägung ihrer Bedeutung bedient. Immerhin, die Erkennung und Unterscheidung der Bakterien hat auch ohne klare Erkennung der für die Systematik grundlegenden Überlegungen

große Fortschritte gemacht und sich glücklicherweise nicht an theoretische Verbote gehalten. Wenn man die üblen Folgen der unlogischen Denkweise sehen will, muß man sich schon die Systeme der bloßen Theoretiker ansehen. Um aber diesen ganz gerecht zu werden, müssen wir vorerst noch einmal über die zwiespältige Bedeutung der Systematik nachdenken.

Wie mir scheint, hat jedes System zwei ganz verschiedene Aufgaben, die sich vielfach nicht miteinander vertragen. Es soll nämlich dazu dienen:

1. eine große Zahl von Einzeldingen so zu ordnen, daß sie leicht aufzufinden sind. Dies ist ein rein praktischer Zweck, der durch Bildung von festen Gruppen erreicht wird, die ihrerseits zu größeren und immer größeren einander umfassenden Komplexen zusammengefaßt werden. Übergänge und Zwischenstellungen müssen vermieden werden, Eindeutigkeit der Einordnung ist oberster Grundsatz, der selbst trotz einer gewissen Gewaltsamkeit aufrechterhalten werden muß;

2. soll aber ein System, wenn es wissenschaftliche Bedeutung beanspruchen will, die gegenseitigen Beziehungen der Einzeldinge nach allen Seiten widerspiegeln. Im periodischen System der Elemente z. B. hat jedes Element nicht nur zwischen zwei bestimmten anderen zu stehen, sondern es muß auch in einer gewissen Lage zu weiteren untergebracht werden, mit denen es gleichfalls Beziehungen hat. Hier ist die Aufgabe noch einfach, da alle Elemente in Reihen und diese in einer Fläche untergebracht werden können. Wären noch Beziehungen dritter Ordnung anzudeuten, so müßte eine körperliche Anordnung gewählt werden, die für die meisten schon schwerer vorzustellen wäre. Noch weitere Beziehungsordnungen sind aber kaum mehr anschaulich zu machen.

Das Verhältnis der Organismen zueinander, das ein natürliches System widerspiegeln soll, ist nun ganz anderer Art. Man nimmt eine wirkliche Blutverwandtschaft an, die in Form eines Stammbaumes veranschaulicht werden kann. Von den Arten, die im Stammbaum vertreten sein müßten, kennen wir aber nur einige wenige, da die meisten ausgestorben sind. Mit ihrer Hilfe (die fossilen eingerechnet) versucht man den Stammbaum zu rekonstruieren. Das gelingt natürlich nur bis zu einem gewissen Grade. Nehmen wir aber selbst an, diese Aufgabe sei gelöst, so werden wir doch in das System nur die bekannten Formen aufnehmen. Nun ist es an sich schon nicht durchführbar, einen Stammbaum in Gruppen gleichgeordneter Arten, Gattungen, Familien usf. aufzulösen, die den Forderungen an ein System gerecht würden; nur eine körperliche Konstruktion könnte die wirklichen Beziehungen veranschaulichen. Noch weniger ist das möglich, wenn man nur die bekannten Formen aufnimmt, so daß die Zwischenglieder fehlen, und die gegenseitigen Beziehungen nicht mehr klar hervortreten. Man half sich, indem man es so dar-

stellte, als hätten wir in den bekannten Formen solche Zwischenlieder, oder doch wenigstens ihnen sehr nahestehende Einheiten. Also wurden die bekannten Arten anstatt aller je entstandenen in einen Stammbaum zusammengefaßt. Das ist ein großer logischer Fehler. Nimmt man nun noch hinzu, daß die wirkliche Verwandtschaft in Wirklichkeit nicht bekannt ist und nur mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit gemutmaßt werden kann, so sieht man, daß ein wirklich wissenschaftliches System, das also mit Kritik aufgestellt wäre, gar nichts anderes tun könnte, als zu versuchen, alle gegenseitigen Beziehungen der Organismen, die auf irgendeine Verwandtschaft hindeuten, wiederzugeben. Dies wird tatsächlich auch versucht, aber ohne daß die anderen beiden oben gekennzeichneten Ziele aufgegeben würden. Der Kompromiß, der dadurch nötig wird, hat zu vielerlei Verwirrung in Lehre und Forschung geführt.

Kehren wir nun zur Bakteriensystematik zurück, die, wie gesagt, bei ihrer Entstehung der vorwissenschaftlichen Tradition entbehrte, so galt es natürlich zuerst in den mannigfachen Formen, die man beobachtete, Ordnung zu schaffen. Nun fiel es auf, daß die Bakterien außer ihrer Kleinheit noch eine andere Schwierigkeit für die Unterscheidung darbieten, nämlich die Einfachheit ihrer Gestalt, die sich leicht mathematisch ausdrücken ließ. Man fand Kugeln, Zylinder, Schraubengebilde. Diese Einfachheit ist nicht, wie manchmal gesagt wird, nur scheinbar und auf die wegen der geringen Dimensionen erschwerte Erkennung weiterer Einzelheiten zurückzuführen. Wie wir an einigen Formen der Bakterien, an Spirochäten und kleinsten Flagellaten sehen, könnten sehr wohl verwickeltere Gestalten vorkommen. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich dann auch, daß die einfachen Formen, die zunächst gewissermaßen als die Norm angesehen und deshalb besonders hervorgehoben und zur Benennung und Unterscheidung verwendet wurden, erstens nicht allgemein sind, zweitens nur bestimmte Entwicklungsstadien darstellen und drittens in ihrer Gestaltung im einzelnen noch Merkmale genug ergeben, die aber keinen großen systematischen Wert haben und deshalb nur zur Unterscheidung von Arten und nicht von größeren Gruppen geeignet sind. Manchmal sind auch bestimmte Formabweichungen der Einzelindividuen sehr charakteristisch.

Jedenfalls ist es begreiflich, daß zunächst diese oben gekennzeichneten, verschiedenen Gestalten zur Einteilung der Gesamtmasse der Bakterien verwendet wurden, daß man also Kokken, Bakterien und Spirillen unterschied. Diese Gruppen haben auch heute noch ihren Wert und sind nicht zu entbehren. Aber wir können leicht sehen, daß sie in keiner Weise ausreichen. Erstens entstehen dadurch viel zu große Gruppen, die weiter aufgeteilt werden müssen, zweitens werden auf diese Weise nicht zusammengehörige Verwandtschaftskreise vereinigt, die unter sich nicht näher zusammengehören als die drei angenommenen großen

Gruppen. Ich erinnere nur an die Corynebakterien und Mykobakterien, die man zu den echten Bakterien rechnete, an die Spirochäten, die man zu den Spirillen stellte und vielfach sogar heute noch so nennt.

