

7. Sekundärliteratur

Festschrift zur zweihundertjährigen Jubelfeier der Franckeschen Stiftungen und der Lateinischen Hauptschule am 30. Juni und 1. Juli 1898.

Kollegium der Lateinischen Hauptschule

Halle a. S., 1898

Physikalische Studien über Leuchtbakterien.

Nutzungsbedingungen

Die Digitalisate des Francke-Portals sind urheberrechtlich geschützt. Sie dürfen für wissenschaftliche und private Zwecke heruntergeladen und ausgedruckt werden. Vorhandene Herkunftsbezeichnungen dürfen dabei nicht entfernt werden.

Eine kommerzielle oder institutionelle Nutzung oder Veröffentlichung dieser Inhalte ist ohne vorheriges schriftliches Einverständnis des Studienzentrums August Hermann Francke der Franckeschen Stiftungen nicht gestattet, das ggf. auf weitere Institutionen als Rechteinhaber verweist. Für die Veröffentlichung der Digitalisate können gemäß der Gebührenordnung der Franckeschen Stiftungen Entgelte erhoben werden.

Zur Erteilung einer Veröffentlichungsgenehmigung wenden Sie sich bitte an die Leiterin des Studienzentrums, Frau Dr. Britta Klosterberg, Franckeplatz 1, Haus 22-24, 06110 Halle (studienzentrum@francke-halle.de)

Terms of use

All digital documents of the Francke-Portal are protected by copyright. They may be downloaded and printed only for non-commercial educational, research and private purposes. Attached provenance marks may not be removed.

Commercial or institutional use or publication of these digital documents in printed or digital form is not allowed without obtaining prior written permission by the Study Center August Hermann Francke of the Francke Foundations which can refer to other institutions as right holders. If digital documents are published, the Study Center is entitled to charge a fee in accordance with the scale of charges of the Francke Foundations.

For reproduction requests and permissions, please contact the head of the Study Center, Frau Dr. Britta Klosterberg, Franckeplatz 1, Haus 22-24, 06110 Halle (studienzentrum@francke-halle.de)

Physikalische Studien über Leuchtbakterien.

Von

E. Suchsland.

Einleitung.

Zu den Fortschritten auf dem Gebiete der Naturwissenschaften, welche uns in neuer und neuester Zeit die Bakteriologie gebracht hat, gehört die Erweiterung unserer Erkenntnis in Bezug auf die Ursachen des Meeresleuchtens.

Bei der Häufigkeit des Vorkommens dieser großartigen Naturerscheinung ist die Zahl ihrer Beschreibungen bedeutend. So findet sich z. B. eine gute Zusammenstellung von Beobachtungen in „Das Leben des Meeres“ von Hartwig¹⁾. Da hier die Angaben der hervorragendsten Naturforscher angeführt sind, deren eine²⁾ ich auf ihre Richtigkeit habe prüfen können, so möchte ich die lebendige Schilderung zur Gewinnung einer gemeinsamen Anschauung für den Ausgangspunkt der nachfolgenden Betrachtungen wörtlich folgen lassen und dieselbe nur durch einige Zusätze ergänzen, welche zum besseren Verständnis der Ursachen des Phänomens anderen Autoren entnommen sind.

Hartwig schreibt a. a. O. Seite 355: „Wer spät abends oder bei finsterner Nacht am Meeresufer verweilt, wird nicht selten durch ein reizendes Schauspiel überrascht. Denn helle Blitze leuchten aus dem Schofse der Gewässer hervor, als ob die See das am Tage eingesogene Licht dem verdunkelten Himmel wiedergeben wollte. Nähert man sich dem Rande der steigenden Flut, um das Funkeln der umschlagenden Welle genauer zu betrachten, so scheint das vordringende Wasser den Sand mit einer Feuerschicht zu bedecken. Fährt man mit der Hand über den feuchten Boden, so strahlen einem helle Punkte wie Sternchen entgegen; schlägt man ins Wasser, so ist es, als ob man schlummernde Flammen wecke.

„Derselbe wunderbare Anblick erfreut auch den Schiffer, der durch die weiten Eiden des Ozeans seine Gleise zieht, besonders wenn sein Lauf ihn durch die tropischen Meere führt.

„Wenn ein Kriegsschiff bei frischem Winde die schäumende Flut durchschneidet, so kann man sich, auf einer Seitengallerie stehend, an dem Anblick nicht sättigen, welchen der nahe Wellenschlag gewährt. So oft die entblößte Seite des Schiffes sich umlegt, scheinen bläuliche oder rötliche Flammen blitzähnlich vom Kiel aufwärts zu schießen. Unbeschreiblich prachtvoll ist auch das Schauspiel in den Meeren der Tropenwelt, das bei finsterner Nacht

1) Frankfurt a. M., Meidinger Sohn & Comp. Vierte Auflage 1859.

2) „Darwins Reise“ herausgegeben von Kirchhoff (Halle a. S., Hendel), pag. 170—172.

„eine Schar von sich wälzenden Delphinen darbietet. Wo sie in langen Reihen kreisend die „schäumende Flut durchfurchen, sieht man durch Funken und durch intensives Licht ihren „Weg bezeichnet. In dem Golf von Cariaco, zwischen Cumana und der Halbinsel Maniquarez, „habe ich mich stundenlang dieses Anblicks erfreut. (Humboldt, Ansichten der Natur.)

„Doch auch in den kälteren Regionen des Ozeans kann sich das merkwürdige Phänomen in seinem vollen Glanze zeigen. In einer dunkeln und stürmischen Septembarnacht, „auf dem Wege von der uns wohlbekannten Seelöweninsel St. Georg nach Unalaschka, bewunderte Chamisso ein so herrliches Meerleuchten, wie er es kaum schöner zwischen den „Wendekreisen gesehen. An den vom Kamm der Wellen bespritzten Segeln hafteten die „Lichtfunken und glühten auch in einem anderen Element fort. Ermann (Reise um die Welt) „sah ebenfalls an der Südspitze von Kamtschatka bei einer Temperatur des Wassers von nur „+ 4° die See nicht minder prächtig phosphorescieren, als er es jemals in den wärmsten „Meeren während eines siebenmonatlichen Aufenthalts beobachtete. Nach ihm ist es eine „falsche Ansicht, daß das Meeresleuchten durch eine hohe Temperatur des Wassers entschieden begünstigt werde.

„Mit lebhaften Farben schildert Darwin das prachtvolle Schauspiel, das ihm das Meer „unter der Breite des Kap Horn während einer sehr dunkeln Nacht gewährte. Es wehete „eine frische Brise, und alle Teile der Oberfläche, die am Tage als weißer Schaum erschienen, „glühten nun mit blassem Lichte. Das Schiff trieb zwei Wogen flüssigen Phosphors vor sich „hin, und eine lange, schimmernde Milchstrasse folgte ihm nach. So weit wie das Auge reichte, „glänzte der Kamm einer jeden Welle.

