

Auf die erwähnte Schwierigkeit für die Keimplasmatheorie gedenke ich in meiner nächsten Mitteilung näher einzugehen.

Ueber Sporenbildung bei den Bakterien ¹⁾.

Von Dr. **Adam Prazmowski.**

Bekanntlich theilte de Bary ²⁾ die Bakterien nach der Art der Fruktifikation in zwei große Gruppen: in die endosporen und arthrosporen Bakterien. Bei den erstern werden die Sporen im Innern der vegetativen Zellen gebildet, indem das Plasma unter Ausstoßung von Imbibitionswasser sich zu einer ovalen oder kugligen, stark lichtbrechenden Masse verdichtet, welche sich mit einer derben Membran umhüllt und durch Vergallertung der Mutterzellmembran frei wird. In geeignete Bedingungen der Vegetation gebracht keimen die Sporen, indem sie ihren Lichtglanz verlieren und unter Abstoßung oder Verquellung der Sporenmembran zu dem Volumen und der Gestalt der vegetativen Zellen auswachsen. Bei den letztern können einzelne losgetrennte Glieder des Verbandes oder der Generationsreihe vegetativer Zellen unmittelbar, ohne vorherige endogene Neubildung, Sporenqualität annehmen, d. h. zu Ausgangsgliedern neuer vegetativer Generationen werden. Bei einer Anzahl hieher gehöriger Formen (*Leuconostoc*, *Bacterium Zopfii*, *Crenothrix*, *Beggiatoa*) kann man einen mehr oder minder scharfen morphologischen Unterschied zwischen vegetativen Zellen und Sporen finden; bei andern (*Micrococcus*) kann jede vegetative Zelle jederzeit als eine neue Vegetationsreihe beginnen, ein Unterschied zwischen spezifisch reproduktiven Sporen und vegetativen Zellen ist nicht vorhanden.

„Die Unterscheidung zwischen endosporen und arthrosporen Bakterien, schließt de Bary ³⁾, ist durch den heutigen Stand unserer Kenntnisse von den Bakterien gefordert; ob und inwieweit sie von Dauer ist, muss abgewartet werden. Die Kenntnisse sind derzeit noch so unfertig, dass man einerseits die Auffindung endogener Sporenbildung bei Formen, an denen sie noch unbekannt ist, erwarten, anderseits nicht wissen kann, ob nicht mit der Zeit sich Thatsachen herausstellen werden, durch welche jene scharfe Abgrenzung hinfällig wird.“

Die Autorität de Bary's auf dem Gebiete der Mykologie brachte es mit sich, dass diese Einteilung trotz der vorsichtigen Reserve, mit

1) Eine ausführliche Abhandlung über dasselbe Thema wurde im April d. J. der Akademie der Wissenschaften in Krakau vorgelegt.

2) de Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze. Leipzig 1884. S. 496 fg. und Vorlesungen über Bakterien. Leipzig 1885. S. 12–19.

3) Vorlesungen über Bakterien. S. 19.

welcher sie von de Bary aufgestellt wurde, allgemein accepiert und in die bakteriologischen Lehrbücher eingeführt worden ist. Namentlich war es Hueppe¹⁾, der sich die Mühe gab, die Klassifikation de Bary's für die Systematik der Bakterien zu verwerthen. Auf grund einer nähern Prüfung der vorhandenen Thatsachen, sowie auf grund eigener Beobachtungen, sah sich jedoch Hueppe veranlasst, den Begriff der Arthrosporen nicht so weit zu fassen, wie es von de Bary geschehen ist. Er machte zuerst die Einschränkung, dass die Arthrosporen wahrscheinlich nicht in jeder beliebigen Form der Einzelzellen, sondern wohl immer in Kokkenform auftreten, und dass dieselben weder theilungsfähig, noch auch schwärmfähig sind. Ihre Bildung scheint immer mit einer Kontraktion des Protoplasma zu beginnen und mit einer Theilung in zwei Körperchen aus kontrahiertem Protoplasma zu endigen. Die Schutzhülle der Arthrosporen scheint dagegen nichts weiter zu sein als die getheilte Membran der Mutterzelle. Wahrscheinlich wird aber von dem kontrahierten Protoplasma, der eigentlichen Spore, eine innere Sporenhaut gebildet, um welche sich erst die getheilte Membran der Mutterzelle als äußere Sporenhaut anlegt²⁾. Was schließlich die Keimung der Arthrosporen anlangt, so soll dieselbe der gegebenen Darstellung nach in der Weise erfolgen, als wenn die äußere Umhüllung der Spore sich direkt zur Membran der vegetativen Zelle streckte³⁾.