Die so notwendige weitere Einteilung konnte nun nicht mehr auf Grund der einfachen Gestalt vorgenommen werden. Man zog hauptsächlich zwei weitere morphologische Merkmale heran, nämlich Begeißelung und Sporenbildung. Diese geben Merkmale ab, die in der Tat gut verwendbar sind, und verhältnismäßig brauchbare Systeme sind mit ihrer Hilfe aufgestellt worden. Den Hauptmangel fand man zunächst darin, daß die entstehenden systematischen Gruppen immer noch zu viel Arten enthielten, die sich schwer übersehen und ordnen ließen. Die andere Schwierigkeit, daß es nicht immer leicht entscheiden ließ, ob eine Art fähig ist, Geißeln oder Sporen zu bilden, wurde erst allmählich in ihrer Bedeutung erkannt. Man fand diese Gebilde zuweilen an Arten, wo sie lange übersehen worden waren, weil sie nur unter besonderen, in den Kulturen meist nicht verwirklichten Bedingungen auftreten, und begann zu zweifeln, ob es überhaupt Arten gäbe, die zu ihrer Ausbildung gar nicht befähigt seien oder zum mindesten, ob es eine für unsere Hilfsmittel sicher feststellbare Grenze gebe. Das gilt besonders für die Begeißelung der Kokken.

Man war auf diese Weise gezwungen, eine Art, für die z. B. Sporen noch nicht nachgewiesen, aber wahrscheinlich waren, vorläufig an eine Stelle zu stellen, an die sie offensichtlich nicht gehörte. Das mußte die Unsicherheit sehr vermehren und schließlich das Vertrauen, daß eine zuverlässige Bakteriensystematik möglich sei, sehr erschüttern. Dadurch wurde das Feld für weniger kritische oder gewissenhafte Bakteriologen frei, die sich sagten, wenn die Wissenschaftlichkeit versagt, dann machen wir es wie es gerade im Augenblick und in unserm Teilgebiet paßt. Vor allem überwand man im praktischen Gebrauch die Schwierigkeiten dadurch, daß man andere, hauptsächlich physiologische Merkmale heranzog, die zwar für wissenschaftlich nicht erlaubt galten, aber doch gute Dienste leisteten. Allerdings entstanden dadurch Monstra von Bakteriensystemen. Und diese sind nicht etwa nur an versteckten Stellen aufzufinden, ohne wirklich verwendet zu werden. Wir finden sie vielmehr an bevorzugter Stelle in so gut wie allen Lehr- und Handbüchern. Da werden z. B. die Spaltpilze in die drei oben genannten Gruppen eingestellt, die dann auf Grund der Sporenbildung und Begeißelung weiter aufgeteilt werden. Und hinten sind die Purpur- und Schwefelbakterien als gleichberechtigte Gruppen angefügt, auf Grund physiologischer Merkmale, die in ihren Reihen alle die morphologischen Merkmale wiederholen, die dort zu den wichtigsten Unterscheidungen gedient hatten. Das ist, als wollte man erst alle Blütenpflanzen aufführen und dann diejenigen Arten in besonderen systematischen Gruppen, die Schmarotzer, Schling-

pflanzen oder Wasserpflanzen sind. Tatsächlich sind diese biologischen Eigenheiten in gewissen systematischen Gruppen der Phanerogamen besonders häufig oder sogar allgemein zu finden, sie entbehren also nicht der systematischen Bedeutung, aber ihr Verhältnis zu den wichtigsten morphologischen Eigenschaften muß erst erkannt werden, bevor man sie verwendet. Bei den Bakterien führte nicht nur Mangel an solcher Erkenntnis, sondern das Fehlen brauchbarer Unterscheidungsmerkmale zu solcher Gruppierung; aber der logische Fehler bleibt. Um das Durcheinander von morphologischen und physiologischen Einteilungsprinzipien zu vermeiden, ist sogar der Versuch gemacht worden, ein rein physiologisches System aufzustellen, das wohl den Gipfel systematischer Einsichtslosigkeit darstellt (Jensen 07). Außerdem krankt es auch für den praktischen Gebrauch, für den es ja allein in Frage kommen könnte, an noch größerer Unsicherheit und Unübersichtlichkeit als alle morphologischen Systeme. Es ist entstanden aus der Verwirrung, die der Streit über die Bedeutung der physiologischen Merkmale hervorgerufen hat. Es ist kein Wunder, daß einer ihrer Verteidiger gegen die morphologischen Dogmatiker die letzte Konsequenz gezogen hat. Die anderen begnügten sich damit, darüber zu diskutieren, ob den physiologischen Merkmalen Gleichberechtigung mit den gestaltlichen zukomme, d. h. ob sie verwendet werden dürften, um die großen Gruppen zu bilden, oder ob sie nur zur Charakterisierung der kleinsten geeignet seien. Dabei blieb also die Vorstellung unberührt und bildete immer die selbstverständliche Grundlage der Diskussion, daß jeder Einteilung immer ein bestimmtes Merkmal zugrunde liegen müsse. Also Geißeln vorhanden — Geißeln fehlend, Gelatine wird verflüssigt — wird nicht verflüssigt. Das ist eine Verwechslung zwischen Systematik und Bestimmungstabelle.

Im Gegensatz dazu bin ich der Meinung, daß alle Merkmale Berechtigung haben, wofern sie geeignet erscheinen, die natürliche Verwandtschaft wiederzuspiegeln, daß aber die morphologischen Merkmale immer zuerst berücksichtigt werden müssen, weil sie größeren Verwandtschaftsgruppen gemeinsam zu sein pflegen. Das darf aber hinwiederum nicht dazu führen, etwa um jeden Preis alles, was stäbchenförmig ist, zusammenzufassen. Bei näherer Betrachtung zeigt sich dann, daß auch unter den Spaltpilzen natürliche Gruppen vorkommen, über deren Zusammengehörigkeit kein Zweifel herrschen kann. Diese lassen sich immer morphologisch begrenzen, haben aber auch physiologische Merkmale gemeinsam, wodurch ihre Einheitlichkeit bestätigt wird.