„Als La Venus bei Simon-Stadt (Kap-Kolonie) vor Anker lag, brachte der Wellenschlag ein so starkes Licht hervor, daß das Zimmer, worin die Naturforscher der Expedition „sich aufhielten, blitzähnlich dadurch erhellt wurde. Obgleich über 50 Schritt von der Brandung entfernt, versuchten sie beim Schein des ozeanischen Leuchtens zu lesen; doch dauerte „die jedesmalige Lichtentwicklung eine zu kurze Zeit, um ihnen dieses zu gestatten.

„So sehen wir denselben Glanz, der zwischen den Wendekreisen den nächtlichen „Ozean mit Flammen und leuchtenden Punkten erhellt und an den Küsten der Nordsee das „empfindliche Gemüt zu lauter Bewunderung hinreißt, auch aus den Meeren hervorleuchten, „welche die südlichsten Spitzen der Kontinente umrauschen.

„In der Nordsee zeigt sich das Phänomen am Häufigsten an schönen, stillen Herbstabenden; doch kommt es zu jeder Jahreszeit, auch bei der größten Kälte, vor. Übrigens „leuchtet das Meer unter scheinbar gleichen äußeren Umständen eine Nacht sehr stark und „die nächstfolgende gar nicht. Oft gehen Monate, ja ganze Jahre hin, ohne daß es sich in „voller Schönheit zeigt.“

Ich möchte den einzelnen Merkmalen noch das durch äußere Ursachen veranlaßte plötzliche Auftreten des Meeresleuchtens hinzufügen. Nach Fischer ist nämlich im Kieler Hafen beobachtet worden, daß die zunächst absolut dunkle, ruhige Wasserfläche sich in ein Feuermeer verwandelte, als ein Platzregen niederging.

Auch wird von anderen Berichterstattern übereinstimmend darauf hingewiesen, daß die von den Rudern herabfallenden Wassertropfen und das von den Schiffsschrauben in die Höhe geschleuderte Wasser einen ganz besonders prächtigen Anblick gewähren.

I.

Historischer Teil.

§ 1.

Bis zum Jahre 1875 hat man allgemein, gestützt auf die Autorität Ehrenbergs, Tiere als Erreger des Meeresleuchtens angenommen. In der That giebt es auch eine ganze Anzahl von Seetieren niedrigster Gattung, welche Licht ausstrahlen und durch die Häufigkeit ihres Auftretens das Seewasser zum Leuchten bringen. Beim Filtrieren bleiben sie auf dem Filter zurück, und es kommt auch bei groben Filtern vor, daß das Filtrat nicht mehr leuchtet. Offenbar sind in solchen Fällen die Protozoen die einzigen Lichtquellen des Meeresleuchtens.

Diesen Beobachtungen entgegen standen aber schon lange andere, welche mit der Ansicht von der ausschließlich tierischen Lichtquelle des Meeresleuchtens nicht in Einklang gebracht werden konnten.

§ 2

Als erste Thatsache dieser Art mag hier Platz finden, daß Ehrenberg gelegentlich eines elfmonatlichen Aufenthaltes am Roten Meere trotz sehr häufiger mikroskopischer Untersuchungen des das Meerwasser durchsetzenden Schleimes in ihm nie Noctiluken oder andere als Lichtquellen bekannte Protozoen gefunden hatte. Aus leuchtendem Nordseewasser hatte er stets in jedem Glase größere Mengen Noctiluken und Ozeanien sammeln können. Für das Meeresleuchten in der Nordsee war also eine das Kausalitätsbedürfnis befriedigende Erklärung durch den Nachweis des Vorhandenseins der leuchtenden Tiere gegeben. Die Abwesenheit solcher Tiere mußte zu weiterem Nachdenken anregen. Heute scheint uns diese Sachlage schon fast mit Notwendigkeit darauf hingewiesen zu haben, daß sich noch wesentlich andere Ursachen als tierische Organismen am Hervorbringen des Meeresleuchtens beteiligen. Wenn trotzdem Ehrenberg diesen Schluss nicht gezogen hat, sondern sozusagen eine Kompromißansicht annahm, so mag diese Thatsache als ein Beweis dafür angesehen werden, wie schwer es auch für einen so exakten Naturforscher, als welcher Ehrenberg noch heute gefeiert wird, allezeit ist, die Grenzen unserer Naturerkenntnis losgelöst von der rein sinnlichen Wahrnehmung, auf spekulativem Wege zu erweitern. Als spekulativ muß es aber bezeichnet werden, daß Ehrenberg auf folgende Art eine Brücke schlug zwischen Wahrnehmungen an der Nordsee und der sich ihm entgegenstellenden Unmöglichkeit, eine Quelle für das Licht im roten Meer zu finden: Er lernte an der Nordsee die kleinen leuchtenden Medusen kennen und sah, daß auch abgerissene Fetzen derselben leuchteten. Da meinte er, daß die leuchtende schleimige Masse am Roten Meer von zerrissenen, aber noch lebenden Teilen von Medusen hergerührt hätte.

Dann ist als zweite auffällige Erscheinung zu erwähnen, daß tote Seefische fast ausnahmslos einige Tage nach dem Herausnehmen aus dem Wasser im Dunklen einen sich immer mehr steigenden Glanz zeigen, der von den Augen ausgehend, allmählich das ganze Tier überzieht. Das hierbei auftretende Licht gleicht dem des Meeresleuchtens, und für den Beobachter beider Erscheinungen kann es keinem Zweifel unterliegen, daß ihnen eine gemeinschaftliche Ursache zu Grunde liegt. Die Fische bedecken sich bei wachsender Lichtintensität mit einer an Dicke zunehmenden, schleimigen Schicht, und weder vor dem Leuchten noch zur Zeit des höchsten Effekts sind in dem Schleim Leuchtthierchen wahrzunehmen. In den Kreisen der Fischhändler brachte man das phosphoreszierende Leuchten der Seefische stets, und thut es, wie ich mich auf dem Halleschen Fischmarkt überzeugt habe, noch heute, mit einem

vermeintlichen hohen Prozentgehalt der Fische an Phosphor zusammen. Da der Schimmer ungefähr nach drei Tagen mit beginnender Fäulnis aufhört, so sagen die Fischer, daß der Phosphor nach drei Tagen verdunstet wäre.

§ 3.

Der Erste, welcher auf Grund wahrhaft klassischer Beobachtungen und unter Benutzung einer umfassenden Litteratur Erreger des Meeresleuchtens auch unter Spaltpilzen suchte und dort solche fand, ist im Jahre 1875 Pflüger¹⁾ gewesen. Er machte die Wahrnehmung an toten Seefischen zum Ausgangspunkt seiner Untersuchungen. In ihnen lag es ihm von vornherein besonders daran, zu zeigen, daß die leuchtend gewordenen Seefische auf Flußfische, bei denen ein Leuchten nur höchst ausnahmsweise auftritt, ansteckend wirken, wenn deren äußere Bedingungen denen der Seefische gleich gemacht sind.

