

Diese consensuelle Sympathie im Wachsthum der Extremitäten ist ebenso zweckmässig, wie der Wachsthumsantagonismus bei paarigen Drüsen, doch sind beide noch gleich wenig verständlich.

Die histogenetische Energie schwindet rasch bei gewissen Fehlern der Blutmischung, so bei starker Sepsis wie bei voller Inanition. Die Blutcirculation in der Pulpa ist dabei zwar rückgängig, doch ihrerseits dem Erlöschen noch lange nicht nahe.

---

## II.

### **Beitrag zur Morphologie der Bakterien (Bacterium Zopfi Kurth, mit Berücksichtigung der Proteusarten Hauser's).**

Aus dem pathologischen Institut in Marburg.

Von Cand. med. H. Schedtler.

(Hierzu Taf. I.)

---

Mit den immer zahlreicher werdenden Befunden von Bakterien als Krankheitserreger, und den speciellen Untersuchungen über dieselben, hat nicht in gleichem Grade das Verständniss der morphologischen und biologischen Eigenschaften der einzelnen Bakterienformen zugenommen. Wenn auch das allzu starre Festhalten an der specifischen Verschiedenheit der Bakterien, auf Grund geringer morphologischer Abweichungen, von den Anhängern der ursprünglichen Lehre F. Cohn's und seiner Schüler im Allgemeinen aufgegeben ist, und namentlich von Seiten anderer nicht minder berufener Botaniker mehr der Auffassung von der Zusammengehörigkeit und Uebergangsfähigkeit der verschiedenen Formen, Kokken, Bacillen, Spirillen u. s. w. Raum gegeben wird, ist man doch noch weit entfernt von einer Einigung, und ganz besonders differiren die Ansichten der medicinischen Autoren über diese bakteriologischen Fragen. Eine solche Einigung wäre aber sehr wünschenswerth und nothwendig, denn bevor dieselbe erzielt ist, ist es kaum möglich ein sicheres Urtheil über



*alt. Schizoph. Rh. Sch. in Rh. in.*

*Fig. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.*

die pathologische Bedeutung, namentlich aber über den diagnostischen Werth einzelner Formen zu erlangen. Aus diesem Grund erlaube ich mir im Folgenden einen kleinen Beitrag zur Entscheidung dieser Frage zu liefern.

Bei Gelegenheit einer Plattencultur, welche im Sommer 1885 von dem abgestrichenen Saft einer frischen Typhusdrüse einige Stunden nach dem Tode angelegt worden war, fand Prof. Marchand am folgenden Tag auf der nicht verflüssigten Gelatine eine eigentümlich schleierartig ausgebreitete Colonie, welche makroskopisch das Aussehen eines sehr dichten, feinen Spinnwebes hatte. Bei mikroskopischer Betrachtung erwies sich die Colonie als aus sehr feinen glatten Fäden bestehend, welche von einem kleinen weissen Häufchen als Centrum ausstrahlten und in ihrem Wachsthum, abgesehen von ihrer Feinheit, am meisten an eine Schimmelcolonie erinnerte. Am nächsten Tage hatte dieser weissliche Schleier bereits sehr an Umfang zugenommen und einen grossen Theil der Platte (von 7,15 cm) überzogen. Bei mikroskopischer Untersuchung zeigte sich ein sehr überraschender Befund. An Stelle der feinen glatten Fäden waren Ketten von runden, vollständig Mikrokken gleichenden Gliedern getreten, welche noch die ursprüngliche Anordnung besaßen. Die Fäden waren vielfach unterbrochen. Das centrale Häufchen bestand ebenfalls aus mikrokkenähnlichen Gebilden.

Wegen dieses sehr auffallenden Befundes des anscheinend directen Zerfalls der glatten Fäden in Kokken veranlasste mich Herr Prof. Marchand zu einer näheren Untersuchung dieser Bakterienart, welche ich grösstentheils in den Herbstferien 1885 im pathologischen Institut zu Marburg vornahm und später vervollständigte.

Bei näherer Untersuchung stellte sich bald heraus, dass es sich offenbar um dieselbe Bakterienart handelte, welche unlängst Kurth unter dem Namen „*Bacterium Zopfi*“ ausführlich beschrieben hat<sup>1)</sup>. Indessen schien eine nochmalige Untersuchung dieser interessanten Bakterienart nicht überflüssig, weil dieselbe eines der geeignetsten Beispiele zu sein schien, um über den Zusammenhang der verschiedenen Vegetationsformen ein Urtheil

<sup>1)</sup> Botanische Zeitung. 1883.

zu gewinnen<sup>1)</sup>. Auch die nicht lange vorher erschienene Arbeit Hauser's<sup>2)</sup>, welche ebenfalls die Frage der Uebergangsfähigkeit der Bakterienformen zum Gegenstande hat, forderte zu einer eingehenden Prüfung auf, um so mehr, als es nach dem Vergleich der Abbildungen Hauser's den Anschein hatte, als handelte es sich bei einem Theil der von Hauser beschriebenen Formen ebenfalls um nicht Anderes, als um das Bact. Zopfii, wenn auch viele Angaben über die biologischen Eigenschaften der von Hauser als Proteus beschriebenen Bakterienformen nicht mit jenen übereinstimmten. Nachdem Prof. Marchand (bei obiger Gelegenheit) jene Vermuthung ausgesprochen hatte, war Herr Dr. Hauser so freundlich einige Culturen seiner Proteusarten zu übersenden, deren Untersuchung mir ebenfalls von Herrn Prof. Marchand übertragen wurde. Unsere Beobachtungen waren schon im Wesentlichen abgeschlossen, als eine Arbeit von Escherich über „*Helicobacterium*“ erschien, welches nach des Verfassers Ansicht, an deren Richtigkeit wohl nicht zu zweifeln ist, dem Bacterium Zopfii überaus ähnlich, wenn nicht mit demselben identisch ist<sup>3)</sup>.