Wenn wir nun aus der zunächst kaum übersehbaren Masse der Bakterienarten solche natürliche Gruppen ausgesondert haben, wie das z. B. auch L e h m a n n und N e u m a n n in sehr verdienstlicher Weise getan haben, so bleiben noch viele Arten übrig, und es fragt sich nun, ob dadurch der erzielte Gewinn nicht wieder

verloren geht. Für das Verständnis der natürlichen Verwandtschaft kann diese Frage unbedenklich verneint werden; aber wie ist es mit dem praktischen Gebrauch eines solchen Systems? Ich bin der Meinung, daß auch dafür die empfohlene Methode große Vorteile bietet. Die Aufgabe besteht eben dann darin, zu sehen, wo diese noch nicht untergebrachten Arten am besten hin passen. Meist wird man finden, daß sie doch in eine oder die andere Gruppe eingestellt werden können. Nur selten kommen zweifelhafte Fälle vor, hervorgerufen durch eine Übergangstellung der betreffenden Art. So gibt es Kokken, die zu Mikrokokkus oder zu *Sarcina* gestellt werden können. Ist sichergestellt, daß Teilungen in drei Richtungen vorkommen, so ist ein solcher Stamm zu *Sarcina* zu stellen, auch wenn er keine typischen Pakete bildet. Allerdings muß zugegeben werden, daß damit ein im praktischen Gebrauch kaum verwendbares Merkmal benutzt wird. Aber hier liegt auch offenbar eine sehr nahe Verwandtschaft vor, die eigentlich kaum zur Bildung einer scharfen Grenze zwischen größeren Gruppen berechtigt. Ähnlich liegt der Fall bei *Pseudomonas* und *Vibrio*, resp. *Vibrio* und *Spirillum*. Es ist zwar zweckmäßig, diese drei Gattungen beizubehalten, aber die Unterscheidungsmerkmale sind nicht sehr tiefgreifend, und wir können uns nicht wundern, wenn zuweilen Zweifel über die Zugehörigkeit einer Art entstehen. Bei genauer Untersuchung wird sich aber wohl hier wieder eine sichere Zuordnung erreichen lassen, da *Pseudomonas* nie schraubenförmige Zellverbände, sondern höchstens gebogene Individuen aufweist, wie sie ja auch bei *Bakterium* und *Bazillus* vorkommen. *Vibrionen* unterscheiden sich von *Spirillen* immer durch die Einzahl der Geißel. Höchstens ganz vereinzelt kommen einmal zwei — oder ganz wenig — geißelige Individuen vor, während alle typischen *Spirillen* immer Geißelbüschel besitzen. Schwieriger schon ist die von mir versuchte Aufteilung der Gattung *Bakterium* nach dem Vorhandensein oder Fehlen der Geißeln, ein nicht neues Unterfangen, das eigentlich nur praktisch begründet werden kann. Es wird eben dadurch eine sonst fast unübersehbar große Gattung mit Hilfe eines konstanten, leicht feststellbaren Merkmales aufgeteilt, ein Vorteil, den ich nicht ratsam finde, aufzugeben. Etwas besser steht es wieder mit der Unterscheidung der Gattungen *Bazillus* und *Clostridium*. Zwar ist das Merkmal, das ursprünglich zur Unterscheidung dienen sollte, nämlich die Form des Sporangiums, nicht charakteristisch, da einerseits aufgetriebene Stäbchen ebenfalls bei der Sporenbildung von aeroben Arten wie *B. mycoides* vorkommen, andererseits alle Übergänge zwischen sogenannten *Plectridien* und *Clostridien* existieren; aber ich möchte doch glauben, daß die anaeroben, meist Granulose und Buttersäure bildenden Stäbchen eine natürliche Gruppe bilden, von der es keine Übergänge zur *Subtilis*-Gruppe gibt, die ebenfalls sehr natürlich erscheint.

In diesen vorläufig noch teilweise etwas schwierig erscheinenden Unterscheidungen sehe ich also keine Ursache, von meinem Vorhaben abzulassen. Schlimmer sind schon die Fälle, wo Arten beschrieben sind, die die Eigenschaften sich ferner stehender Gattungen vereinigen sollen, wie Spirillen und Pseudomonas mit Sporen, grampositive Stäbchen mit endständiger Begeißelung, bewegliche Streptokokken oder unbewegliche Spirillen. Sieht man aber genauer zu, so handelt es sich in allen diesen Fällen um nur einmal beobachtete und nicht sehr genau beschriebene Befunde. Die Sporen von *B. syncyaneum* freilich und ähnliche Fälle haben von mehreren Forschern die verschiedenste Beurteilung gefunden. Auch hier aber spricht jetzt alles dafür, daß dieser offenbare Pseudomonas aus der Verwandtschaft des *Ps. fluorescens* keine Sporen besitzt.

Als Haupteinwand gegen solche Bestrebungen wie ich sie im Auge habe, wird immer die schwierige Abgrenzung der Arten wegen deren Veränderlichkeit angeführt. Nun kann ich zwar nicht zugeben, daß diese Schwierigkeit, selbst wenn sie prinzipielle Bedeutung besäße, uns der Notwendigkeit, um nicht zu sagen Pflicht, enthöbe, natürliche Gruppen zu bilden, habe vielmehr den Eindruck, daß die ungünstige Laboratoriumserfahrung die betreffenden Forscher zur Resignation und auf dieser Grundlage zu einer falschen theoretischen Einstellung gebracht hat. Wenn auch die Bakterien durch äußere Einflüsse stark modifizierbar sind, so wird doch heute niemand, der eine bestimmte Gruppe genau kennt, in dieser von einer Umzüchtung einer Art in eine andere sprechen. Der Übergang von Paratyphus in Coli- und Typhusbakterien, der von vielen sich für sehr modern haltenden Forschern für möglich gehalten zu werden scheint, ist tatsächlich noch nie gefunden worden, obgleich in den letzten 10 Jahren unendlich viel über dieses Thema gearbeitet worden ist. In Wirklichkeit handelt es sich bei der sogenannten Variabilität der Bakterien um zwei ganz verschiedene Dinge, die durch ihre Verwechslung diesen schlimmen Zustand hervorgerufen haben, nämlich

1. um das Vorhandensein von zahlreichen Zwischenformen zwischen den zuerst beschriebenen gut unterscheidbaren Arten, und
2. um die große Modifizierbarkeit mancher Arten, besonders in der künstlichen Kultur.

Was den ersten Punkt anbelangt, so handelt es sich um eine Erscheinung, die sich in gleicher Weise auch bei anderen Lebewesen zeigt. Wir wissen lange, daß die alten „Linnéschen“ Arten nicht die letzten systematischen Einheiten sind, sondern daß erbliche, konstant unterscheidbare kleinere Einheiten existieren, die wir „kleine Arten“ nennen. So ist es auch bei den Bakterien. Wenn wir also bei der Unterscheidung der Formen Schwierigkeiten begegnen, so hat das nicht irgendwelche tiefer begründeten Ursachen, sondern liegt nur an der Mangelhaftigkeit unserer Methoden, die uns noch nicht erlauben alle Merkmale in ihrer Bedeutung richtig

zu erfassen. Wirkliche Übergänge zwischen den Arten sind dadurch nicht gegeben. Solche schwierige Gruppen sind z. B. die Typhus-Coli-Gruppe, die Streptokokken, die Gruppe der anaeroben Bazillen, die als *Amylobacter*- oder *Putrificus*-Gruppe bezeichnet werden kann. Hier zeigt die serologische Reaktion oder die Art der hervorgerufenen Krankheitserscheinungen eine größere Verschiedenheit der einzelnen Stämme an, als aus den morphologischen oder physiologischen Merkmalen gefolgert werden würde, oder mit anderen Worten, man würde eine große Zahl von Stämmen nicht unterscheiden können und zu einer Art stellen, wenn nicht doch gewisse Anzeichen dafür sprächen, daß konstante Unterschiede vorhanden sind.