Er stellte deshalb eine 3prozentige Auflösung von Seesalz her, legte die Süßwasserfische einzeln in je eine mit der Lösung gefüllte Schale und ließ sie eine Nacht darin. Auch ein Schellfisch lag während dieser Zeit in einem Gefäß und war von einer kleinen Menge derselben Salzlösung umspült. Am Morgen wurde jeder Süßwasserfisch halbiert, jede Hälfte in etwas Salzlösung allein für sich gebracht und in einen tiefen, dunklen, kühlen Keller gestellt. Die eine Hälfte jedes Fisches wurde von dem Seefisch entfernt gehalten, die andere dagegen in dem Wasser, in dem der Schellfisch lag, abgespült, an dem Schellfisch gerieben und dann in ihre Schale gelegt.

Das Resultat war, daß der Seefisch stets früher zu leuchten anfang als irgend ein anderer Fisch und zu einer Zeit auf das Glänzendste leuchten konnte, wo an den anderen Fischen noch keine Spur von Phosphoreszenz zu sehen war. Dann aber nach etwa zwei bis drei Tagen, begannen ausnahmslos alle Teile der Süßwasserfische, die mit dem Schellfisch in Berührung gekommen waren, erst schwach an verschiedenen Stellen, die wie helle Flecke aussahen, zu leuchten, während alle nicht infizierten Hälften mit einer einzigen Ausnahme absolut dunkel blieben.

Auf den Süßwasserfischen war zuerst gar kein Schleim und die nicht infizierten Hälften blieben auch ohne solchen. Schleim trat erst mit dem Leuchten auf und vermehrte sich nach und nach. Die Beobachtung desselben unter dem Mikroskop zeigte, wenn der Schleim in 3prozentiger Seesalzlösung fein verteilt wurde, zahllose, sich lebhaft bewegende Spaltpilze, aber keine Infusorien.

Damit war die Bakteriennatur der Lichterreger an Seefischen bewiesen und zugleich eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben, daß auch an dem Entstehen des Meeresleuchtens Spaltpilze mitbeteiligt sein konnten. Die volle Gewissheit hierfür, namentlich auch in dem heutigen strengen Sinne der Reinkulturen, wurde allerdings erst später erbracht.

§ 4.

Zunächst war durch die Pflügersche Arbeit in weiten Kreisen das Interesse für die Frage nach dem Wesen der Lichterreger auch auf anderen tierischen Substraten geweckt.

Überall wurden Bakterien festgestellt.

Nüesch²⁾ fand sie auf leuchtenden Schweinskoteletten, Bancel und Husson³⁾ sahen sie auf einem leuchtenden toten Hummer, und Lassar⁴⁾ berichtet, daß er 1879 von einem Freunde

1) Archiv für die gesamte Physiologie XI, 1875, pag. 222.

2) Über das leuchtende Fleisch gestorbener Tiere, Cosmos les Mondes 1878.

3) Sur la phosphorescence de la viande de homard, Comptes rendus 1879.

4) Die Mikrokokken der Phosphoreszenz, Archiv für die gesamte Physiologie Bd. XXI, pag. 104, 1880.

ein leuchtendes Stück Schweinefleisch erhalten habe, mit dessen Leuchtmaterie er andere Stücken Fleisch durch Überimpfen leuchtend machen konnte. Von den infizierten Stellen aus verbreitete sich auf den Fleischstücken sehr schnell ein gallertiger Schleim. Das Fortschreiten des Schleimes betrug bisweilen 2,5 cm in drei Stunden. Stets waren nur Spaltpilze zu sehen. In einer sehr kalten Nacht erlosch das Leuchten. Lassar ist geneigt, dies der Kälte zuzuschreiben, welche zwischen den Doppelfenstern, dem Aufbewahrungsort des Fleisches, zu dieser Zeit herrschte. Ludwig¹⁾ zeigte im Besonderen, daß durch die von Seefischen entnommenen Bakterien auch das Leuchten des Fleisches und der Fleischwaren in Schlächterläden willkürlich hervorgerufen werden konnte und gewann 1885 Reinkulturen von Leuchtbakterien. Mit ihnen impfte er Fische und Fleisch und stellte in Salzwasser durch Abspülen des leuchtenden Schleimes, künstliches, schwaches „Meeresleuchten“ her, das mehrere Tage dauerte. Durch Vermittelung der toten Seefische war man also damals im stande, eine dem Meeresleuchten ähnliche Erscheinung im kleinen nachzuahmen. Direkt aus dem Meerwasser hatte man aber noch keine Spaltpilze isoliert, mit denen jederzeit nicht leuchtendes Meerwasser in leuchtendes verwandelt werden konnte.

Das Verdienst, dies erreicht zu haben, gebührt Fischer.²⁾

§ 5.

In seiner Eigenschaft als Marinestabsarzt benutzte Fischer eine Dienstreise nach Westindien, um in planvoller Weise festzustellen, ob im Meerwasser lichtentwickelnde Spaltpilze vorkämen und in welcher Beziehung dieselben eventuell zu der Erscheinung des Meeresleuchtens ständen. Lange Zeit blieb das Suchen ohne Erfolg, bis endlich in einer am 31. Januar 1886, etwa fünf Seemeilen westlich von der Dänischen Insel S. Croix entnommenen Wasserprobe ein solcher Organismus gefunden wurde. Fischer züchtete ihn in Reinkultur und war nun in der Lage, mit Aufschwemmungen der Kulturen alle Erscheinungen des Selbstleuchtens von Meerwasser in überraschend sicherer Weise regelmäÙig hervorzurufen.

In großartigem Maßstabe sind die Versuche, künstliches Meeresleuchten zu schaffen, nach Fischers Rückkehr im Berliner Aquarium durch den Direktor des Instituts, Dr. Hermes, angestellt. In einem magischen Licht haben damals alle Wasserbassins gegläntzt.

Der von Fischer in Indien gefundene Spaltpilz ist übrigens ein anderer, als der von Pflüger zuerst beobachtete und der von Ludwig rein gezüchtete.

Das wichtigste Ergebnis des weiteren Studiums Fischers war die Feststellung der Thatsache, daß sein „photobacterium indicum“ am besten auf ganz schwach alkalischen Nährböden wächst. Auch nur eine Spur von Säure oder stärkere Alkalität hindert die Entwicklung oder wirkt tödlich. Ähnliche Resultate haben sich später auch für die Züchtung anderer Arten ergeben, wie auch alle Leuchtbakterien darin übereinstimmen, daß sie zur Hervorbringung des Lichtes unbedingt des Sauerstoffs bedürfen. Diese Eigenschaft erklärt sofort das oben erwähnte plötzliche Aufleuchten des Kieler Hafens. Durch den Platzregen wurde den zunächst dunklen Spaltpilzen, denen es aus irgend einem Grunde an genügendem Sauerstoff fehlte, die nötige atmosphärische Luft zugeführt, wie auch besonders das durch die Schiffsschrauben oder die Ruder hochgeschleuderte, leuchtende Meerwasser durch die innige Berührung mit der Luft zu lebhafterem Glanze gebracht wird.

1) *Mikrococcus Pflügeri*, Hedwigia 1884 Nr. 3. — Über die spektroskopische Untersuchung photogener Pilze, Zeitschrift für Mikroskopie Bd. I, 1884. — Die bisherigen Untersuchungen über photogene Bakterien, Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, I. Jahrgang II. Bd. pag. 372 u. pag. 401, 1887.