Aus obiger Darstellung ergibt sich, dass die Arthrosporen Hueppe's in allen wesentlichen Merkmalen (Form und Inhalt, Theilungs- und Schwärmunfähigkeit) mit den endogenen Sporen übereinstimmen, so dass die einzigen Unterschiede, welche zwischen beiden bestehen sollen, sich bloß auf das Vorhandensein oder Fehlen der Mutterzellmembran und die Art der Auskeimung beziehen. Ein weiterer Unterschied, dass die Arthrosporen aus der Theilung des kontrahierten Protoplasma in zwei Körperchen hervorgehen, kann hier nicht in betracht kommen, weil derselbe auf grund unzulänglicher Beobachtungen an nicht näher bekannten Bakterien gewonnen wurde und durch exakte Beobachtungen an andern Bakterien (*Bacterium Zopfii* etc.) widerlegt wird.

In anbetracht der hohen theoretischen und praktischen Bedeutung, welche der Fruktifikation der Bakterien zukommt, sah ich mich veranlasst, die Frage nach dem Modus der Sporenbildung einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Da die Verhältnisse der sogenannten endogenen Sporenbildung zur Zeit ziemlich klar liegen und ich in dieser Beziehung über ein reichhaltiges Beobachtungsmaterial aus

1) Hueppe, Die Formen der Bakterien und ihre Beziehungen zu den Gattungen und Arten. Wiesbaden 1886.

2) l. c. S. 129—131.

3) l. c. S. 135.

früheren Zeiten verfügte, so wandte ich mein Augenmerk hauptsächlich auf die Gattungen *Micrococcus* und *Bacterium*, welche sowohl von de Bary, als auch von Hueppe den arthrosporen Bakterien eingereiht wurden.

Aus der Gattung *Micrococcus* wählte ich das längst schon bekannte Ferment der ammoniakalischen Harngärung *Micrococcus ureae* Cohn. Da jedoch die vegetativen Zellen dieser Bakterie, wie ich mich durch direkte Beobachtung der Teilungsvorgänge überzeugt habe, sich regelmäßig nach zwei Richtungen des Raumes (über's Kreuz) teilen, so gebe ich ihr nach der von Hueppe für solche Formen eingeführten Bezeichnungsweise den Namen *Merista ureae*.

Aus der Gattung *Bacterium* hat sich nach mehreren vergeblichen Versuchen mit den Formen des *Bacterium Termo* als günstiges Versuchsobjekt eine Bakterie ergeben, die in ihren Formcharakteren sich am meisten dem *Bacterium lineola* Cohn nähert und die ich wegen ihres Vorkommens kurzweg als „Mistbakterie“ bezeichne.

Trotzdem das Harnferment (*Merista ureae*) vielfach Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen ist (Pasteur, van Tieghem, Cohn, v. Jacksch, Leube etc.), so hat man doch bei demselben Sporenbildung noch nicht beobachtet. Und doch bildet dasselbe regelmäßig Sporen, sobald die Gärung des Harns ihrem Abschluss sich nähert.

In Kulturen auf Fleischpeptongelatine bildet das Harnferment die schon von Leube ¹⁾ beschriebenen charakteristischen gelblich-weißen Kolonien. Im sterilisierten Harn erscheinen zuerst am Boden des Gefäßes unregelmäßig dreieckige Flocken, die sich rasch vergrößern und durch Verschmelzung zu einer kontinuierlichen, schmutzig-weißen Schichte sich ansammeln, welche den ganzen Boden des Gefäßes überzieht und besonders am Rande des Gefäßes sich zu einem dicklichen Walle ansammelt. Von diesem Walle aus werden entlang den Wänden des Gefäßes strahlenartige, zum teil verzweigte Fortsätze nach oben entsendet, die jedoch an die Oberfläche der Flüssigkeit nicht gelangen, sondern in einiger Entfernung von derselben endigen. Die ganze Vegetation stellt jetzt ein äußerst zierliches Bild einer strahlenden Sonne dar, deren Scheibe sich auf dem Boden des Gefäßes befindet und deren Strahlen entlang den Wänden desselben verlaufen. Nach ein paar Tagen zerstäuben die Strahlen, fallen zu Boden und bilden samt der hier angesammelten Vegetation einen schmutzig weißen, gallertigen Bodensatz. Während dieser ganzen Zeit bleibt der Harn klar und zeigt eine stark alkalische Reaktion unter Entwicklung von kohlen saurem Ammon.