An dieser Stelle möchte ich nicht verfehlen, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Marchand für seine vielfache Unterstützung bei meiner Arbeit meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Es sei gestattet, hier zunächst die von mir an Bact. Zopfii gemachten Beobachtungen mitzutheilen, wobei ich mit Rücksicht auf die bereits erschienenen genauen Beschreibungen mich möglichst kurz fassen und hauptsächlich nur auf einige besonders wichtige Punkte eingehen will.

Um zunächst zu constatiren, ob die ursprüngliche Cultur reines Material enthielt, wurde aus dem weissen Belege, der sich auf der Oberfläche eines infectirten Reagirglases mit Nährgelatine (ca. 10procentige Fleischinfus-Pepton-Gelatine) gebildet hatte, eine geringe Menge entnommen und eine Platten-

<sup>1)</sup> Eine kurze Mittheilung über die hauptsächlichsten Ergebnisse dieser Untersuchungen wurde von Herrn Prof. Marchand bereits auf der Naturforscherversammlung zu Strassburg 1885 gemacht. Tageblatt der 58. Vers. d. Naturforscher zu Strassburg. 1885. S. 423.

<sup>2)</sup> Ueber Fäulnissbakterien und deren Beziehung zur Septicämie, ein Beitrag zur Morphologie der Spaltpilze. Leipzig 1885.

<sup>3)</sup> Münchener medic. Wochenschrift. 1886. No. 1.

cultur angelegt. Nach 24 Stunden war Platte 1 von einem dichten weissen Schleier überzogen. Bei genauerer Betrachtung bemerkte man sehr zahlreiche Centra, von denen eine Menge feinsten weissen Fäden radiär ausstrahlte, sodass die ganze Gelatine wie von unzähligen feinsten Spinnweben durchsetzt erschien. Daneben aber waren in grosser Zahl kleine weisse Pünktchen gleichmässig über die ganze Platte in dieses Fadennetz eingestreut. Aehnlich war Platte 2 beschaffen. Auf der dritten Platte hatten sich nur einzelne spinnnetzartige, sehr kräftige Colonien mit weit ausstrahlenden Fäden entwickelt. Die auffallenden weissen Punkte auf den beiden ersten Platten machten zuerst den Eindruck einer Verunreinigung, indess erwies sich diese Vermuthung sehr bald als irrig. Unter dem Mikroskop erschienen dieselben als circumscribede homogene, bräunlichgelbe Zoogloen meist von vollständig runder Form, zum Theil aber auch mit einzelnen knolligen Fortsätzen versehen. Die oben erwähnten punktförmigen Centra dagegen bestanden aus breiten bandförmig gewundenen Bündeln, parallel neben einander laufender oder mit einander verflochtener Fäden, von denen ausgehend nach allen Seiten hin dünnere, nur wenige Fäden enthaltende, zierlich gewundene Stränge und eine grosse Anzahl einzelner Fäden sich in der Gelatine verbreitet hatten. Diese letzteren zogen oft in gerader Linie durch viele Gesichtsfelder, andere zeigten einen wellig geschlängelten Verlauf, endlich konnte man auch, zumal in den tieferen Schichten der Gelatine, viele vollkommen spiralgewundene Fäden finden. Da sich nirgends mit Sicherheit ein Zusammenhang dieser Fäden mit den knolligen Zoogloen nachweisen liess, so legte ich aus einer vollständig isolirten Fadencolonie der Platte 3 eine neue Plattencultur an. Ebenso wurde, unter Controle des Mikroskops aus einer jener auffallenden Zoogloen der Platte 2 eine weitere Plattencultur angelegt. Beide neue Culturen zeigten nach 24 Stunden ganz das gleiche Verhalten, wie die erste, reichliche Fadenentwicklung und daneben das Auftreten der knäueiförmigen Zoogloen. Es konnte nun keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die letzteren nur eine besondere Form der Zoogloenbildung des *Bact. Zopfii* darstellten. Nach weiteren 24 Stunden haben sich auf solchen Platten diese Knäuel noch etwas vergrössert, dadurch dass sich an der Peripherie neue Massen anlagern. Bald erfolgen die Anlagerungen gleichmässig nach allen Seiten in Gestalt knolliger Auswüchse, in anderen Fällen lagern sich in derselben Richtung ganze Reihen von kleineren Kugeln an die ursprüngliche Zooglöa an. In dem Fadennetz, das jetzt noch viel dichter geworden ist, erkennt man noch die Centra als unregelmässig zerklüftete Figuren, die durch zahllose Ausläufer unter einander communiciren. Durchgehends ist aber schon ein Zerfall der Fäden in Stäbchen und runde mikrokokkenähnliche Gebilde bemerkbar. Der Zerfall der Fäden beginnt im Centrum der Colonie und schreitet allmählich nach der Peripherie fort, sodass die centralen Fadenmassen oft schon vollständig in Körner aufgelöst sind, während an den peripherischen Fäden erst eine Gliederung in Stäbchen stattgefunden hat. Oft kann man an einem Faden vom Centrum nach der Peripherie alle Stadien des Zerfalls beobachten.