2) Bakteriologische Untersuchungen auf einer Reise nach Westindien, Zeitschrift für Hygiene Bd. II pag. 54, 1887.

Die gesammelten Erfahrungen ermöglichten Fischer¹⁾ in Kiel mit der Methode der Plattenkulturen von toten Fischen aus der Nord- und Ostsee Reinkulturen von Leuchtbakterien auch aus unseren Meeren zu gewinnen. Schon am Anfang des Jahres 1888 hatte er zwei verschiedene Arten gefunden, eine unbewegliche, welche die Gelatine nicht verflüssigt, und eine andere, die Eigenbewegungen zeigt und Gelatine verflüssigt. Die erste Art nannte er „bacterium phosphorescens“, die zweite „einheimischer Leuchtbazillus“.

Das Licht aller Arten war so intensiv, daß sich die Kulturen auch bei den damals weniger lichtempfindlichen Platten in ihrem eigenen Licht photographierten.

§ 6.

Die Fischerschen Publikationen wirkten ebenso anregend wie ihrer Zeit die von Pflüger und in schneller Aufeinanderfolge isolierten Ende der achtziger Jahre an den verschiedensten Orten der Erde noch andere Forscher Leuchtbakterien. So Beyerinck in Delft, Katz an der Australischen Küste, Eijkmann in Batavia. Jetzt sind ungefähr 13 Arten bekannt.

Ohne Zweifel wird sich die Zahl noch erheblich vermehren, zumal in den letzten Jahren lichtentwickelnde Bakterien in Stoffen gefunden sind, wo man sie gar nicht vermutete.

Kutscher²⁾ bemerkte zufällig im Oktober 1893, als er, wegen stattgehabter Behinderung am Tage, mehrere Plattenkulturen abends aus dem Brutschrank nehmen wollte, daß zwei derselben leuchteten. Da ihm die Originalkulturen aus einem Hamburger Krankenhaus zugegangen und dort aus Dejektionen Cholerakranker zur Zeit der großen Epidemie im Jahre 1892 gewonnen waren, so glaubte Kutscher, daß er es hier mit Verunreinigungen der Stammkulturen zu thun hätte. Eine genauere Besichtigung der leuchtenden Kulturen ergab aber, daß es sich nicht um Verunreinigungen handelte, sondern daß man hier leuchtende Cholera-vibrien vor sich hatte.

Die zwei leuchtenden Kulturen rührten von zwei erkrankten aber geheilten Personen her. Später wurden noch zwei Kulturen aus den Fäkalien klinisch unverdächtig Personen leuchtend befunden.

Kulturen, die aus Dejektionen der Cholera erlegener Personen isoliert sind, hat man bis jetzt noch nicht leuchten gesehen.

Kutscher ist deshalb geneigt, die Eigenschaft des Leuchtens als ein unterscheidendes Merkmal zwischen dem echten Kommabacillus der asiatischen Cholera und anderen weniger gefährlichen Choleravibrien anzusprechen. Für Meerschweinchen hat sich der leuchtende Choleravibrio übrigens als pernicios erwiesen. Ein mit ihm geimpftes Tier starb. Die inneren Teile desselben leuchteten wunderbar schön. Nach Öffnung der Bauchhöhle konnten die kleinsten Darmschlingen im eigenen Lichtschein erkannt werden. So hell phosphoreszierte der Leichnam.

Bei dieser Gelegenheit sei auch erwähnt, daß mit den Erregern des Meeresleuchtens gleichfalls Impfversuche an lebenden Tieren angestellt sind. Fischer hat dazu Fische und Medusen benutzt. Seine Versuche sind negativ ausgefallen. Positive Resultate hat dagegen Giard³⁾ erzielt. Er infizierte Flohkrebse. Diese phosphoreszierten am dritten und vierten Tage grünlich und waren auf eine Entfernung von 10 m zu sehen. Nach sieben bis zehn Tagen gingen die Tiere aber ein.

Die Fische und das Fleisch, worauf sich Leuchtbakterien entwickelt haben, sind fraglos unschädlich für den menschlichen Genuß, sie gelten sogar für besonders schmackhaft.

1) Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Jahrgang II Bd. III pag. 105 u. pag. 137.

2) Deutsche medizinische Wochenschrift XIX. Jahrg. pag. 1301. 1893.

3) Société de biologie 19 Octobre 1889 et 25 avril 1890.

§ 7.

In hygieinischer Hinsicht bedeutungsvoll ist, daß leuchtende Choleravibrionen nicht nur aus Dejektionen von Menschen isoliert sind, sondern daß sie sich auch in offenen Flußläufen gefunden haben. In Betracht kommen freilich nur die Stromgebiete der Elbe und Saale. Obwohl auch viele andere Deutschen Flüsse auf das Vorhandensein dieser Mikroorganismen untersucht sind, so ist es bis jetzt noch nicht geglückt, ihre Existenz dort nachzuweisen. Es hat deshalb die Vermutung Kutschers einiges für sich, daß die Leuchtfähigkeit der Choleravibrionen in der Elbe und Saale auf den hohen Salzgehalt der beiden Ströme zurückzuführen sei, welcher bekanntlich durch die starke Einführung der Grubenwässer aus den Mansfeldischen Bergwerken verursacht wird. Für die Leuchtfähigkeit der anderen Leuchtbakterien ist nämlich die Anwesenheit eines hohen Prozentsatzes von Kochsalz teils sehr erwünscht, teils Bedingung. Weitere Beobachtungen werden hoffentlich Aufklärung bringen. Als sehr wichtig dürfte sich dabei eine von Beyerinck in Delft erdachte äußerst sinnreiche Untersuchungsmethode für die Wachstumsbedingungen der Bakterien erweisen. Beyerinck hat sie Aauxanographie¹⁾ genannt und durch sie die physiologischen Einwirkungen vieler Nährmaterialien auf die Photobakterien so genau erforscht, daß er umgekehrt die verschiedenen Arten derselben durch ihr Leuchten oder Nichtleuchten geradezu als Reagentien auf die Anwesenheit der betreffenden Stoffe benutzt. Das ist für einige Stoffe um so wertvoller, weil ihr Nachweis namentlich in sehr kleinen Mengen auf chemischem Wege nicht möglich ist.

So hat sich die Naturerscheinung des Meeresleuchtens, die durch ihre Grofsartigkeit die Sinne ungezählter Beschauer gefangen nimmt, nach Entschleierung ihres Wesens im Dienste des menschlichen Geistes für die Kenner in ein Mittel verwandelt, das in seiner Empfindlichkeit von Ludwig treffend als ein physiologisches Analogon zur Bunsenschen Flammenreaktion bezeichnet wird.

§ 8.

Bezüglich der letzten Ursache der Phosphoreszenz sind zwei Ansichten ausgesprochen.

Die meisten, als deren Vertreter ich Beyerinck nennen möchte, nehmen an, daß die Lichtentstehung intracellular an die Bakterienzelle selbst gebunden und eine Lebensfunktion derselben sei. Nach ihnen hängt die Lichtentwicklung mit dem Übergang der Peptone in organisierten lebenden Stoff zusammen. Dies geschieht stets unter der Einwirkung freien Sauerstoffs und bei gewissen Bakterien unter Mitwirkung einer besonderen Kohlenstoffquelle.