Manchmal freilich kann die Entscheidung über die systematische Stellung eines Stammes recht schwer werden, so wenn geißellose und eingeißelige Coli-Stämme beschrieben werden. Ist bei ersteren dieses Merkmal konstant, so müßte eine ganz besonders sorgfältige Untersuchung der übrigen Merkmale erst entscheiden, daß es sich doch um Formen handelt, die zu *Bakterium coli* gehören. Dann aber liegt kein Grund vor, sie etwa nur wegen Fehlens dieses einen Merkmales wo anders hinzustellen. Ich würde mich aber nicht wundern, wenn einerseits doch einmal wieder Geißeln auftreten würden, z. B. nach längerer Züchtung auf flüssigen Nährböden oder — wenn es sich bei genauerer Untersuchung herausstellen sollte, daß doch etwas ganz anderes vorliegt. Ist nur eine Geißel vorhanden, so müßte man den Stamm zu *Pseudomonas* stellen, falls man sich ganz schematisch an diese morphologischen Merkmale hielte. Auch hier kann erst eine Berücksichtigung aller zur Verfügung stehenden Erkennungszeichen eine sichere Entscheidung bringen.

Größere Hindernisse für die Unterscheidung der Formen kommen aus der Modifizierbarkeit der Bakterien, die hier allerdings, soweit man vergleichen kann, größer zu sein scheint als bei höheren Pflanzen. Die Erscheinungen sind in den letzten 10 Jahren viel untersucht worden und jedem Bakteriologen bekannt. Es handelt sich in der Hauptsache um folgendes:

1. Einfache oder reversible Modifikationen.

Ein und derselbe Bakterienstamm entwickelt sich unter verschiedenen Umständen, wie Veränderungen der Temperatur, der Zusammensetzung des Nährbodens, Gegenwart schädlicher Substanzen usw. in einer so abweichenden Weise, daß ohne Kenntnis der bewirkenden Umstände angenommen werden würde, es lägen wohl unterschiedene Formen vor. Meist handelt es sich dabei um Verluste irgendwelcher Eigenschaften, wie Farbstoffbildung, Sporulation, Enzymproduktion usw. Unter Umständen, wo diese Einflüsse entfallen, tritt sofort wieder das ursprüngliche Wachstum auf.

2. Dauermodifikationen. Bei längerer Einwirkung oder besonderer Labilität der betr. Bakterienart kann die Ver-

änderung so tiefgreifend werden, daß die verlorenen Eigenschaften erst allmählich oder unter den zur Verfügung stehenden Bedingungen überhaupt nicht mehr zurückkehren.

3. Spontanmodifikationen (sog. Mutationen). Unter vorläufig nicht näher bekannten Bedingungen gewinnen einige Zellen scheinbar neue Eigenschaften (wie Gärfähigkeit, aerobes Wachstum, Geißelbildung), die plötzlich auftreten und auf die Nachkommenschaft übertragen werden, so daß ein Teil der aufkommenden Kolonien von den ursprünglichen verschieden sind.

Ob diese Einteilung dem eigentlichen Wesen der Sache entspricht, läßt sich heute noch nicht sagen. Dem, der die Fortschritte der Vererbungslehre bei den höheren, sexuell organisierten Lebewesen vergleicht, erscheint sie einigermaßen äußerlich. Die Abgrenzung ist auch nicht scharf, wie schon aus der Definition hervorgeht. Auffallend ist besonders die Bildung von Dauermodifikationen, die unter den höheren Pflanzen und Tieren nicht vorkommt, wohl aber unter den Infusorien bei asexueller Fortpflanzung und bis zu einem gewissen Grade sogar auch bei sexueller (Jollos 1921).

Ob dieses Fehlen bei den vielzelligen Lebewesen nur scheinbar ist, weil man darauf bisher nicht genügend geachtet hat, oder — was wahrscheinlicher ist — sich diese vermöge ihrer größeren Differenziertheit weniger plastisch erweisen, kann vorläufig nicht gesagt werden.

Die Spontanmodifikation hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der vegetativen Aufspaltung bei den höheren Pflanzen, die dort am deutlichsten als Knospenvariation auftritt. Auch dort ist die bewirkende Ursache sowie der Grund, der bei der einzelnen Zelle ihre Entwicklungsrichtung nach der einen oder anderen Seite bestimmt, unbekannt. Und auch dort bleiben die veränderten Zellen in ihrer Nachkommenschaft konstant, während die nichtveränderten meist die Eigenschaft beibehalten, von neuem veränderten Zellen den Ursprung zu geben. Übrigens sind ähnliche Dinge wiederum nicht auf Bakterien beschränkt, sondern auch bei Algen und Pilzen beobachtet worden. Bedeutungsvoll erscheint hier, daß neue Eigenschaften aufzutreten scheinen. Das ist gewiß schwerer zu verstehen, um nicht zu sagen unwahrscheinlicher als der Verlust von Eigenschaften. Natürlich läßt sich immer einwenden, daß es sich in Wirklichkeit um Wiedererwerbung (nur scheinbar) verlорener Eigenschaften handelt; aber für den Beobachter ist davon nichts zu erkennen. Solange also dieser Einwand nicht irgendwie experimentell belegt wird, bleibt er zwar logisch, aber völlig akademisch.

Es fragt sich nun, wie groß die aus diesen Erscheinungen entspringenden Schwierigkeiten für eine Systematik der Bakterien in Wirklichkeit sind. Ich glaube, sie werden erheblich überschätzt. Es kommt allerdings vor, daß eine Art unter gewissen Bedingungen scheinbar ihren eigenen Formenkreis überschreitet

und in einen anderen eindringt. Nur solche Fälle können ja überhaupt als einigermaßen ernste Hindernisse für die Unterscheidung der Formen angesehen werden. Aber wenn zwei Stämme, längere Zeit unter gleichen Bedingungen fortgezüchtet, sich genau gleichartig verhalten und auch unter veränderte Bedingungen gebracht gleichartig modifiziert werden, so gehören sie eben zu derselben Art. Man darf nur nicht vergessen, daß die Modifizierbarkeit zu den Arteigenschaften gehört wie alle anderen Eigenschaften, seien sie nun morphologisch oder physiologisch. Die wirklichen Grenzen der Art werden dadurch nach unseren heutigen Kenntnissen nicht verschoben. Sie müssen nur besser bestimmt werden als das bisher geschehen ist, und alle Arbeiten über die Unzüchtbarkeit der Bakterien laufen im Grunde darauf hinaus und können eigentlich gar kein anderes Ziel haben!