Zur näheren Beobachtung des Wachstums des Bact. Zopfii erschien ganz besonders geeignet Culturen auf grossen mit Gelatine übergossenen Objectträgern, welche nach dem Erstarren der Gelatine oberflächlich geimpft wurden. Das „Impfen“ geschah mit einem sterilisirten Faden, der in eine, ebenfalls eine Reincultur von Bact. Zopfii enthaltende, Nährflüssigkeit getaucht und leicht über die erstarrte Gelatine hinweggezogen wurde, so dass die Keime längs des Impfstrichs auf der Oberfläche der Gelatine zerstreut lagen. Diese Culturen beobachtete ich einmal direct unter dem Mikroskop, ferner wurden von Zeit zu Zeit Deckglasabdrücke vom Impfstrich gemacht und gefärbt. Da sich das Bact. Zopfii zunächst nur auf der Oberfläche der Gelatine ausbreitet, so geben diese Abdrücke im Anfang sehr genaue Bilder.

Makroskopisch erscheint der Impfstrich nach 24 Stunden von einem zarten grauweissen Schleier überzogen. Nach 2 Tagen ist der Beleg etwa um das Doppelte verbreitert, viel dichter geworden, und es strahlen von ihm seitlich zahlreiche feine weisse Fäden aus. Im Laufe der nächsten Tage, während welcher der Impfstrich immer mehr verfilzt, durchsetzen solche Fäden auch die tieferen Schichten der Gelatine und bilden ein vom Impfstrich bis zum Rand der Gelatine sich erstreckendes Netzwerk feiner reiserförmiger Sprossen. Damit ist das makroskopische Bild vollendet.

Unter dem Mikroskop sieht man nach 6 Stunden die aufgetragenen Stäbchen zu kurzen Fäden ausgewachsen, an denen im frischen Zustand nirgends eine Gliederung zu erkennen ist. Behandelt man aber einen Deckglasabdruck aus dieser Zeit mit wässrigen Lösungen von Anilinfarben, so kann man bei Oelimmersion  $1/12$  innerhalb des Fadens in Abständen von  $0,002-0,007$  mm seine dunkler tingirte Septa wahrnehmen, als erste Andeutung der an diesen Stellen erfolgenden Fragmentirung der Fäden. Anscheinend inseriren sich zunächst an gewissen Stellen des Fadens durch Verdichtung des Zellinhalts einfache Scheidewände, die sich allmählich durch die in den einzelnen Fragmenten stattfindende Retraction des Plasmas in je 2 Blätter spalten. Dieser Vorgang vollzieht sich in den nächsten 6 bis 8 Stunden. Man kann nemlich an 12—14 Stunden alten Abdrücken bereits innerhalb der dunklen Septa eine helle Linie erkennen. Es besteht aber noch eine gemeinsame, alle Glieder des Fadens umschliessende Hülle.

Während des lebhaftesten Wachstums besitzen die Fäden eine grosse Neigung, von Zeit zu Zeit abzuknicken. Die beiden freien Enden wachsen in entgegengesetzter Richtung neben einander, laufen weiter oder biegen rechtwinklig ab, indem sie sich haarflechtenartig um einander schlingen. Häufig bildet ein Faden eine achterförmige Windung, bricht dann an einer

Stelle, die beiden Enden wachsen neben einander weiter und es entstehen durch öftere Wiederholung dieses Vorgangs breite Bündel dicht an einander liegender Fäden, die genau der Form des ersten Fadens nachgebildet sind. Solche bandartig gewundene Fadenbündel bedecken nach ca. 18 Stunden den Impfstrich und bilden ein überall durch rankenförmige Ausläufer verbundenen sehr zierliches Netzwerk (Fig. 1, aus einem gefärbten Deckglasabdruck nach 18 Stunden). Die Fäden überwuchern nun rasch den ganzen Impfstrich, sodass derselbe nach ca. 42 Stunden gleichmässig von einer dichten Fadendecke überzogen ist. Gleichzeitig bemerkt man an den einzelnen Fäden bereits an der lebenden Cultur den Zerfall in Stäbchen. Deutlicher tritt dies am gefärbten Präparat hervor, wo die Fäden als Reihen freier Stäbchen erscheinen (Fig. 2). Der Zerfall der Stäbchen in kürzere Stücke schreitet jetzt rasch fort. Nach 3 Tagen finden sich in überwiegender Zahl Stäbchen von 0,0015—0,002 mm Länge, aber auch schon kürzere gedrungene Cylinder, die nur ca.  $1\frac{1}{2}$ mal so lang, wie breit sind (Fig. 3). An noch späteren Abdrücken nehmen die kurzen Formen an Zahl zu, man findet viele Kurzstäbchen, die in der Mitte eine leichte Einschnürung tragen, als Zeichen des beginnenden Zerfalls in je 2 runde Glieder. Als Endproducte fortgesetzter Theilung treten schliesslich in grosser Mehrzahl runde mikrokokkenähnliche Einzelglieder und solche zu 2 und mehreren neben einander auf, doch bleiben auch stets noch eine gewisse dem Alter der Cultur entsprechende Menge kurzer Stäbchen erhalten.