Ludwig dagegen meint, daß die Mikroorganismen das Leuchten verursachen, indem sie einen Stoff abscheiden,²⁾ der entweder selbst leuchtet, oder durch eine von ihm bewirkte Ozonisierung in seiner unmittelbaren Umgebung das Leuchten hervorruft.

II.

Experimenteller Teil.

§ 9.

Nach dem vorstehenden Überblick über das Wichtigste von dem, was die Litteratur über Leuchtbakterien bietet, will ich nun dazu übergehen, eine Anzahl eigener Versuche zu beschreiben, welche ich mit zwei Leuchtbakterien angestellt habe. Die Fragestellung für die Versuche lautet: Welchen Einfluß haben die einzelnen physikalischen Zustände

¹⁾ Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Bd. VII pag. 347 u. VIII pag. 616 u. pag. 651.

in möglichst extremem Grade auf die Lichtentwicklung der vorliegenden photogenen Spaltpilze?

Zur Ausführung mehrerer Versuche war ich wegen der bei ihnen nötigen kostspieligen Apparate oder maschinellen Anlagen auf fremde Hilfe angewiesen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, rühmend hervorzuheben, daß mir diese Hilfe überall, wo ich um sie gebeten habe, auf das Bereitwilligste gewährt worden ist; darum bezieht sich der Dank, den ich dafür hiermit ausspreche, gleichmäÙig auf alle verehrten Herren, deren Namen ich im Verlauf des Berichtes zu nennen haben werde. Ganz besonders verpflichtet bin ich Herrn Prof. Zopf, in dessen Laboratorium ich die bakteriologischen Arbeiten habe ausführen dürfen.

§ 10.

Das Ausgangsmaterial für die Versuche habe ich der Güte des Herrn Beyerinck zu verdanken, welcher mir zwei Varietäten des von ihm „photobacterium phosphorescens“ genannten Leuchtbakteriums zugehen lieÙ. Die Kulturen hatten beide ein grünliches Licht. Die Lichtstärken waren ziemlich gleich und ihr Anblick machte auf die Beschauer einen überraschenden Eindruck. Durch die Fortzüchtung auf den von mir hergestellten Nährböden hat die Lichtstärke in der Zeit von zwölf resp. neun Monaten nicht verloren. Die Strichkulturen sind in drei Meter Entfernung von einer hell leuchtenden Petroleumlampe und selbst in der Nähe von Auerlicht in mäÙigem Schatten deutlich zu erkennen.

Das Nährmaterial ist seit August vorigen Jahres nach Beyerincks Vorschrift hergestellt aus Seefischbouillon in Leitungswasser (ich habe dazu 1 kg geschnittenen, nicht abgeschuppten Fisch mit drei Liter Wasser angesetzt und auf ein Liter eingekocht), 3% Kochsalz, 1—3% Glycerin, 0,2—0,4% Asparagin, 0,5% Pepton siccum, 10% Gelatine. Als Reaktion ist vollständige Neutralität oder nur ganz schwache Alkalität anzustreben. Dieser Punkt hat mir groÙe Mühe verursacht, indem ich viel Zeit damit verloren habe, daß sich das Nährmaterial, wenn es in den Reagenzgläsern fertig sterilisiert war, wegen des nicht genauen Grades der Alkalität als ungünstig erwies. Sehr praktisch zeigte sich da eine sofortige Prüfung des Nährmaterials durch die Leuchtbakterien selbst vor dem Sterilisieren.

Ich füllte zwei Gläschen direkt nach geschעהer Zufügung der Nährsubstanzen und des vermutlich nötigen Alkalis, bildete zwei schräge Flächen und legte Strichkulturen an. Entwickelten sich diese bis zum nächsten Tag gut, so war das Alkali in Ordnung, thaten sie es nicht, so war es stets leicht, durch Zusatz von weiterem Alkali oder von Essigsäure, je nachdem das Substrat sich doch noch als etwas sauer oder schon als zu sehr alkalisch zeigte, das Richtige zu finden.

Ich bin oft überrascht gewesen zu sehen, wie geringe Mengen von Alkali oder von Essigsäure hinreichend waren, den Nährboden aus einem mangelhaften in einen trefflichen zu verwandeln.

Filtrierte habe ich das Nährmaterial nicht. Die Gläschen sehen ja nicht so elegant aus, wie solche mit klarer Gelatine, aber man erspart doch viel Arbeit und behält vielleicht auch manche dem Wachstum förderliche Stoffe in dem Substrat. Wenn die Strichkulturen in einem Raum aufbewahrt werden, in dem der Nährboden nicht austrocknet, z. B. in einem Keller, so leuchten sie sehr lange. Ich habe Kulturen, die nun sechs Monate alt sind und immer noch leuchten. Auch zwei Kulturen, die mehrere Monate auf einem Blumenbrett während des Winters und Frühjahrs ohne jeden Schutz im Freien gestanden haben, leuchten noch gut. Merkwürdigerweise ist durch die Wattepfropfen hindurch noch keine Verunreinigung in die Kulturen gelangt.

Endlich war für das Nichtfiltrieren noch maßgebend, daß die Beobachtung der Leuchtbakterien naturgemäÙ oft im Dunkeln stattfindet. Da hier aber der Unterschied von opaker

und heller Gelatine von selbst verschwindet, so schien mir die Rücksicht auf das Praktische die auf die Schönheit zu überwiegen.

Nach Anwendung des oben geschilderten kleinen Kunstgriffes habe ich Schwierigkeiten in der Herstellung des Materials nicht mehr gehabt. Ich habe die Kulturen in Hunderten von Exemplaren hergestellt und habe stets mich selbst, häufig aber auch andere an dem prächtigen Anblick erfreut, den die zahlreichen stark leuchtenden Kulturen gewährten.

Bei einigen Versuchen sind die Strichkulturen selbst verwendet worden, zumeist aber sind die Leuchtbakterien durch Nordseewasser, das mir einer meiner Kollegen, Herr Oberlehrer Crampe, aus Borkum mitgebracht hat, abgespült worden, und dann habe ich mit dem leuchtenden Meerwasser operiert.

§ 11.

Versuche mit mechanischen Einwirkungen.

a) Druck. Der Druck wurde durch eine hydraulische Presse im Physikalischen Institut der hiesigen Universität unter freundlicher Mitwirkung des Herrn Prof. Dorn hervorgerufen. Die Presse gestattet bei metallinem Verschluss den enormen Druck von 1000 Atmosphären zu erreichen. Da wir aber das Leuchten zu beobachten hatten, so mußte das leuchtende Meerwasser in einen Glasbehälter gebracht werden. Es wurde eine der Röhren benutzt, welche dazu dienen, das Flüssigwerden der Kohlensäure bei genügend starkem Druck zu demonstrieren. Die Röhre hatte an der Stelle, wo sie aus dem Druckbassin herausragte, die Form einer Barometerröhre. Sie bestand aus Jenaischem Glas und versprach einen hohen Druck auszuhalten.