Zu Anfang der Vegetation und so lange die Gärung energisch von statten geht, findet man in den Kulturen verhältnismäßig große

1) Leube, Ueber die ammoniakalische Harngärung. Virchow's Archiv, 1885, Bd. 100.

Kokken von ovaler oder elliptischer Form, deren Längsdurchmesser zwischen $1,5$ bis $2,2 \mu$ und deren Breite zwischen $0,8$ bis $1,2 \mu$ schwankt. Sie teilen sich regelmäßig über Kreuz und bilden auf diese Weise Diplokokken und Tetraden; aus letztern gehen durch Verschiebung und Ablösung der einzelnen Glieder unregelmäßige Haufen und kürzere oder längere Ketten hervor.

Ist die Vegetation zu Ende, so findet man im Bodensatz nicht mehr die verhältnismäßig große Form der vegetativen Kokken, sondern viel kleinere und beinahe genau kugelfunde Zellen, die jedoch in ihrem Aussehen und Verhalten namhafte Unterschiede aufweisen. Die einen sind größer, stärker lichtbrechend, glänzend und von einer derben, dunkeln Membran umgeben; die andern zeigen in bezug auf Größe mehrere Abstufungen, haben einen blassen Inhalt und unmerklichen Kontur.

Eine nähere Untersuchung beider Formen ergibt, dass die glänzenden Kügelchen wirkliche Sporen, die blassen Zellen Involutionsformen, d. h. abgestorbene vegetative Kokken sind.

Die Sporen zeichnen sich durch größere Resistenz gegen äußere schädliche Eingriffe aus. Sie widerstehen einem längern Austrocknen und werden erst durch Siedehitze (100° C.) getötet, während sie ein Erwärmen auf 80° C. (2 Minuten) und 90° C. (1 Minute) sehr gut vertragen. Trocknet man die Sporen unter Deckglas ein, so zeigen sie einen doppelten Kontur, von denen der äußere dunkel und derb, der innere um den glänzenden Plasmakern zart und fein ist. In frischen Harn gebracht keimen sie unter ähnlichen Erscheinungen wie die endogenen Sporen, indem sie unter gleichzeitigem Erblässen sich vergrößern, die Form und Größe der vegetativen Kokken annehmen und sich dann durch Spaltungen über Kreuz vermehren. Eine Abhebung der Sporenmembran wird bei der Keimung nicht beobachtet.

Bezüglich ihrer Entstehungsweise konnte bei direkter Beobachtung nur so viel festgestellt werden, dass die vegetativen Kokken vor der Fruktifikation in kleinere Kokken zerfallen, von denen die einen sich nicht mehr verändern und absterben (Involutionsformen), die andern sich noch etwas vergrößern, durch Kontraktion des Protoplasma einen stärkern Glanz annehmen, sich mit einer dunkeln, derben Membran umhüllen und so zu Sporen werden. Wie aber die Sporenmembran entsteht, ob durch Verdickung der ursprünglichen Membran der vegetativen Zelle, oder durch Ausscheidung einer neuen Membran um den verdichteten Inhalt der Spore mit gleichzeitiger Verquellung der Mutterzellmembran oder auch ohne dieselbe, das konnte auf dem Wege der direkten Beobachtung nicht ermittelt werden.

Wenn auch die direkte Beobachtung über diesen letztern Punkt keinen Aufschluss gibt, so zeigen doch die Sporen von *Merista ureae* in ihren sämtlichen Merkmalen und Eigenschaften eine solche Uebereinstimmung mit den endogenen Sporen anderer Bakterien, dass es

wohl gerechtfertigt sein wird, auch ihnen einen endogenen Ursprung zuzuschreiben. Zwar keimen sie ähnlich, wie dies für Arthrosporen gilt, ohne eine Sporenmembran von sich abzustoßen, allein dieser Umstand ist ohne Belang, denn auch bei der Keimung der endogenen Sporen mancher *Bacillus*-Arten (*B. Anthracis*, *B. Megaterium* etc.) wird die Sporenmembran so öfters frühzeitig verquellt, dass von einer Membranabhebung nichts beobachtet wird. Entscheidend in dieser Beziehung scheint mir der Umstand zu sein, dass die Sporen von einer Gallerthülle umgeben sind, deren Entstehung notwendigerweise auf die Verquellung der ursprünglichen Mutterzellmembran zurückgeführt werden muss.