Vom zweiten Tage an bemerkt man bei diesen Culturen einzelne Fäden vom Impfstrich seitlich in die Tiefe der Gelatine eindringen. Ihr Wachsthum verhält sich etwas verschieden von dem der ersten, auf der Oberfläche der frischen Gelatine wachsenden Fäden. Während diese eine gewisse Regelmässigkeit in ihrer Ausbreitung beobachten, indem sie grosse gleichmässige Windungen bilden, zeigen jene von Anfang an einen unregelmässig spiralig gewundenen Verlauf. Durch fortwährend innerhalb der Spiralumgänge sich vollziehende Umdrehungen und dadurch, dass die Fäden sehr leicht zerbrechen, worauf die freien Enden sich aufrollen oder wieder die mannichfachsten Verschlingungen bilden, entstehen Fadenknäuel, die schliesslich so dicht werden, dass man ihre Zusammensetzung aus Fäden nicht mehr erkennen kann. Sie bilden dann Reihen innig mit einander vereinigter gelbbrauner Kugeln. Fig. 4, a—d stellt einen solchen continüirlich beobachteten Faden dar. Die erste Zeichnung wurde ca. 48 Stunden nach der Impfung hergestellt (Fig. 4, a). Nach 3 Stunden wurde wieder gezeichnet (Fig. 4, b), dann nach 18 Stunden (Fig. 4, c), sodass also c 21 Stunden nach a aufgenommen wurde. Fig. 4, d stellt endlich den Faden nach weiteren 24 Stunden bei schwacher Vergrösserung dar.

Solche gelbliche Knäuelreihen durchsetzen nach ca. 4 Tagen überall in grosser Zahl die tieferen Schichten der Gelatine. Die einzelnen Knäuel sind von wechselnder Grösse, erscheinen zum Theil kuglig und locker an einander gereiht, meist mehr abgeplattet in geldrollenförmiger Vereinigung. Die Knäuelreihen laufen oft an den Enden in eine Spirale aus, viele derselben

tragen seitliche, ebenfalls spiralig zulaufende Verzweigungen. Diese eigenthümliche Art der Zooglöenbildung des *Bact. Zopfii* ist anscheinend dadurch bedingt, dass die unter ungünstigeren Bedingungen, auf zum Theil schon erschöpften Nährboden und namentlich bei mangelhafter O-Zufuhr wachsenden Fäden nicht mehr die Kraft haben, die Gelatine in gerader Richtung zu durchdringen und überhaupt weniger wachstumsfähig sind. Analog dieser Knäuelreihenbildung bemerkt man auf Plattenculturen von Anfang an das Auftreten der oben beschriebenen knolligen Zooglöen, wenn die Aussaat eine sehr dichte, also relativ wenig Nährmaterial für die Entwicklung der einzelnen Colonie vorhanden war.

Culturen im hängenden Tropfen über dem hohlgeschliffenen Objectträger bieten den grossen Vortheil, dass sie beliebig lange Zeit continuirlich unter dem Mikroskop beobachtet werden können. Aus einer solchen Cultur des *Bact. Zopfii* in einem Tröpfchen Gelatine wurde 23 Stunden nach der Impfung eine isolirte, offenbar aus einem Keim entstandene und noch im Wachsen begriffene Colonie aufgezeichnet (Fig. 5, I). Diese bestand (am 13. August 1885) um 12 Uhr 50 Min. aus 4 Fäden, a, b, c, d. Die Fäden a und b sind durch Theilung eines Fadens bei b entstanden, ebenso c und d aus einem Faden durch Theilung bei d. Nach 10 Minuten, um 1 Uhr (Fig. 5, II), ist d bereits nach unten über b, ebenso c nach unten über a hinaus verlängert. Die weitere Entwicklung ergibt sich aus der folgenden Zeichnung (Fig. 5, III), welche die Colonie um 5 Uhr 30 Min. darstellt. Man bemerkt, dass sich c dicht über a getheilt hat, sodass sich die beiden Bruchenden gerade in a schneiden. Faden b hat sich an der schon an der vorhergehenden Zeichnung zwischen d und c an einer leichten Knickung erkennbaren Stelle getheilt. Das obere Ende erscheint mit d verschlungen, nach unten bedeutend verlängert, während der untere Theil frei nach links oben verläuft. Das Wachsthum der Fäden ist ein ausserordentlich schnelles, besonders im Anfang. Es gelingt leicht, bei directer Beobachtung mit dem Mikrometer das wachsende Ende eines Fadens innerhalb weniger Minuten sich vorschieben zu sehen (vergl. die Messungen von Kurth).

Nach 24 Stunden sind solche Culturen auf der Höhe des Wachstums, von da an wachsen die Fäden nur noch langsam, während an den älteren Fäden bereits eine deutliche Gliederung in Stäbchen auftritt. Fig. 6, a—c, stellt einen continuirlich beobachteten Faden nach 13, 24 und 48 Stunden dar. Nach 3—4 Tagen ist die Mehrzahl der Fäden in Reihen mikrokokkenähnlicher runder Kugeln zerfallen, die sich auch am gefärbten Präparat in Form und Anordnung nicht von wirklichen Kokken unterscheiden (Fig. 7, a, Theil einer vollständig in Körner zerfallenen Zooglöa aus einer nach 7 Tagen angetrockneten und mit Fuchsin gefärbten Objectträgercultur, Fig. 7, b, Einzelglieder aus Fig. 7, a bei starker Vergrösserung, Zeiss  $\frac{1}{8}$  Oel, Oc. 1). Stets sind aber um diese Zeit noch eine grosse Anzahl Fäden erhalten, die aus Kurzstäbchen bestehen. Mit Sicherheit gelingt es bei allen diesen Culturen noch nach 14 Tagen, bei den meisten noch leicht nach mehreren Wochen in Stäbchen gegliederte Fäden aufzufinden. Bei zwei



solehen Culturen fanden sich Haufen dicht zusammengelagerter Kurzstäbchen, die, während mehrerer Monate beobachtet, keinen Zerfall in runde Glieder eingingen.