Bevor ich daran gehe, ein bestimmtes Bakteriensystem als das zur Zeit beste zu empfehlen, will ich einige vorführen und durchsprechen, um zu zeigen, worin sie verbesserungsbedürftig sind. Das wird sich als nicht überflüssig herausstellen, da noch bis in die neueste Zeit wenig geeignete Systeme vorgeschlagen werden. Ich gehe aber etwas weiter zurück, weil die beanstandeten Fehler als historisch geworden besser verständlich sind.

I. Migula 1894.

1. Coccaceae; Streptococcus, Micrococcus, Sarcina, Planococcus, Planosarcina.
Bacteriaceae; Bacterium, Bacillus, Pseudomonas.
3. Spirillaceae; Spirosoma, Microspira, Spirillum, Spirochaete.
4. Chlamydobacteriaceae; Streptothrix, Cladothrix, Crenothrix, Phragmidiothrix, Thiothrix.
- (5. Beggiatoaceae; Beggiatoa.)

Dieses System hat große Vorzüge, besonders wenn man bedenkt, daß es das erste war, das sich auf einigermaßen verlässliche Kenntnisse einer größeren Menge von Arten stützen konnte. Bei den Coccaceen sind die ersten drei Gattungen bis heute unentbehrlich. Die zwei letzten, auf das Vorhandensein von Geißeln gestützt, lassen sich leider nicht aufrechterhalten, da dieses Merkmal sich nicht als zuverlässig und außerdem als ungeeignet zur Abtrennung natürlicher Gattungen erwiesen hat. Bei den Bacteriaceen werden die Gattungen Bacillus und Bacterium nach dem Vorhandensein oder Fehlen der Geißeln unterscheiden, während bei beiden Sporen vorkommen oder fehlen. Wir müssen heute sagen, daß dadurch eine unnatürliche Einteilung vorgenommen wird, wie das Lehmann und Neumann (1920, S. 155/156) richtig hervorheben.

Bei den Spirillaceen wird eine recht zweifelhafte Gattung, Spirosoma ohne Geißeln, aufgestellt und für Vibrio der Name Microspira Schröter eingeführt. Auch unterscheiden wir diese Gattungen heute nicht mehr nach der Form der Geißeln, sondern

nach der Zahl der Windungen, und finden bei *Vibrio* nur eine (ganz selten zwei), nicht 2—3 Geißeln. Schließlich rechnen wir *Spirochaete* aus guten Gründen nicht mehr zu den Bakterien.

Über die *Chlamydobacteriaceen* will ich mich nicht auslassen, weil diese nicht mehr in den Rahmen dieser Betrachtungen gehören. — Der Hauptfehler des *Migulaschen* Systems ist also bei den *Bacteriaceen* zu finden; doch halte ich die Aufstellung der Gattung *Pseudomonas* für einen sehr glücklichen Gedanken, der durch die physiologische Forschung bestätigt worden ist.

II. A. Fischer 1895 (Coccaceen lasse ich fort).

1. Bacillaceae

Bacillei. Unbeweglich ohne Geißeln, mit Endosporen.

Bacillus. Sporenstäbchen zylindrisch.

Paracloster. Sporenstäbchen spindelförmig.

Paraplectrum. Sporenstäbchen keulig.

Ohne Endosporen, mit Arthrosporen.

Arthrobacter.

Bactriniei. Beweglich mit polarer Einzelgeißel.

Bactrinium. Sporenstäbchen zylindrisch.

Clostrinium. Sporenstäbchen spindelförmig.

Plectrinium. Sporenstäbchen keulig.

Arthrobactrinum mit Arthrosporen.

Bactrillei. Beweglich mit polaren Geißelbüscheln.

Bactrillum. Sporenstäbchen zylindrisch.

Clostrillum. Sporenstäbchen spindelförmig.

Plectrillum. Sporenstäbchen keulig.

Arthrobactrillum mit Arthrosporen.

Bactridiei. Beweglich mit diffusen Geißeln.

Bactridium. Sporenstäbchen zylindrisch.

Clostridium. Sporenstäbchen spindelförmig.

Plectridium. Sporenstäbchen keulig.

Diplectridium. Sporenstäbchen hantelförmig.

Arthrobactridium mit Arthrosporen.

2. Spirillacei

Vibrio. Zellen kurz, schwach bogig, kommaartig gekrümmt, mit polarer Einzelgeißel.

Spirillum. Zellen lang, spiralig gedreht, mit einem meist polaren Geißelbüschel aus mehreren langen Haupt- und mehreren kurzen Nebengeißeln.

Das System von A. Fischer wird von Lehmann und Neumann (1920, S. 156) als logisch und klar bezeichnet. Sie finden es aber andererseits zu sehr schematisierend und wegen der starken Schwankungen der Sporenbildung und Geißelausbildung wenig geeignet. Ich muß es leider noch stärker kritisieren. Es ist rein theoretisch erdacht und enthält Gattungen, die es wahrscheinlich gar nicht gibt! Jedenfalls sind manche Kombinationen von Eigen-

schaften bisher nie aufgefunden worden, so die den Gattungen *Paracloster* und *Paraplectrum* entsprechenden, die höchstens dem Fränkelschen Gasbrandbazillus (*Bac. phlegmonis emphysematosae*) entsprechen könnten, bei dem aber die Geißeln wohl noch einmal aufgefunden werden dürften, dann *Bactrinium*, *Clostrinium* und *Plectrinium* sowie *Bactrillum*, *Clostrillum* und *Plectrillum*, da endständige Geißeln zusammen mit Sporenbildung bisher nicht sicher nachgewiesen sind. Auch *Diplectridium* verdient nach den vorliegenden Beschreibungen keinesfalls einen besonderen Gattungsnamen. Für eine große Anzahl der genannten Gattungen gibt übrigens Fischer ebenso wie für die mit Arthrosporen versehenen Gattungen zu, daß sie ihm nicht bekannt seien! So hat er denn auch in seinen „Vorlesungen“ (1897) nur noch eine Auswahl der oben genannten Gattungen aufgeführt, rechnet aber vielfach die sporenlosen Formen ohne weiteres zu den Sporenbildnern mit „unveränderten sporenbildenden Stäbchen“. Dadurch kommt (1897, S. 33) *Bac. anthracis* zusammen mit *B. tuberculosis*, *diphtheriae* u. a. Bei *Clostridium* und *Plectridium* wird bemerkt: „andere Gattungen mit monothrichen und lophothrichen Geißeln sind noch unbekannt“, was sich bis heute nicht geändert hat. Wir ersehen daraus, daß sich Fischers System schon damals nicht bewährte, also sich nicht allein aus den unvollkommenen Kenntnissen der Zeit, sondern aus Vorurteilen erklären läßt. Für uns ist es nur als warnendes Beispiel von Interesse.

