

billiger bekommen. Immer aber wird es teurer bleiben als Ricinussamen, von dem 100 kg in Amsterdam und Hamburg 20 M kosten. Die benötigten Mengen beider Fermentmaterien werden ziemlich die gleichen sein. Es wird also wahrscheinlich das Arbeiten mit Pankreas sich etwas teurer gestalten als mit Ricinussamen. Doch wird das sehr von lokalen Umständen abhängen.

In dritter Linie ist nicht zu erkennen, daß der Ricinussamen wegen seiner Dauerhaftigkeit wohl ein bequemeres Material ist, als eine Drüse, die zur Frischhaltung eines Kühlraumes wie für Fleischwaren bedarf. Auch mag sich vielleicht das Mahlen der Samen einfacher gestalten als die Herstellung eines Organbreies von genügender Feinheit.

Immerhin ist es sehr möglich, daß diese ungünstigen Umstände überkompensiert werden durch andere günstigere, die in der Fabrikation oder in der Qualität des Erzeugnisses hervortreten mögen und sich nicht von vornherein übersehen und in Rechnung setzen lassen.

B r a u n s c h w e i g , Januar 1909.

Technische Hochschule.

## Chemische Probleme aus dem Gebiete der Bakterienforschung.

Vortrag, gehalten im Württembergischen Bezirksverein des Vereins deutscher Chemiker.

Von Dipl.-Ing., Dr. ADOLF REITZ (Stuttgart).

(Eingeg. d. 24./11. 1908.)

M. H.! Der durch seine Forschungen auf dem Gebiete der Immunitätserscheinungen bekannte Frankfurter Gelehrte Paul Ehrlich hat vor kurzem in der Deutschen Chemischen Gesellschaft zu Berlin einen Vortrag über Chemotherapie gehalten. Diese Tatsache ist nicht uninteressant. Ein medizinisches Problem vor Chemikern erörtert. Man wird seine Freude über diese Tatsache nicht unterdrücken können. Wurde doch lange Jahre hindurch die Chemie nicht nur in der Medizin, sondern in den biologischen Wissenschaften überhaupt als Stiefkind behandelt. Diese Zeiten sind vorüber. Die Wichtigkeit chemischen Denkens, die Wichtigkeit der chemischen Forschung bei dem Ausbau der biologischen Wissenschaft ist anerkannt.

Einen Einblick in ein Gebiet von Organismen möchte ich Ihnen zu geben versuchen, um Standpunkte des Chemikers einen Einblick in die Welt der Bakterien, derjenigen Lebewesen, die in verschiedener Beziehung von höchstem Interesse für den Menschen sind, als Krankheitserreger sowohl wie als gesuchte Arbeiter bei der Herstellung einer Reihe von Produkten.

Die erste Frage, die der Chemiker bei der Behandlung bakteriologischen Materials aufwerfen wird, ist wohl die nach der chemischen Zusammensetzung des Bakterienleibes. Wollen wir diese feststellen, so muß es uns in erster Linie darum zu tun sein, die Bakterien von ihrem Nährsubstrat zu trennen, damit unser Bakterienmaterial nicht durch die Bestandteile des Nährbodens verunreinigt ist. Die einwandfreie Trennung der Bakterienkörper

ist keineswegs eine einfache. Wir werden je nach den Wachstumseigentümlichkeiten der Bakterienarten verschiedene Methoden zur Anwendung bringen müssen. Hierbei können wir im allgemeinen vier Methoden unterscheiden:

1. Wächst die zu untersuchende Art in verhältnismäßig dicker Schicht auf Nähragar, Kartoffeln oder anderen Nährmedien, so wird es leicht gelingen, mittels Platinspatels oder Skalpells eine Bakterien-schicht abzustreifen, ohne Nährmaterial mitzutreiben.

2. Bildet die betreffende Art ein Häutchen auf Nährbouillon, so hebt man das Bakterienhäutchen ab. Schwierig ist bei dieser Methode die Entfernung der anhaftenden Bouillonreste, die man in der Regel mit Fließpapier abzusaugen sucht.

3. Durch Zentrifugieren der Kulturen und nachheriges Auswaschen des Sediments erhält man einwandfreies Material.

4. Die am häufigsten verwendete Methode kann man als Eiweißfällungsmethode bezeichnen. Die Bakterien sind ziemlich eiweißreich, weshalb sie durch eine Reihe von Reagenzien aus ihren Nährösungen niedergeschlagen werden. R u b n e r schlägt hierzu essigsäures Eisen vor, N e n c k i verwendet Salzsäure, C r a m e r verfuhr bei seinen Cholera-vibrionenuntersuchungen so, daß er die Bouillonkulturen im strömenden Wasserdampf erhitzte, mit verdünnter Salzsäure ansäuerte und sodann auf freier Flamme nochmals erhitzte bis zum Aufwallen der Flüssigkeit.