Auch jene eigenthümlichen Knäuelreihen treten vom zweiten Tage an in diesen Culturen auf, jedoch nur dann, wenn wenig Keime in die Cultur gebracht waren. Waren viele Keime übertragen, so bemerkt man schon nach 24 Stunden in einem dichten Fadennetz zahlreiche circumscripte Fadenkugeln, wie sie unter gleichen Verhältnissen auch auf Platten auftreten. Im Laufe der nächsten Tage entwickeln sich diese Fadenkugeln zu mächtigen gelbbraunen Zoogloën mit knolligen, zuweilen korkzieherartig gewundenen Fortsätzen (Fig. 8). Beide Formen der Zoogloënbildung, jene Knäuelreihen und diese letzteren Formen treten auch in diesen Culturen unter denselben Bedingungen, nemlich dann auf, wenn Mangel an Nährmaterial vorhanden ist und die weniger kräftigen Individuen des Bact. Zopfii den Widerstand der Gelatine nicht zu überwinden vermögen.

Den Schwärmzustand des Bact. Zopfii konnte ich nur in diesen Culturen, niemals an oberflächlich geimpften Objectträgern oder auf Platten beobachten. Offenbar vermag Bact. Zopfii unter besonderen Umständen, wenn nemlich dichte Haufen von Kurzstäbchen zusammengelagert sind und die Gelatine vor jeder Austrocknung geschützt ist, wie es bei diesen Culturen der Fall ist, in geringem Grade die Gelatine zu verflüssigen. Unter diesen Bedingungen treten die Schwärmstäbchen zur Zeit des beginnenden Zerfalls der Fäden in Stäbchen auf. In einer solchen Cultur, an der ich nach 28 Stunden an einigen Stellen schwärmende Stäbchen bemerkt hatte, stellte ich einen Haufen von ruhenden Stäbchen ein, die noch in ihrer ursprünglichen, den Fäden entsprechenden Lage waren. Nach ca.  $\frac{1}{2}$  Stunde lösten sich an der Peripherie des Haufens zunächst einige Stäbchen los und bewegten sich langsam in der Richtung des Fadens auf und ab. Allmählich wurden die Bewegungen lebhafter und die Excursionen grösser. Gleichzeitig kamen nach dem Centrum hin immer mehr Stäbchen in Bewegung, sodass sich schliesslich der ganze Haufe in lebhafter Schwärmbewegung befand. Man konnte nun deutlich bemerken, dass die Gelatine nur innerhalb eines kleinen Bezirkes verflüssigt war, ausserhalb dessen es den Stäbchen nicht gelang weiter in die Gelatine vorzudringen. Häufig bohrte sich ein Stäbchen in die nicht verflüssigte Gelatine ein, verharrete eine Zeit lang ruhig in dieser Lage und wand sich dann unter schwankenden Bewegungen wieder los, um sich rückwärts in der verflüssigten Gelatine zu entfernen. Die Bewegungen wurden bald träger, einzelne Stäbchen blieben dauernd ruhig liegen und nach Verlauf einer halben Stunde waren sämmtliche Stäbchen des beobachteten Haufens zur Ruhe gekommen.

Meist dauern die Schwärmbewegungen noch kürzere Zeit, unter Umständen nur wenige Minuten, an. Zuweilen schwärmen nur einzelne Stäbchen eines Haufens aus, während die übrigen ruhig im Fadenverband verbleiben. Die schwärmenden Stäbchen zeichnen sich durch die abgerundeten Enden aus, an welchen Wimperhaare nicht zu entdecken waren. Nicht selten waren

im Innern eines schwärmenden Fadens zarte Septa zu bemerken. (Fig. 9, schwärmende und ruhende Fäden, nach dem Antrocknen und Färbung mit Fuchsin.)

An allen abgelaufenen Culturen des *Bact. Zopfii* sind Fäden und Stäbchen grösstentheils in kuglige Gebilde zerfallen, die entweder einzeln oder zu zwei und mehreren aneinander gereiht angetroffen werden. Zur Beurtheilung ihrer Bedeutung für das Leben des *Bact. Zopfii* wurden folgende Versuche angestellt:

1) Aus einer 5 Tage alten Objectträgercultur wurden mit dem Platin-draht unter dem Mikroskop einige vollständig in Kugeln zerfallene Fäden abgenommen und in frische Gelatine gebracht. Sie wuchsen nicht aus. Ebenso wurden aus einer 6 Tage und aus einer 7 Tage alten Objectträgercultur erfolglos Kugeln übertragen. Aus einer 17 Tage alten Cultur, die ausschliesslich in runde Glieder zerfallene Fäden zeigte, wurden kleine Stücke Gelatine abgenommen und in 2 Objectträger mit frischer Gelatine gebracht. Es fand keine Entwicklung statt.

Die mit dem eingebrachten Stück übertragenen Keime zeigten continuirlich beobachtet keinerlei Veränderung. Ein gefärbtes Deckglaspräparat aus der alten Cultur zeigt ausschliesslich kuglige Zellen.

2) Es wurden ferner in 5 Fällen, in welchen aus ca. 10—12 Tage alten, neben kokkenähnlichen Gebilden auch noch Stäbchen enthaltenden Culturen abgeimpft worden war, kuglige Zellen eingestellt und continuirlich beobachtet. Sie wuchsen nicht aus, während sich an anderen Stellen derselben Culturen Colonien entwickelt hatten. An parallelen Culturen wurde dagegen das Auswachsen von kurzen Stäbchen zu Fäden bzw. Fadenknäueln beobachtet.