Zur Sicherung gegen Verletzung der Beobachter bei eintretendem Platzen des ca. 30 cm überragenden Stückes der Röhre war diese mit einem weiten, oben offenen, starken Glaszylinder umgeben, der mit Wasser gefüllt wurde.

Vor dem Druck enthielt die Glasröhre noch eine ca. 8 cm lange Luftsäule über der leuchtenden Flüssigkeit. Sie war absichtlich gelassen, weil zum Leuchten der Bakterien unbedingt Luft nötig ist und ein etwa bei Druck eintretendes Verlöschen sonst auf mangelnde Luft hätte zurückgeführt werden können.

Als nun der Druck angestellt wurde, verminderte sich selbstverständlich das Volumen des Luftkissens, die leuchtende Wassersäule wurde länger und wir hatten durch den Schutzmantel hindurch ein sehr schönes Schauspiel an dem intensiven Leuchten der Photobakterien. Herr Prof. Dorn steigerte den Druck sehr allmählich, hielt ihn dann acht Minuten lang auf 200 Atmosphären und vermehrte ihn bis 230 Atmosphären. Der andauernde Vergleich der gedrückten Flüssigkeit mit einem Kontrollgläschen ergab, daß die Intensität des Leuchtens durch den Druck nicht verändert wurde. Als der Druck noch mehr erhöht werden sollte, sprang die Röhre. Die Druckdauer für 230 Atm. war eine Minute.

Die Leuchtflüssigkeit, welche in dem größeren, nicht zersprungenen Teil der Röhre war, wurde in ein Reagenzglas gethan und weiter beobachtet. Die Lichtstärke war in den ersten Stunden nach dem Drücken ebenso groß wie die der nicht gedrückten Flüssigkeit. Nach neun Stunden war aber ein großer Unterschied zum Nachteil der gedrückten Leuchtbakterien zu bemerken. Ob als Ursache hierfür der stattgehabte Druck anzusehen ist, oder ob etwas Quecksilber in das Meerwasser übergegangen ist und schädigend auf die Mikroorganismen eingewirkt hat, läßt sich ohne mehrfache Wiederholung des Versuchs nicht entscheiden. Theoretisch ist beides möglich.

b) Schütteln. Hierfür waren mir zwei Schüttelwerke in der Fabrik pharmaceutischer Präparate von Herrn Wilhelm Kathe freundlichst zur Verfügung gestellt. Das eine machte kreisförmige, nur geringe Erschütterungen bedingende Bewegungen, das andere dagegen

führte geradlinige, äußerst heftige Stöße aus. Es bewegte sich das Sieb, auf dem die Flaschen befestigt wurden, in einer Minute 85mal hin und 85mal zurück und durchlief dabei jedesmal einen Weg von 5 cm.

Zu jedem Versuch wurden drei gleiche, 100 ccm große Fläschchen mit 50 ccm bakterienhaltigem Nordseewasser gefüllt. Eine davon wurde als Kontrollfläschchen in dem Raum, in welchem das Schütteln vor sich ging, an einer geschützten Stelle aufbewahrt. Die zwei anderen Fläschchen wurden geschüttelt, und zwar das eine so wie es war, das andere, nachdem zahlreiche ausgewaschene Glasperlen hineingethan waren.

Auf dem schwachen Schüttelwerk wurden die Gläschen am 29. Dezember 1897 von 10¹⁵ bis 12 Uhr und von 1¹⁵ bis 6³⁰ bewegt und am 30. Dezember 1897 von 6 bis 12 Uhr.

Am 29. abends leuchtete das Fläschchen mit den Glasperlen schwächer als die beiden anderen, welche einander gleich waren. Am 30. mittags leuchteten die beiden geschüttelten Gläschen gleich stark und zwar besser als das Kontrollfläschchen. Die Temperatur des Raumes war 15° C.

Das Schütteln auf dem starken Schüttelwerk dauerte am 30. Dezember 1897 von 2 bis 6⁴⁵ bei einer Temperatur von 23° C. Hier leuchtete das Perlenfläschchen viel schwächer als das Kontrollfläschchen und dieses wieder leuchtete bei weitem nicht so stark wie das ohne Perlen geschüttelte Fläschchen.

§ 12.

Versuche mit Temperatureinwirkungen.

a) Hohe Wärmegrade. Mit leuchtendem Nordseewasser gefüllte Reagenzgläschen erloschen in kürzester Frist, wenn sie in Wasserbäder gebracht wurden, die Temperaturen von 80° bis 40° C. hatten. Bei niedrigeren Temperaturen bis 37° tritt auch Verlöschen ein, nur in langsamerem Tempo. Ich bin geneigt, die Leuchtgrenze bei 36,5° zu setzen. Diese Annahme beruht auf folgenden Thatsachen und Erwägungen: Wenn man Reagenzgläser mit leuchtendem Meerwasser in Wasserbäder von Temperaturen zwischen 40 und 80° bringt, sie so lange dort läßt, bis der letzte Lichtschimmer verschwunden ist und dann die Temperatur des verdunkelten Meerwassers mißt, so erhält man je nach der Menge des Leuchtwassers und der Wärme des Wasserbades immer verschiedene Resultate. Dieselben schwanken bei mir zwischen 37 und 45° C. Es erlöschen eben nicht alle Leuchtbakterien auf einmal, sondern zunächst die, welche der Gefäßwand am nächsten sind und dann der Reihe nach immer die, welche durch die Strömungen wieder an die Wand geführt werden. Nun sind die Strömungen aber sehr mannigfach, und da kann es wohl vorkommen, daß sich eine Partie der Lichterreger in günstiger Position lange dem Verlöschen entzieht und durch ihr Leuchten das Messen der Temperatur hinausschiebt. Dadurch werden dann hohe Temperaturen erzielt, und es wird gar nicht die Grenztemperatur der Leuchtfähigkeit erhalten. Die meisten Leuchtbakterien sind an den hohen Wandtemperaturen erloschen, einige haben sich in einer guten Position erhalten, und, wenn auch sie verschwinden, so ergibt sich eine Mitteltemperatur, die sehr weit von dem wahren Werte abliegen kann. Auf diese Weise ist wohl auch die große Verschiedenheit in den entsprechenden Litteraturangaben zu erklären.

Nimmt man dagegen ein dünnwandiges Reagenzglas von 1 cm Durchmesser, befestigt in ihm ein nicht bis auf den Boden reichendes Maximalfieberthermometer so, daß es der Wand parallel gehalten wird, und stellt die leuchtende Masse in ein Wasserbad von 38°, da diese Temperatur nicht sehr hoch über der gesuchten liegen kann, so sieht man das Leuchtwasser sich verdunkeln, und das Innenthermometer zeigt beim Verlöschen der letzten Leuchtbakterien, die in der Mitte der größten Wassermenge nahe bei der Quecksilberkugel liegen, 36,6° an. Wärmer ist das Wasser also innen nicht gewesen, aber die Temperatur hat genügt, auch den letzten Rest des Leuchtens zum Verschwinden zu bringen.