Betrachten wir nun neuere Systeme der Botaniker. In den botanischen Lehrbüchern (Engler-Prantl, Englers Syllabus, Wettstein) finden wir nichts Besonderes. Sie pflegen die Bacteriaceen in die Gattungen *Bazillus* mit Geißeln, *Bacterium* ohne solche und *Pseudomonas* mit endständiger Begeißelung einzuteilen, was entschieden weniger natürliche Gattungen ergibt als die Einteilung nach dem Vorhandensein oder Fehlen der Sporen. Denn *B. anthracis* hat nähere Beziehungen zu *B. subtilis* als zu *B. dysenteriae*, das seinerseits dem *B. typhi* näher steht als dem Milzbrandbacillus.

Bedeutungsvoller ist es an dieser Stelle, die Systeme zu betrachten, die in Spezialwerken über Bakterien gebracht werden.

III. Benecke 1912.

1. Coccaceae,
2. Bacillaceae,
3. Spirillaceae,
4. Rhodobacteriaceae,
5. Mycobacteriaceae,
6. Myxobacteriaceae,
7. Desmobacteriaceae.

Die Coccaceen werden in der üblichen Weise eingeteilt, nur hält B. nicht viel von der Trennbarkeit der Gattungen *Streptococcus*, *Micrococcus* und *Sarcina*. Bei den Bacteriaceen wird unterschieden:

1. Sporen vorhanden, Zellen beweglich oder unbeweglich: Bacillus,
2. Sporen fehlen.
 - a) Zellen unbeweglich oder lateral begeißelt: Bacterium,
 - b) Zellen polar begeißelt: Pseudomonas.

Dagegen läßt sich nicht viel einwenden. Höchstens könnte man fragen, ob nicht manche Bacterium-Arten, z. B. die gram-positiven, der Gattung Bacillus näher stehen als Pseudomonas, und ob nicht manche unbeweglichen Bacterium-Arten andererseits Pseudomonas zu nähern sind?

Benecke macht dann den sehr zu beachtenden Vorschlag, die begeißelten Bacilli in der Gattung Planobacillus und die unbegeißelten Bacteria in der Gattung Planobacterium zusammenzufassen.

Schwierigere Probleme treten dann aber weiterhin auf. Zu den Rhodobacteriaceae rechnet Benecke die Formen, die ihrer Zellgestalt nach einer der drei ersten Familien zuzurechnen wären, aber durch Bacteriopurpurin rot gefärbtes Protoplasma aufweisen. Dieser Vorschlag, der wohl auf Molisch (1907) zurückgeht, ist in dieser Form abzulehnen. Man kann nicht in einer den vorangehenden Familien nebengeordneten Familie die bisher verwendeten Unterscheidungsmerkmale verlassen und nun ein neues verwenden, so daß sich in einer Familie nun die bisher unterschiedenen morphologischen Formen vereinigt finden. Es gibt nur zwei Auswege. Entweder man stellt die roten Arten in die betreffenden Familien und Gattungen als physiologische oder biologische Gruppen ein oder man unterscheidet eine Reihe Eubacteriales von einer zweiten Rhodobacteriales, in der dann, soweit sie bekannt sind, wieder Familien unterschieden werden, also Rhodococcaceae mit Rhodococcus usw. oder wie sich eben die Gattungen unterscheiden lassen, ferner Rhodobacillaceae mit Rhodobacterium und Rhodospirillaceae mit Rhodospirillum usw. Ich neige mehr zu der zweiten Methode, erstens weil die Purpurbakterien tatsächlich eine natürliche Gruppe darzustellen scheinen, die vielleicht nähere Beziehungen zu den Cyanophyceen aufweist als irgend eine andere, z. B. durch das Fehlen von Sporen, durch die Verteilung des Farbstoffes, durch die Beziehungen zum Lichte. Allerdings haben sie vor ihnen vielfach das Vorhandensein von Geißeln voraus. Dann auch weil außer bei den Spirillen nähere Beziehungen zu einzelnen Gattungen der Eubacteriales bisher nicht zu ersehen sind.

Die Familien der Myco- und Myxobacteriaceae sind ein großer Fortschritt. Nur sollten sie zum Range von Reihen erhoben werden, den Benecke nur den Desmobacteriaceen zuerkennt, die dann aber eine andere Endung bekommen müßten.

Sehr berechtigt erscheint es, daß Benecke die großen farblosen Schwefelbakterien nur anhangsweise behandelt. Sie scheinen wiederum zu den Cyanophyceen überzuleiten, mit denen sie durch deren farblose Vertreter verbunden sind.

IV Lieske 1922.

1. Coccaceae; Steptococcus, Micrococcus, Sarcina, Planococcus, Planosarcina.
2. Bacteriaceae; Bacterium, Bacillus.
3. Spirillaceae; Spirillum, Vibrio.
4. Chlamydobacteriaceae; Leptothrix, Crenothrix, Clonothrix, Cladrothrix.
5. Thiobacteriaceae; Thiothrix, Beggiatoa.
6. Rhodobacteriaceae: a) Thiorhodaceae, b) Athiorhodaceae.

Der Verfasser betont zwar, „daß das vorstehend angegebene System lediglich einen Notbehelf darstellt“ Er fordert vor Aufstellung eines endgültigen Systems umfassende morphologische Untersuchungen und Berücksichtigung des „bisher von den Systematikern nur ganz ungenügend beachteten Kapitels der Variabilität der niederen Organismen“ Auch hält er es für sicher, daß „viele jetzt als Arten beschriebene Bakterien nur Entwicklungsformen anderer Spezies darstellen“ Woher er diese Sicherheit schöpft, ist unerfindlich. Es ist sehr bedauerlich, daß die alte Irrlehre vom Pleomorphismus hier wieder auftaucht. Von der sehr umfangreichen neueren Literatur über die Variabilität der Bakterien findet man in seinem Beitrag nichts.