3) In allen älteren Culturen, die grösstentheils kuglige Glieder enthalten, lassen sich, so lange dieselben entwicklungsfähig sind, also Impfungen ein positives Resultat geben, auch noch Stäbchen nachweisen. Es konnte dies bei einer grossen Anzahl älterer entwicklungsfähiger Culturen constatirt werden. Die älteste Cultur, welche bei Uebertragung noch ein positives Resultat gab, war 112 Tage alt. Ein gefärbtes Präparat zeigt Stäbchen, theils einzelne, theils zu 3—4 an einander gereiht. Ist dagegen der Zerfall so weit fortgeschritten, dass nur noch runde Glieder einzeln oder in kleinen Ketten vorhanden sind, so bleibt die weitere Entwicklung stets aus. Dasselbe war auch der Fall, wenn die Culturen auf anderen Nährmaterialien, Blutserum, Agar-Agar u. s. w. bei höherer Temperatur gehalten wurden.

Während im Uebrigen unsere Beobachtungen die von Kurth über *Bact. Zopfii* gemachten Angaben nur bestätigen, so können wir dessen Auffassung der kleinsten Formen nicht theilen. Kurth bezeichnet die Kokken des *Bact. Zopfii* als einen Ruhezustand, „der unter ungünstigen Verhältnissen das Leben der Art länger

zu erhalten vermag, als der vegetative Zustand, die Kurzstäbchen“. Diese Ansicht stützt sich auf Versuche, nach welchen den 98 Stunden alten Culturen eine grössere Resistenz gegen Eintrocknung zukommt, als ganz frischen Culturen. Wir können aus dieser Thatsache nur den Schluss ziehen, dass die kürzeren Stäbchenformen resistenter gegen äussere Schädlichkeiten sind, als die Fäden und längeren Stäbchen, denn nach unsern Beobachtungen ist der Zerfall der Stäbchen in die eigentliche mikrokokkenähnliche Form in 98 Stunden alten Culturen noch nicht vollendet. Allerdings scheint auch Kurth unter dem Kokkenzustand des Bact. Zopfi ein Uebergangsstadium der Kurzstäbchen in die „typische Kokkenform“ zu verstehen. Die eigentlichen kokkenähnlichen Kugeln, wie sie aus dem körnigen Zerfall aller Stäbchen- und Fädenformen hervorgehen, sind nicht mehr entwicklungsfähig und daher nach unserem Dafürhalten als Degenerationsformen anzusehen. Die Tinctionsfähigkeit dieser kokkenähnlichen Gebilde erhält sich lange unverändert, wodurch noch leichter eine Verwechselung mit wirklichen Mikrokokken entstehen kann. Die Entstehung der Kokkenformen lässt sich am Besten an den in Zerfall begriffenen Fäden studiren, welche in frischem Zustande in der Flüssigkeit durch Zusatz von etwas Fuchsinlösung schwach gefärbt werden, ein Verfahren, welches überhaupt vor der sonst allgemein geübten Trocknemethode den grossen Vorzug hat, dass es die feinsten morphologischen Details unverändert erkennen lässt. Man erkennt dabei bei Anwendung von Zeiss  $\frac{1}{8}$ , dass in dem anscheinend homogenen Stäbchen kleine regelmässig abwechselnd heller und dunkler gefärbte Stellen auftreten; die letzteren schnüren sich allmählich ab und werden zu rundlichen Einzelgliedern, welche Anfangs noch mit einander verbunden bleiben. Wenn Escherich von kokkenförmigen Ruhe- oder Dauerformen des Bact. Zopfi redet, wie sie sich in abgelaufenen Culturen nach 8 bis 10 Tagen finden sollen, so dürften nach unseren Beobachtungen vielmehr die zu dieser Zeit stets noch reichlich vorhandenen Stäbchen als Träger der Weiterentwicklung anzusprechen sein. Als Vegetationsformen des Bact. Zopfi finden sich nur Stäbchen und Fäden. Letztere zeigen alle Formen von geraden, wellig gebogenen, Vibrionen ähnlichen bis zu vollständig spiralig ge-

wundenen. Die ursprüngliche und in flüssigen Nährmedien allein auftretende Form der Fäden und Stäbchen ist die gerade, und jene mehr oder weniger gewundenen Formen, welche durch den dem Wachsthum der Fäden in der erstarrten Gelatine sich entgegenstellenden Widerstand bedingt sind, nur als zufällige Bildungen aufzufassen<sup>1)</sup>. Es ist daher wohl kaum nöthig nach dem Vorschlage Escherich's diese Formen als „unächte“ Vibrionen, Spirillen und Spirochäten von den typischen Formen zu trennen.

Jedenfalls ist es aber auch unserer Meinung nach weder gestattet, diese durch den Zufall oder die Consistenz und sonstige Beschaffenheit des Nährmaterials hervorgerufenen Wachsthumformen mit den typischen Formen anderer Bakterienarten zu identificiren, noch auch die aus dem Zerfall der Fäden hervorgehenden kugeligen Körperchen als einen Kokkenzustand der Fadenbakterien zu bezeichnen. Das wesentlichste Kennzeichen der Kokken ist, dass dieselben sich stets gleichartig durch Theilung vermehren; ist dies nicht der Fall, so kann es sich nur um eine Formähnlichkeit handeln, und nicht um eine Identität. Es kann somit einerseits das *Bact. Zopfii* nicht als beweisendes Beispiel für die Uebergangsfähigkeit der Stäbchen und Fadenbakterien in Kokken angesehen werden; andererseits zeigt dasselbe aber eben so sehr, dass es ganz unmöglich ist, ohne genaue Kenntniss der Entstehungs- und Entwicklungsweisen an isolirten Einzelindividuen die Bakterienart zu erkennen, ja selbst die Frage, ob Kokken- oder Stäbchenbakterien, zu entscheiden. — Ferner geht aus der Verschiedenheit der Zooglöaformen je nach der Beschaffenheit des Nährmaterials, nach der Entwicklung in der Tiefe oder an der Oberfläche, nach der grösseren oder geringeren Zahl der Colonien deutlich genug hervor, dass auch dieses sonst für so charakteristisch gehaltene Merkmal für die Erkennung der Art nicht ausreichend ist. Die Frage, ob die kugeligen Glieder etwa als Arthrosporen aufzufassen sind, wenn sie keine eigentlichen Vegetationsformen