Bei dieser Methode muß selbstverständlich für die Bakterienzucht ein eiweißfreier Nährboden genommen werden. Ein solcher von U s c h i n s k y vorgeschlagen, von C r a m e r modifiziert, hat folgende Zusammensetzung:

Wasser . . . . .	1000,0
Milchsäures Ammonium . . .	10,0
Asparagin . . . . .	3,4
Glycerin . . . . .	40,0
Kochsalz . . . . .	5,0
Magnesiumsulfat . . . . .	0,2
Chlorcalcium . . . . .	0,1
Kaliumbiphosphat . . . . .	1,0

Diese Nährlösung wird mit Kalilauge neutralisiert. Ihre Trockensubstanz beträgt rund 5,5%, der Aschengehalt in der Trockensubstanz 11%.

Das nach irgendeiner Methode erhaltenen Material wird im Vakuum bei 20—25° getrocknet.

Der Wassergehalt des Bakterienkörpers wurde verschieden hoch gefunden. Das Bedürfnis der Bakterienarten nach Wasser variiert in beträchtlichen Grenzen. Bei fäulnisregenden Bakterien fand S c h a f f e r als Durchschnitt aus verschiedenen alten Kulturen 84,16%, H a m m e r s c h l a g fand bei Tuberkelbacillen 88,82%, K a p p e s bei Bac. prodigiosus 85,45%, Bac. xerosis 84,93%, B r i e g e r für Bac. pneumoniae 84,2%, K r e s l i n g bei Bac. mallei 75—78%.

Fragen wir uns weiter, aus welchen Elementen, abgesehen von deren prozentualen Verhältnis, der Bakterienleib aufgebaut ist, so geben uns hierüber die Aschenanalysen Aufschluß. Außerordentlich interessante Verhältnisse ergaben die Aschengehaltsbestimmungen, wie sie von C r a m e r, S c h a f f e r, H a m m e r s c h l a g u. a. aus-

geführt wurden. Cramer fand, daß sich Cholera-vibrioen der chemischen Zusammensetzung des Nährbodens anpassen können. Ist der Aschengehalt der Nährlösung hoch, so steigt auch der Aschengehalt der Bakterienzelle. Die Trockensubstanz der Choleraerreger enthielt im Mittel 31% Asche, ein Gehalt, der sich bis jetzt noch an keiner anderen Bakterienart nachweisen ließ.

Die einzelnen in der Bakterienasche gefundenen Elemente sind: Schwefel, Phosphor, Chlor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan und Natrium.

Quantitative Untersuchungen, wie überhaupt chemische Untersuchungen sind leider nur spärlich ausgeführt, obwohl aus den Untersuchungen Cramers hervorgeht, daß die chemische Zusammensetzung zum Charakteristikum des Bakteriums gehört.

Die Methode der Veraschung bringt es mit sich, daß die quantitativen Schwefelbestimmungen oft nicht als einwandfrei gelten können. Schewenitz und Dorset geben für Tuberkelbazillen an, daß sie 0,22—0,44% S enthalten, für Rotbazillen 0,99% S. Bact. aceti soll 7,64% SO<sub>2</sub> enthalten.

Eine Gesamtanalyse des Bac. prodigiosus gab nach Kappes folgendes Resultat:

	100 Teile frische Kultur enthalten	100 Teile Trockensubstanz enthalten
Wasser . . . . .	85,45	0
Feste Teile . . . . .	14,55	100
Ätherextrakt . . . . .	0,7	4,83
N . . . . .	1,653	11,40
Asche . . . . .	1,953	13,47
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,225	1,55
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,570	3,93
CaO . . . . .	0,081	0,56
MgO . . . . .	0,152	1,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,742	5,12
Cl . . . . .	0,096	0,66
NaCl . . . . .	0,157	1,08
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,010	0,07