Als notwendige Ergänzung zu diesem Schlufs gehört aber noch der Nachversuch mit einem Wasserbad von $36,6^{\circ}$. Wenn man ein gleiches Reagenzglas mit derselben Ausrüstung wie oben in ein solches Wasserbad senkt, so wird das Leuchten schwächer, verlöscht aber nur sehr allmählich, weil die Temperatur im Gläschen nur langsam die Endtemperatur des Bades annimmt, sich im Gegenteil immer etwas tiefer halten wird. In dieser Temperaturlage spielt aber offenbar ein halber Grad eine grofse Rolle.

b) Hohe Kältegrade. Die Beobachtungen sind mit Strichkulturen ausgeführt. Eine Grenztemperatur ist nicht erreicht worden, obwohl wiederholt zur Erzeugung künstlicher Kälte grofse Mengen fester Kohlensäure mit Äther benetzt sind. Es hat sich also um ein mehrere Stunden langes Stehen der Kulturen in Temperaturen von ca. -80° C. gehandelt. Vier Kulturen waren eine Stunde lang in einem Gemisch von fester Kohlensäure und Äther. Die Gläser waren mit dickem Schnee beschlagen und der Nährboden war natürlich ein festes Eisstück geworden. Durch die Schnee- und Eiskruste konnte ein Lichtschein nicht wahrgenommen werden. Als die Kohlensäure aber verdunstet war, und der Schnee abtaute, war sofort wieder das Leuchten zu bemerken.

Bei einigen anderen Gläschen, welche zwei Stunden in einer gleichen Kältemischung gestanden hatten, war durch Einsetzen in kaltes Wasser das Schmelzen des Schnees und der Nährböden beschleunigt worden. Auch sie zeigten gleich nach dem Verschwinden der Hindernisse das Leuchten, so dafs wohl anzunehmen ist, dafs das Leuchten auch während der enormen Kälte überhaupt nicht aufgehört hat.

Endlich habe ich Gläschen, die schon einmal eine Stunde in fester Kohlensäure gestanden hatten und dann wieder aufgetaut waren, zum zweitenmal in die Kältemischung gestellt, sie zwei Stunden dort gelassen und sie hierauf aufgetaut. Auch hier war das Leuchten in demselben Augenblick zu bemerken, in dem die undurchsichtigen Schneekristalle verschwanden.

Im weiteren Verlauf der Beobachtung unterschieden sich diese Kulturen in keiner Weise von anderen nicht erkälten Gläschen.

§ 13.

Versuche über Einwirkungen von Bestrahlungen.

a) Sonnenstrahlen. Mehrere Strichkulturen wurden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen von früh 7 bis abends 6 Uhr kontinuierlich dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt, indem der Platz sorgfältig dem wechselnden Stand der Sonne angepafst wurde. Der Himmel war zufällig an beiden Tagen wolkenlos. Die Gläschen waren von Wasser umspült, das wegen der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen öfter erneuert wurde, damit nicht zu hohe Wärmegrade schädlich einwirken konnten.

Die Kulturen leuchteten andauernd sehr gut und haben sich auch später ebenso entwickelt, wie die im Dunklen gehaltenen Kontrollkulturen.

Das Resultat stimmt mit dem Verhalten in der Natur überein, wo die Photobakterien in den Meeren den ganzen Tag über der Bestrahlung durch die Sonne ausgesetzt sind und bei beginnender Dunkelheit leuchten.

b) Röntgenstrahlen. Bei dem hohen und berechtigten Interesse, welches von allen Seiten der Entdeckung Röntgens entgegengebracht wird, durfte ich an einer Prüfung der X-Strahlen auf die Lichtemission der Leuchtbakterien nicht vorübergehen. Ich bat deshalb mehrere Herren, die ich im Besitz vorzüglicher Apparate hierfür wufste, mit mir Versuche nach dieser Richtung hin vorzunehmen. Es waren dies die Herren: praktischer Arzt Dr. Köhn, Prof. Dr. Schmidt und Prof. Dr. Dorn.

Bei Herrn Dr. Köhn wurden zwei leuchtende schräge Gelatineflächen, auf denen das Aussaatmaterial mit einer Öse verrieben war, so exponiert, daß die Röntgenstrahlen durch den Wattenverschluss auf die Leuchtbakterien fielen. Die Bestrahlung dauerte reichlich eine Stunde. Die Vergleichung mit Kontrollgläsern, die im Nebenzimmer, außerhalb des Kegels der Röntgenstrahlen aufbewahrt wurden, zeigte keine Einwirkung der X-Strahlen auf das Leuchtvermögen der Photobakterien.

Nebenbei sei bemerkt, daß zugleich einige andere Arten von Spaltpilzen (*Bacillus subtilis* und *Bacterium oxydans*), welche sich im Zustande des Schwärmens befanden, der Röntgenbestrahlung mit ausgesetzt wurden. Herr Prof. Zopf, der sich bei diesen Beobachtungen beteiligte, wollte sehen, ob vielleicht die Schwärmtätigkeit durch die Röntgenstrahlen beeinflusst würde. Eine Wirkung wurde nicht wahrgenommen.

Eine zweite Versuchsreihe mit Röntgenstrahlen wurde im Physikalischen Institut der Universität im Laboratorium des Herrn Prof. Schmidt ausgeführt. Es waren sehr viele leuchtende schräge Flächen in Reagenzgläsern und auch zwei sehr schön leuchtende Gufskulturen mit zahlreichen Kolonien in Petrischen Schälchen zur Verfügung.

Um auch feinere Nüancierungen in der Einwirkung beobachten zu können, wurde ein Petrisches Schälchen mit einer Bleiplatte bedeckt, die einen kreuzförmigen Ausschnitt hatte. Es wurde dadurch erreicht, daß die unter dem Ausschnitt befindlichen Kolonien von den Röntgenstrahlen getroffen, die anderen Stellen der leuchtenden Fläche aber beschattet wurden. Der Glasdeckel wurde abgenommen. Analog wurden mehreren Reagenzgläsern über die Wattepfropfen Bleikappen mit Ausschnitten und ohne Ausschnitte übergestülpt. Andere Gläschen, welche von der Seite her bestrahlt werden sollten, wurden teilweise mit Bleistreifen umwickelt, um etwaige Differenzen in der Lichtintensität der Photobakterien nach der Röntgenbestrahlung auf derselben Kultur sicher erkennen zu können.

Herr Prof. Schmidt hatte seinen Apparat ebenso wie Herr Dr. Köhn zur Benutzung für unbeschränkte Zeit ohne Rücksichtnahme auf die wertvolle Röntgenröhre überlassen. Von dieser Erlaubnis wurde ausgedehnter Gebrauch gemacht. Gegen zwei Stunden ist experimentiert worden, aber ein Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Lichtentwicklung der Leuchtbakterien ist nicht beobachtet worden.

Dasselbe negative Resultat hatte eine Bestrahlung von Kulturen, welche im Laboratorium des Herrn Prof. Dorn durch diesen ausgeführt wurde.

§ 14.