Selbst wenn ich aber seine Entschuldigungen als berechtigt anerkennen könnte, bliebe noch genug zu kritisieren. Bei den Coccaceen wird die Begeißelung als Gattungsmerkmal verwendet, obgleich jetzt allgemein anerkannt wird, daß sie hierzu wegen ihres schwankenden Charakters nicht geeignet ist. Viele Bakteriologen werden überhaupt noch keine beweglichen Kokken gesehen haben. Jedenfalls stehen aber die geißeltragenden Formen, selbst wenn alle Angaben über positive Ergebnisse der noch ausstehenden Nachuntersuchung standhalten sollten, den unbegeißelten so nahe, daß sie wohl mit ihnen in die gleichen Gattungen einzuordnen sind.

Bei den Bacteriaceen dagegen werden nur zwei durch den Besitz von Sporen oder deren Fehlen unterschiedene Gattungen aufgestellt. Beide können Geißeln haben oder nicht. Warum soll nun hier die Begeißelung nicht ausreichen, Gattungen zu unterscheiden? Es dürfte doch wohl sicher sein, daß der Milzbrandbazillus und die Essigbakterien keine Geißeln ausbilden? Aber abgesehen davon ist hier die Möglichkeit und Notwendigkeit weiterer systematischer Aufteilung viel größer.

Die Chlamydobacteriaceen, eine gemischte Gesellschaft, sollten nicht als Familie neben die echten Bakterien gestellt werden. Die Thiobacteriaceen werden nur durch den Schwefelgehalt und die Farblosigkeit definiert. Verfasser kennt nur zwei Gattungen. Bei den Purpurbakterien gibt es dann wieder solche mit Schwefel. Das dient hier aber nur zur Unterscheidung einer Untergruppe, die allerdings an ihrem Namen nicht als solche zu erkennen ist. Vielmehr hat sie die Familienendung. Typo-

graphisch aber erscheint sie neben den Athiorhodaceen, einer leider nach Molisch durch negative Merkmale definierten Gruppe, den Gattungen der anderen Familien gleichgestellt. Das Ganze ist ein verschlechtertes Migulasches System, in dem z. B. die gute Gattung *Pseudomonas* fehlt. Das bisher beste und von den Verfassern auf Grund klarer Erkennung des wesentlichen immer wieder durchgearbeitete System finden wir bei Lehmann und Neumann (1920). Sie stellten zuerst die Gattungen *Corynebacterium* und *Mycobacterium* für die den Diphtherie- und Tuberkelbazillen nahestehenden Formen auf und brachten sie mit Recht zusammen mit *Actinomyces* in eine besondere Gruppe *Actinomycetes*, die zu den echten Fadenpilzen überleitet. Bei den eigentlichen *Bacteriaceen* ist das System Migulas als Grundlage unverkennbar. Nur werden die Gattungen *Bacterium* und *Bacillus* nach den Sporen und nicht nach den Geißeln unterschieden. Die Gattung *Pseudomonas* ist fortgelassen, offenbar weil die Verfasser auf die Begeißelung überhaupt keinen Wert legen. Dadurch aber enthält das ganze System nur sieben Gattungen. Diese werden auf diese Weise sehr groß, und es wird nötig, an Stelle des weiteren Ausbaues des Systems Bestimmungstabellen zu geben, die physiologische Merkmale ohne systematische Bedeutung wie die Absonderung gefärbter Stoffwechselprodukte heranziehen. Das ist an sich ganz konsequent. Ich glaube aber doch, man kann in der Aufteilung weiter gehen und schlage das folgende System vor, dessen Begründung größtenteils schon in den obigen Erörterungen enthalten ist. Als Einheiten des Systems schiebe ich zwischen Gattung und Art die nach einer bestimmten Art benannte „Gruppe“ ein, um nicht voreilig neue Gattungsnamen aufzustellen, die sich finden werden, wenn sich die Einteilung bewährt.

Schizomycetes.

- I. Eubacteriales: 1. Coccaceae, 2. Bacillaceae, 3. Spirillaceae.
- II. Rhodobacteriales¹⁾
 - a) Rhodobacterinae, b) Thiorhodinae.

¹⁾ Ob die Ordnung Rhodobacteriales wirklich unabhängig neben die Eubacteriales zu stellen ist, kann ich mangels dahin gehender Untersuchungen nicht sagen. Manches spricht für ihre Einheitlichkeit, manches dagegen. So scheint mir z. B. das mir bekannte *Spirillum rubrum* Esmarch ein echtes Spirillum zu sein, in allen Eigenschaften den anderen Spirillen entsprechend. Doch besitzt es dieselben Farbstoffe, die Molisch (1907) für die Purpurbakterien nachgewiesen hat. Andere Formen wieder zeigen ein von den Eubacteriales stärker abweichendes Verhalten. Das gilt vor allem für viele Thiorhodinen. Vorläufig erscheint es zweckmäßig, die „Purpurbakterien“ beisammen zu lassen. Ich unterscheide zwei Subordines, deren Aufteilung in Familien vorläufig nicht recht gelingen will. Man könnte wohl Thiococcaceen, Thiobacillaceen und Thiospirillaceen unterscheiden. Ohne eingehende Untersuchungen möchte ich aber diese etwas schematische Einteilung nicht vornehmen, die ohnehin bei den Thiorhodinae nicht recht durchführbar wäre.

III. Myxobacteriales: Myxobacteriaceae.

IV Mycobacteriales²⁾ 1. Corynebacteriaceae, 2. Mycobacteriaceae, 3. Actinomycetaceae.

V Desmobacteriales: 1. Chlamydobacteriaceae³⁾, 2. Beggiatoaceae.

Eubacteriales.

1. Coccaceae. Keine Sporen oder doch sehr selten. Zwischen den Teilungen Zellen annähernd kugelig.
 - A. Streptococcus. Teilungen in einer Richtung des Raumes, vielfach Ketten, keine Geißeln. Grampositiv. Aerob oder facultativ anaerob. Meist Gelatine nicht verflüssigend.
 - B. Micrococcus. Teilungen in zwei Richtungen des Raumes. Selten mit Geißeln. Grampositiv oder -negativ Aerob oder doch aerophil. Vielfach verflüssigend.
 - a) Staphylococcus-Gruppe. Leicht züchtbar, grampositiv, viele saprophytisch.
 - b) Gonococcus-Gruppe. Spezialisiert parasitisch, gramnegativ.
 - C. Sarcina. Teilungen in drei Richtungen des Raumes. Vielfach Pakete, selten Geißeln. Grampositiv. Vorzugsweise aerob, doch z. T. auch leidlich anaerob. Zuweilen Sporen.
2. Bacteriaceae⁴⁾. Mit oder ohne Sporen, mit peritischer oder ohne Begeißelung. Stäbchenförmig mit Querteilung.
 - A. Bacterium. Ohne Sporen, Stäbchen häufig in Fäden, mit oder ohne Geißeln. Grampositiv oder negativ.
 - a) Gramnegativ, fakultativ anaerob
unbeweglich: Ruhrgruppe
beweglich:
nicht verflüssigend: Coli-Gruppe
verflüssigend: Proteus-Gruppe.
 - b) Grampositiv
Gruppe der langen Milchsäure-Bakterien (Stellung ungewiß).
 - B. Bazillus. Mit Sporen, Stäbchen häufig in Fäden, meist mit Geißeln. Meist grampositiv, seltener gramlabil. Gelatine verflüssigend.