Die Ansicht einer endogenen Sporenbildung bei *Merista ureae* wird noch mehr bekräftigt durch die Beobachtungen an der Mistbakterie. Dieselbe findet sich stets in frischen Rindviehexkrementen und kann aus denselben leicht in Reinkulturen gewonnen werden. Im jugendlichen Zustande bildet sie kurze Stäbchen von 2,5—4 μ Länge und 1,0—1,5 μ Breite, die einzeln oder zu zweien, selten zu Ketten vereinigt, lebhaft herumschwärmen; zuweilen wachsen die Stäbchen auch in kürzere Fäden aus, die etwa der sechs- bis achtfachen Länge der einzelnen Stäbchen entsprechen. Längere Fäden oder gar Fadenknäuel, wie solche bei echten Bacillen stets vorkommen, habe ich bei dieser Bakterie nie beobachtet; dagegen sind Kolonien von unregelmäßiger Anordnung der Stäbchen, wie solche für die Gattung *Bacterium* bekannt sind, eine häufige und regelmäßige Erscheinung.

In sterilisierten Aufgüssen von frischen Rindviehexkrementen bildet die Mistbakterie am dritten oder vierten Tage nach der Aussaat auf der Oberfläche der Flüssigkeit ein zartes, irisierendes und mit schmutzig-weißen Punkten besprengtes Häutchen, das nach weiteren etlichen Tagen zerstäubt und zu Boden sinkt. In diesem Häutchen findet die Sporenbildung statt. Vor der Sporenbildung wachsen die Stäbchen noch in die Dicke, nehmen größtenteils Birnform an und bilden in der birnförmigen Erweiterung eine kugelförmige, stark lichtbrechende Spore. Die Membran der Mutterzelle wird nach der Sporenbildung zuweilen aufgelöst, in den meisten Fällen bleibt sie aber erhalten und umgibt die Spore selbst nach monatelanger Aufbewahrung.

Die Sporen keimen, in frische Nährlösung gebracht, genau unter denselben Erscheinungen wie bei *Merista ureae*. Sie erblassen unter gleichzeitiger Vergrößerung ihres Durchmessers, dann strecken sie sich in die Länge, spalten durch Querteilung und schwärmen davon. Von einer Membranabhebung ist während des ganzen Keimungsaktes nichts zu sehen.

Trocknet man die Sporen unter Deckglas ein, so erscheinen sie, ähnlich wie die Sporen von *Merista ureae*, noch stärker lichtbrechend und von einem doppelten Kontur umgeben, von denen der äußere

diek und schwarz, der innere zart und fein ist. Auch in der Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen stimmen sie mit den Sporen von *Merista ureae* überein, denn obgleich sie etwas höhere Hitzgrade vertragen können, so werden sie doch durch kurzes Aufkochen (2 Minuten) ebenfalls getötet.

Diese Uebereinstimmung in der Struktur, in der Art und Weise der Auskeimung, sowie in den übrigen Eigenschaften beweist aber, wie ich meine, dass ein Unterschied zwischen Sporen der Mistbakterie und des Harnferments gar nicht besteht, mit andern Worten, dass auch letztere endogen entstehen müssen. Ein anderer Beweis ist bei der Kleinheit der Objekte und bei der gegenwärtigen Leistungsfähigkeit unserer Mikroskope heutzutage gar nicht denkbar.

Der Nachweis, dass eine zu den arthrosporen Arten gezählte Bakterie endogen fruktifiziert, kann natürlicherweise nicht die Frage entscheiden, ob es nicht Bakterien gibt, die nach einem andern Modus fruktifizieren.

Wenn ich aber das zur Zeit vorhandene Beobachtungsmaterial einer kritischen Sichtung unterwerfe, so finde ich keinen triftigen Grund, einen zweifachen Modus der Fruktifikation bei den Bakterien anzunehmen.

Sehen wir von der Gattung *Crenothrix* ab, die, soviel man auf grund unserer derzeitigen Kenntnisse über ihre Entwicklungsgeschichte ermessen kann, gar nicht zu den Bakterien gehört, so lässt sich über den Modus der Sporenbildung bei den echten Bakterien folgendes sagen:

Bei allen großen oder wenigstens so gestalteten Bakterien, dass der Vorgang der Sporenbildung in seinem ganzen Verlaufe genau kontrolliert werden konnte (*Bacillus*, *Spirillum*, *Clostridium*, *Vibrio*), hat man nur die eine Form der Fruktifikation d. h. die der endogenen Sporenbildung beobachtet. Die angeblichen Fälle eines abweichenden Fruktifikationsmodus (der sogenannten Arthrosporenbildung) beziehen sich nur auf solche Bakterien (*Leuconostoc*, *Choleraeibacillus*, *Bacterium Zopfii*), bei denen es wegen der Kleinheit oder der besondern Form der vegetativen oder fruktifizierenden Zellen unmöglich war, den ganzen Vorgang in allen morphologischen Details genau zu verfolgen. Dies ist der einzige Unterschied zwischen endogener und Arthrosporenbildung, der sich beim vorurteilsfreien Studium der bezüglichen Literatur ergibt. Dass dies kein stichhaltiger Grund für die Annahme eines abweichenden Fruktifikationsmodus sein kann, ist einleuchtend.

Ich meine deshalb, dass die frühere Ansicht, welche nur eine Form der Fruktifikation der Bakterien kannte, die der endogenen Sporenbildung nämlich, die richtige ist, und dass wir an dieser Ansicht wenigstens so lange festzuhalten haben, bis überzeugende Gegenbeweise nicht erbracht werden.

Wenn ich gegen die Bildung der Arthrosporen bei den Bakterien auftrete, so bin ich doch weit entfernt zu behaupten, dass außer den eigentlichen (endogenen) Sporen keine andern Dauerformen von den Bakterien erzeugt werden. Ich habe selbst früher eine solche Dauerform für *Bacillus Anthracis* beschrieben und abgebildet¹⁾. Sie bildet sich unter bestimmten Verhältnissen durch Festigung und Erhärtung der äußern vergallerteten Membran der Stäbchen und wächst unter günstigen Bedingungen zu neuen Stäbchen aus, wobei die erhärtete Membran abgeworfen wird und schließlich verquillt. Es wird aber wohl niemand einfallen, diese Dauerform als eine besondere Art der Fruktifikation aufzufassen, wenn auch die erhärteten Stäbchen sich durch etwas größere Resistenz im Vergleich zu den gewöhnlichen Stäbchen auszeichnen, ebenso wie es niemand einfällt, die Sklerotien der höhern Pilze als eine besondere Fruktifikationsform zu bezeichnen, trotzdem sie auch die Art unter ungünstigen Lebensverhältnissen besser erhalten, als das gewöhnliche Mycelium des Pilzes.

Ueber Alkali-Albuminat als Nährboden bei bakteriologischen Untersuchungen.

Von **J. Rosenthal** und **O. Schulz**.

Herr Professor Tarchanoff in Petersburg hat vor kurzem in dieser Zeitschrift eine Methode beschrieben, Eiweiß derartig zuzubereiten, dass es als fester Nährboden für Bakterienzüchtung angewandt werden kann. Ehe diese Mitteilung an die Redaktion gelangte, waren wir mit ähnlichen Versuchen beschäftigt gewesen, hatten dieselben aber, weil sie nicht befriedigend ausgefallen waren, abgebrochen. Die Mitteilung des Herrn Tarchanoff hat uns veranlasst, jene Versuche wieder aufzunehmen. Was wir jetzt berichten wollen, knüpft daher an die Mitteilung jenes Forschers an, soll jedoch an die Stelle der von jenem angegebenen Methode ein einfacheres und leichter auszuführendes Verfahren setzen.

Schon früher (Pflüger's Archiv XXXIII 303 und XXXIX 476 und 485) hatte Herr Tarchanoff gefunden, dass Eiereiweiß unter gewissen Umständen glasig und durchsichtig gerinne, und dass man diesen Zustand bei gewöhnlichem Hühnereiweiß künstlich herstellen könne durch Zusatz geringer Mengen von Aetzkali oder Aetznatron, welche nicht ausreichen, das sogenannte Lieberkühn'sche Alkali-Albuminat zu erzeugen. Wir sind in unsern neuern Versuchen von diesem Tarchanoff'schen Albuminat ausgegangen und haben nach

1) Prazmowski A., Die Entwicklungsgeschichte und Morphologie des *Bacillus Anthracis*. Abhandl. der k. k. Akademie der Wissensch. zu Krakau, Bd. XII, 1884, Taf. V. Siehe auch meinen Aufsatz: Ueber den genetischen Zusammenhang der Milzbrand- und Heubakterien. Biol. Centrabl., 1884, S. 403.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1888-1889

Band/Volume: [8](#)

Autor(en)/Author(s): Prazmowski Adam

Artikel/Article: [Ueber Sporenbildung bei den Bakterien. 301-307](#)