Bei dieser Gelegenheit regte Herr Prof. Dorn an, eine Prüfung der von den Photobakterien ausgesendeten Lichtstrahlen nach der Richtung vorzunehmen, ob sie vielleicht ähnliche Eigenschaften hätten wie die Uranstrahlen oder wie die Röntgenstrahlen selbst.

Die Frage hatte besonderen Reiz, weil sich in der Litteratur die Notiz findet, daß die Lichtstrahlen eines Leuchtkäfers durch undurchsichtige Stoffe hindurch auf eine photographische Platte wirken.

Über zwanzig Versuche sind zur Beantwortung der Frage angestellt worden. Sowohl Petrische Schälchen ohne Deckel mit der offenen Seite nach unten, als auch schräge Flächen sind auf photographische Platten, welche in schwarzes Papier gewickelt waren, gelegt worden. Hier haben die Objekte in dunklen Kästen bis zu fünf Tagen ruhig gelegen, und erst dann ist bei verschiedenen Methoden die Entwicklung der Platten vorgenommen worden. Die Petrischen Schälchen hatte ich, damit die leuchtenden Kolonien der photographischen Platte recht nahe kämen, vor dem Eingießen der Nährgelatine hoch mit Agaragar ausgegossen.

Eine Durchdringung des schwarzen Papiers von den Strahlen der Leuchtbakterien wurde nicht bemerkt. Das Gegenteil kann als feststehend angesehen werden.

Da ich hier von den Eigenschaften des Bakterienlichtes selbst spreche, möchte ich kurz erwähnen, daß andere Beobachtungen die Übereinstimmung desselben mit Sonnenlicht zeigen.

Das Bakterienlicht wird durch ein Glasprisma gebrochen und hat ein von der äußersten Grenze des Rot bis in das Blau reichendes Spektrum. Ludwig und Forster¹⁾ haben dies bereits früher beobachtet. Weiter unterliegt das Bakterienlicht den Gesetzen der Polarisation, indem man deutlich sehen kann, wie beim Drehen des Analysators am Polarisationsapparat von 0° bis 90° die Lichtstärke von absoluter Dunkelheit bis zur größten Helligkeit wächst oder sich umgekehrt verhält. Für die Farbenerscheinungen beim Polarisieren ist das Licht zu schwach. Durch den Magneten scheint das Licht nicht abgelenkt zu werden.

§ 15.

Versuche über den Einfluß der Elektrizität.

a) Statische Elektrizität. Leuchtendes Nordseewasser war in eine U-förmige Röhre gefüllt, welche durch ein Stativ gehalten wurde.

Starke Funken einer Influenzelektriermaschine schlugen in das Wasser über, ohne den Lichtschein desselben zu verändern. Auch brachte viertelstundenlanges Durchleiten der Influenzelektrizität nach Einführen von Elektroden in die offenen Enden der Röhre keinerlei Differenzierung hervor, weder in der absoluten Helligkeit, noch in der Leuchtfähigkeit der Enden an dem positiven resp. negativen Konduktor zu einander.

b) Dynamische Elektrizität. Benutzt wurde eine Akkumulatorenbatterie von 8 Volts. Die U-förmige Röhre hatte 1,5 cm lichten Durchmesser und die Flüssigkeitssäule war 13 cm lang. Der Röhre war noch ein Widerstand vorgelegt, der auf ca. 400 Ohms anzunehmen ist. Die Gasentwicklung war eine mäßige. In den ersten fünf Minuten des Stromschlusses war eine Einwirkung des Stromes auf das Leuchten nicht zu erkennen. Dann erst wurde es am + Pol schwächer, etwas später auch am — Pol. Das Schwächerwerden ging am + Pol bald in Dunkelheit über. Beide Stadien schritten nach der tiefen Stelle der U-förmigen Röhre vor. Den Erscheinungen am + Pol gingen, nur in langsamerem Tempo, die gleichen Wechsel in den Lichtintensitäten vom — Pol aus entgegen.

Vom + Pol aus gerechnet war also nach 20 Minuten die Lichtskala in der Röhre so: Oben eine starke Schicht absolut dunkel, darunter eine schmale Schicht schwach leuchtend, unter dieser durch den tiefsten Punkt der Röhre hindurch bis zu einer höheren Horizontalschicht hinauf die normal leuchtende ursprüngliche Intensität, darüber eine dünne, schwächer leuchtende Lage und endlich über ihr am — Pol eine dunkle Schicht.

Ein Stromwechsel bedingte eine umgekehrte Lagerung.

Es ist interessant zu lesen, was Pflüger über die Einwirkung des elektrischen Stromes beobachtet hat.

Er hielt die Leitungsdrähte einer Groveschen Batterie in leuchtendes Wasser und sah, daß der positive Pol dunkel wurde. Nach dem Herausnehmen zeigte sich die Anode blank, die Kathode schleimig bedeckt. Pflüger meint, daß durch den Strom die Leuchtbakterien vom + nach dem — Pol hingeführt würden. Den zum Leuchten nötigen Sauerstoff erhielten die Bakterien am negativen Pol durch den Wasserstoff gleichsam als Verunreinigung desselben mit vom positiven Pol zugeführt.

Wir sehen, daß die Beobachtung Pflügers auch hier richtig ist, die Erklärung bedarf aber einer Modifikation.

1) Forster, Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Centralbl. für Bakt. und Parasitenk. Jahrg. 1887, II, pag. 337.

Sie ergibt sich sehr anschaulich, wenn man das Leuchtwasser mit Lackmuslösung blau färbt. Die elektrolytischen Stoffe der verschiedenen Seewassersalze gruppieren sich natürlich so, daß die Säuren sich am $+$ Pol und die Basen am $-$ Pol sammeln. Der eine Teil der Röhre wird daher von oben her sauer, der andere alkalisch, die Mitte bleibt neutral.

Die rote resp. tierblaue Farbe der Lackmuslösung zeigt die fortschreitende Abweichung der Flüssigkeitsenden von dem neutralen Zustand der Mitte an.

Nun können die Leuchtbakterien Säuren noch weniger vertragen wie ein zu starkes Alkali. Infolgedessen hört das Leuchten am $+$ Pol eher auf als am negativen und es schreitet das Verdunkeln vom $+$ Pol aus schneller fort als vom negativen.

Die dunklen Niveauflächen sind so scharf begrenzt, daß man daran denken könnte, eine Aufschwemmung von Leuchtbakterien in einer U-förmigen Röhre als Indikator für Stromversuche im Dunkeln zu verwenden.

Schl u s s w o r t.

Bei allen Versuchen ist nur auf die Lichtentwicklung geachtet worden. Wo das Leuchten weiter beobachtet wurde, ist natürlich die Lebensfähigkeit der Bakterien nicht anzuzweifeln. Anders gestaltet sich die Sache da, wo das Leuchten verschwand. Hier tritt die Frage auf, ob zugleich mit dem Leuchten auch die Lebensfähigkeit aufhört.

Das ist entschieden nicht der Fall, da z. B. Gläschen, die durch Temperaturerhöhung verdunkelt waren, später wieder leuchteten.

Es bedarf also die Frage nach der Bedeutung der physikalischen Bedingungen für die Lebensfähigkeit der Photobakterien einer besonderen Erörterung.