<sup>1)</sup> Vergl. auch Pommer, Ein Beitrag zur Kenntniss der fadenbildenden Bakterien. Mittheilungen des botanischen Institutes zu Graz. Bd. 1. S. 95.

darstellen, glaube ich auf Grund der negativen Resultate der Versuche über ihre Entwicklungsfähigkeit ebenfalls verneinen zu müssen.

Zur Vergleichung des *Bact. Zopfii* mit den von Hauser beschriebenen *Proteus*arten (*Pr. vulgaris*, *mirabilis* und *Zenkeri*) mög zunächst eine kurze Beschreibung der letzteren folgen.

Strichförmig geimpfte Gelatineobjectträger zeigten sich auch hierbei am geeignetsten, um die einzelnen Entwicklungsstadien zu verfolgen.

Nach ca. 20 Stunden ist bei allen drei *Proteus*arten in gleicher Weise der Impfstrich als matter Streif kenntlich. Am folgenden Tage zeigt sich längs desselben eine weisslichgraue feuchte Auflagerung. Während jetzt bei *Prot. vulg.* und *Prot. mirabilis* alsbald eine von der Mitte des Impfstrichs ausgehende und nach dem Rande fortschreitende rasche Verflüssigung der Gelatine erfolgt, so tritt diese bei *Prot. Zenkeri* nicht ein. Bei den Culturen der letzteren Art hat sich nach weiteren 24 Stunden ein bis zum Rande der Gelatine reichender feuchter Belag mit blattförmig zackigen Rändern gebildet.

Unter dem Mikroskop finden sich bei allen drei *Proteus*arten nach 20 Stunden längs des Impfstrichs kleine einschichtige Häufchen dicht neben einander gelagerter, völlig ruhender, gerader Stäbchen. Die einschichtige Ausbreitung der Stäbchenhaufen entsteht dadurch, dass die Stäbchen sich nach der Theilung sofort abschnüren und durch seitliche Verschiebung neben einander lagern. Durch rasche Vermehrung der Stäbchen nehmen die Haufen schnell an Grösse zu, so dass oft mehrere neben einander gelegene mit einander confluiren. Gleichzeitig lagern sich die Stäbchen im Centrum der Haufen mehrschichtig über einander. Im weiteren Verlaufe der Cultur wachsen an der Peripherie des Haufens die Stäbchen zu Fäden aus, die zum Theil concentrisch gelagert den Stäbchenhaufen umschliessen, zum Theil reiserförmig in die Gelatine hineinragen. Nach ca. 48 Stunden beginnt bei *Prot. vulg.* und *mirabil.* allmählich die Verflüssigung der Gelatine. Die centralen Stäbchenmassen sind in wogender, schiebender Bewegung, während die peripherischen Fadenzonen zunächst noch in völliger Ruhe verharren. Mit der fortschreitenden Verflüssigung der Gelatine kommen auch die peripherischen Fadenschichten in Bewegung und man bemerkt nun in der verflüssigten Gelatine Stäbchen und Fäden in ausserordentlich lebhafter Schwärmbewegung.

*Prot. Zenkeri* besitzt nur in geringem Grade die Fähigkeit die Gelatine zu verflüssigen. Es gelingt aber auch bei dieser Art schwärmende Stäbchen und Fäden zu beobachten, allerdings sind die Schwärmbewegungen nicht so lebhaft wie bei den anderen Arten. Die längeren Fäden der *Prot. vulg.* und *mirabil.* erscheinen sehr flexibel. Sie sind im Stande unter fortwährender Formveränderung in der verflüssigten Gelatine zu schwärmen. Die meisten

Fäden bilden flache Bogen, die mit der convexen Seite vorangehend durch das Gesichtsfeld gleiten. Nähern sich die freien Enden einander, so nehmen sie eine mehr hufeisenförmige Gestalt an, um endlich, wenn die Enden sich über einander lagern, spirulinenähnliche Formen zu bilden. Auch spirillen- und spirochäteähnliche Formen werden bei allen drei Proteusarten, wenn auch viel seltener, wie bei *Bact. Zopfii*, als zufällige Bildungen beobachtet.

Mit dem zunehmenden Alter der Culturen zerfallen alle längeren Formen in kürzeste Stäbchen und kleinste mikrokokkenähnliche Gebilde. Diese letzteren sind nur selten von vollständig kreisrunder Form, meist stellen sie unregelmässige Bruchstücke kleinster Stäbchen dar. Impft man von solchen abgelaufenen Culturen auf frische Gelatine, so entwickelt sich die neue Cultur in der oben beschriebenen Weise, die kurzen Formen wachsen wieder zu längeren Stäbchen und Fäden aus. Ob auch die allerkleinsten Formen noch entwicklungsfähig sind, darüber konnten uns unsere Untersuchungen bis jetzt noch keinen Aufschluss geben.