²⁾ Die Mycobacteriales scheinen mir im Sinne von Lehmann und Neumann zusammenzugehören. Die drei Familien sind nur durch je eine Gattung vertreten, werden sich aber wohl weiter aufteilen lassen. Vielleicht gehören auch die „langen Milchsäurebakterien“ hierher.

³⁾ Ob die Chlamydobacteriaceen zu einer Familie zu vereinen sind, ist zweifelhaft. Thiothrix scheint mir eher in diese Familie zu gehören als zu den Beggiatoaceen. Doch sind auch hierfür sowie für die Einordnung dieser Familie noch nicht alle Daten vorhanden.

⁴⁾ Gern hätte ich zwei Familien Bacteriaceen und Bacillaceen unterschieden und aus den „Gruppen“ Gattungen gemacht. Doch wäre das vorläufig eine unlösbare Aufgabe. Auch wäre wenig Aussicht vorhanden, daß sich die neu zu schaffenden Gattungsnamen einführen würden.

- a) Aerob. Subtilis-Gruppe (*Bacillus* i. e. S.). Sporenstäbchen unbeweglich.
- b) Anaerob. *Amylobacter*-Gruppe (*Clostridium*). Sporenstäbchen meist aufgetrieben, beweglich, mit Granulose.
- 3. Spirillaceae. Grade oder schraubig. Endständige Geißeln. Gramnegativ. Aerob oder microaerophil. Ohne Sporen.
 - A. *Pseudomonas*. Stäbchenförmig, gerade, meist einzeln. Endständiges Büschel aus wenig Geißeln. Aerob. Verflüssigend. Meist wasserlösliche Farbstoffe.
 - B. *Vibrio*. Leicht schraubig, weniger als ein Umgang. Keine langen Fäden bildend. Aerob. Eine (selten 2) Geißeln. Verflüssigend.
 - C. *Spirillum*. Meist stark schraubig. Mehr als eine Windung. Microaerophil bis aerob. Büschel aus zahlreichen Geißeln an einem oder beiden Enden.

Das System wurde oben nur für die echten Bakterien genauer ausgeführt. Auch da ist es sicher noch recht unvollkommen. Es erlaubt aber doch die meisten bekannten Formen leidlich einzuordnen. In den meisten Punkten habe ich mich dabei an Lehmann und Neumann gehalten, bei denen man die für die Bakteriensystematik wichtigen Daten kritisch besprochen findet. Die Abweichung besteht hauptsächlich in der Abtrennung der Gattung *Pseudomonas* von *Bacterium*, die sich ja schon bei Migula findet. Dort aber ist sie doch zu den Bacteriaceen gestellt, während ich gerade durch die Verwandtschaft mit den Vibrionen bewogen wurde, sie abzutrennen. L. u. N. mögen ganz recht haben, auf die Begeißelung nicht zu viel Wert zu legen, wie sie an Hand von Beispielen immer wieder betonen. Aber die Gattung *Pseudomonas* scheint mir auch sonst einheitlich und natürlich, wie aus den angeführten Merkmalen hervorgeht. Daß in der Coli-Gruppe auch zuweilen eingeißelige Stämme gefunden werden, die sich aber unter Umständen wieder in mehrgeißelige umzüchten lassen, spricht nicht dagegen. Diese gehören deshalb noch lange nicht zu *Vibrio* oder *Pseudomonas*. Die sog. langen Milchsäurebakterien gehören wahrscheinlich überhaupt nicht zu den echten Bakterien, sondern zu den *Mycobacterinae*, die in ihren einfachsten Vertretern durch Konvergenz den Bakterien ähnlich werden. Sie zeigen ja unter Umständen auch Andeutungen von Verzweigungen, auf die man allerdings auch nicht zu viel geben darf, da sie auch bei Spirillen vorkommen. Ob auch die grampositiven Bazillen den *Mycobacteriaceen* näher stehen als die anderen Spaltpilze, läßt sich heute noch nicht sagen. Obgleich ich das Verhalten bei der Gramfärbung ebenso wie die Säurefestigkeit für ein gutes systematisches Merkmal halte, möchte ich es doch auch nicht überschätzen. Jedenfalls halte ich die Spaltpilze, und zwar auch die als Eubacteriales bezeichneten Bakterien im engeren Sinne nicht für einheitlich, sondern für polyphyletisch. Daher hat es wenig Wert, über ihre Verwandtschaft mit Pilzen,

Spaltalgen, Flagellaten usw. im allgemeinen zu spekulieren. Im einzelnen haben wir aber auch noch nicht genug Anhaltspunkte für eine Gruppierung nach der Verwandtschaft, weshalb ich mich mit diesen Andeutungen begnügen möchte. Nur sei noch betont, daß meiner Meinung nach engere Beziehungen zu den Cyanophyceen hauptsächlich bei den Rhodobakterien, die auch durchwegs der Endosporen entbehren, zu suchen wären, und daß ich in Beggiatoa, Thiothrix und Thiophysa geradezu farblose Spaltalgen sehen möchte.

Literatur.

- Benecke, W., Bau und Leben der Bakterien. Leipzig und Berlin 1912.
Fischer, A., Untersuchungen über Bakterien. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. 27, 1895.
Fischer, A., Vorlesungen über Bakterien. Jena 1897.
Jensen, O., Die Hauptlinien der natürlichen Bakteriensysteme. Zentralbl. für Bakteriologie, Origin.-Bd. XVIII 1907.
Jollos, V., Experimentelle Protistenstudien. I. Untersuchungen über Variabilität und Vererbung bei Infusorien. Jena 1921.
Lehmann, K. B., und Neumann, R. O., Bakteriologische Diagnostik. Atlas und Grundriß der Bakteriologie. München 1920.
Lieske, R., Bakterien und Strahlenpilze. Handbuch der Pflanzenanatomic, herausgegeben von K. Linsbauer, Bd. VI. Berlin 1922.
Migula, W., System der Bakterien. Jena 1897. Bd. 1.
Molisch, H., Die Purpurbakterien. Jena 1907.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [71](#)

Autor(en)/Author(s): Pringsheim Ernst Georg

Artikel/Article: [Zur Kritik der Bakteriensystematik 357-377](#)