Die Aehnlichkeit der Proteusarten mit *Bact. Zopfii* in morphologischer und biologischer Beziehung ist evident. Beide Arten zeigen das Auswachsen von Stäbchen zu den verschiedenartigsten Fadenformen und den darauf folgenden Zerfall in mikrokokkenähnliche Gebilde. Die einzelnen Stäbchen und Fäden beider Arten erscheinen der Form nach völlig gleich. Etwas verschieden verhalten sich die kleinsten Formen. Diese sind bei *Bact. Zopfii* vollständig kreisrund und unterscheiden sich auch in ihrer Anordnung zu Häufchen und Ketten nicht von wirklichen Mikrokokken. Die kleinsten Formen der Proteusarten werden meist einzeln angetroffen, selten finden sich kreisrunde Formen, die grosse Mehrzahl derselben sind längliche, unregelmässig gestaltete Kurzstäbchen.

Die Fadenbildung geschieht bei beiden Arten in verschiedener Weise. In Folge der grösseren Rigidität der Zellmembran vermögen die Stäbchen des *Bact. Zopfii* nach ihrer Uebertragung in der erstarrten Gelatine sofort zu langen Fäden auszuwachsen. Die Stäbchen der Proteusarten erscheinen weniger rigide, dagegen kommt ihnen ein intensiv lösender Einfluss auf die Gelatine zu. In Folge dessen weichen die Stäbchen nach der Theilung in der aufgelockerten Gelatine seitlich aus und lagern sich nebeneinander. Bei diesen Arten kommt die Fadenbildung erst dann zu Stande, wenn die stärkere Auflockerung der Gelatine in der Umgebung des Stäbchenhaufens die Lagerung der Stäbchen im Fadenverband gestattet.

Was die korkzieherartigen Zooglöen betrifft, wie sie Hauser namentlich auf Tafel 8 und 9 Fig. 13 und 14 für *Prot. mirabilis* abbildet, so gelang es uns bis jetzt nicht, diese in gleicher Weise bei einer der drei *Proteus*-arten zu beobachten. Die überraschende Aehnlichkeit dieser Abbildungen mit den Zooglöen des *Bact. Zopfii* musste die Vermuthung nahe legen, dass es sich hier um eine Verunreinigung mit dieser Bakterienart handelte. Gestützt wurde diese Annahme durch die Angabe Hauser's, dass die Eigenschaft diese Art der Zooglöen zu bilden eine Abweichung von dem gewöhnlichen Entwicklungszyklus darstellte, die meist nur kurze Zeit erhalten blieb, bei der dritten oder vierten Umzüchtung verschwand, um nach Generationen ebenso plötzlich wieder zu erscheinen. Ebenso wie bei *Bact. Zopfii* waren diese grossen Zooglöen bereits makroskopisch in der sonst völlig klaren Gelatine als weisse Streifen und Flöckchen erkennbar, die in grosser Menge in der ganzen Gelatine verbreitet waren. Das eine Mal verharteten diese Zooglöen völlig im Ruhezustand und blieben Wochen lang unverändert, während bei anderen schon nach 2—4 Tagen ein Ausschwärmen stattfand. Nach anderen Angaben aber war die Verflüssigung der Gelatine bei *Prot. mirabilis* nach 5—6 Tagen bereits vollständig eingetreten, und dies können auch wir nur bestätigen. Demnach glauben wir in der That annehmen zu müssen, dass die so sehr charakteristischen korkzieherförmigen Zooglöehaufen, welche Hauser abbildet, durch Verunreinigung seiner Culturen mit *Bact. Zopfii* oder wenigstens einer ihm sehr nahestehenden Form hervorgerufen waren.

Die Bildung ausgeschwärmter Colonien an der Oberfläche der Gelatine, welche Hauser auf Grund der Abdruckpräparate annimmt, ist wohl einfacher auf ein Auswachsen der Fäden an der Oberfläche zurückzuführen, wie dies in gleicher Weise auch bei *Bact. Zopfii* und anderen zu beobachten ist.

Ein charakteristischer Unterschied zwischen Hauser's *Proteus vulgaris* und *mirabilis* scheint, nach Wegfall der eigenthümlichen Zooglöeabildungen, nicht mehr zu bestehen.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel I.

(Ausführlicher im Text.)

- Fig. 1. Theil eines getrockneten und mit Fuchsin gefärbten Deckglas-Abdruck-Präparates eines oberflächlichen Impfstiches nach 18 Stunden.
- Fig. 2. Zerfall der anfangs scheinbar ungegliederten Fäden in deutlich getrennte Einzelglieder mit geraden Endflächen (48 Stunden alt); nach gefärbtem Präparat.
- Fig. 3. Zerfall in ganz kurze Glieder (nach 3 Tagen). Oelimmers. Leitz  $\frac{1}{12}$ . Oc. 3.
- Fig. 4. a—c Fortlaufende Entwicklungsformen eines einzelnen Fadens.
- Fig. 5. Continuirlich beobachtetes Wachstum eines Fadens im Gelatine-tröpfchen in feuchter Kammer.
- Fig. 6. Wachstum und Zerfall eines continuirlich beobachteten Fädhens bei frühzeitiger Erschöpfung des Nährmaterials.
- Fig. 7. Theil einer vollständig in Körner zerfallenen Zooglöa, a ungefärbt bei schwächerer Vergr., Hartnack 7, b bei stärkerer, nach der Färbung Zeiss Oelimmersion  $\frac{1}{18}$ . Oc. 1.
- Fig. 8. Eine der gewöhnlichen Zooglöaformen, schwach vergr.
- Fig. 9. Von einer angetrockneten Objectträgercultur, welche beginnenden Zerfall der Stäbchen und Bildung von Schwärmfäden zeigte. Zeiss  $\frac{1}{18}$  Oel. Oc. 1.