Besonders interessant, was den Schwefelgehalt anbelangt, ist eine Bakteriengruppe, die der sogenannten *Schwefelbakterien*. Sie sind von der Natur dazu auserlesen, den bei der Zersetzung der Proteinkörper entstehenden Schwefelwasserstoff unschädlich zu machen, ihn zu oxydieren. Eine Reihe von Mikroben vermögen auch aus Sulfaten, Sulfiten und Thiosulfaten Schwefelwasserstoff zu bilden, wie wir uns leicht dadurch überzeugen können, daß wir Fleischsaftpepton-gelatine mit 3% Eisentartrat oder Eisensaccharat als Nährboden verwenden. Bildet eine Kolonie Schwefelwasserstoff, so erkennen wir dies an dem sichtbar werdenden schwarzen Hof von Schwefeleisen, der die Kolonie nach einigen Tagen umgibt. Weiterhin läßt sich der Nachweis bei flüssigen Nährmedien durch Aufhängen von Bleicarbonat-papier leicht erbringen. Die Schwefelbakterien wirken stark oxydierend. Wir können sie nach Winogradsky als einen physiologischen Typus ansehen, der wesentlich von dem allgemeinen abweicht. Der rein anorganisch chemische Prozeß der Oxydation des Schwefelwasserstoffs, bildet für diese Bakterien die einzige Energiequelle.

Wir werden weiter unten auf diese Verhältnisse genauer eingehen haben.

Phosphor hat einen großen Anteil an der Bakterienasche. Der P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehalt der Asche von Bac. prodigiosus beträgt nach Kappes 38,01%, vom Tuberkelbacillus nach Schewenitz und Dorset 55,23%, von Bact. aceti 18,14%.

Chlor ist fast in allen Bakterienaschen enthalten. Es soll die Funktion besitzen, die Nahrungsfäfte löslicher, somit leichter diffundierbar zu machen.

Kalium nimmt unter den Aschebestandteilen quantitativ die erste Stelle ein. Es scheint überhaupt auch physiologisch eines der wichtigsten Elemente zu sein, ohne daß wir über die eigentliche Funktion genauer orientiert sind.

Kappes findet für Bac. prodigiosus 11,5% K<sub>2</sub>O, für Bac. xerosis 11,1%, Schewenitz und Dorset für Bac. tuberculosis 6,35%, Bonelli für Bact. aceti 25,59% K<sub>2</sub>O.

Calcium findet sich im Tuberkelbacillus 12,64%, im Bact. aceti 14%, Magnesium im Tuberkelbacillus 11,55%, im Bact. aceti 0,7%.

Der Eisengehalt ist bei den sogenannten Eisenbakterien, auf die wir später noch näher einzugehen haben, nicht unbeträchtlich. Chlamydothrix und Crenothrix, die Hauptgattungen dieser Gruppe, sind von teilweise dicken eisenoxydhydrathaltigen Scheiden umgeben. Bei den Essigbakterien wurde ein Gehalt von 8,15% FeO festgestellt.

Silicium ist in der Asche von Essigbakterien in einer Menge von 7,76% SiO<sub>2</sub> enthalten.

Gehen wir nun über zur Feststellung der Bestandteile in den Bakterienmembranen, so werden wir die stickstofffreien Membranstoffe von den stickstoffhaltigen unterscheiden.

Echte Cellulose finden wir im Bakterienreich wenig verbreitet. Unter echter Cellulose verstehen wir Kohlenhydrate von der Formel (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>, die in Wasser, Alkohol, Äther, verdünnten Säuren unlöslich und in Kupferoxydammoniak löslich sind, durch Jod und Schwefelsäure oder durch Chlor-zinkjod blau oder violett gefärbt werden und bei der Hydrolyse in Dextrose übergehen. Positive Cellulosereaktion will man beim Tuberkelbacillus nachgewiesen haben, jedoch nach Nishimura nur bei den Tuberkelbazillen im erkrankten Organismus, nicht bei den kulturell gezüchteten Bakterien.

Hemicellulosen finden sich in den Membranen der Bakterien häufiger. Unter Hemicellulosen verstehen wir Körper mit wechselnder Jodreaktion, die in verdünnten kochenden Säuren (1% Salzsäure) löslich sind. Man bezeichnet sie als Dextrane, Mannane, Galaktane, Mannogalaktane, je nachdem sie bei der Hydrolyse Dextrose, Mannose, Galaktose oder letztere beiden zusammen liefern.

Außer Hemicellulosen finden sich in den Membranen eine Reihe von Körpern, deren chemische Zusammensetzung uns noch fremd ist. Es sind in der Regel Schleimstoffe, die wir teilweise bei den Stoffwechselprodukten der Bakterien zu behandeln haben werden.

Von den stickstoffhaltigen Membranstoffen haben wir an erster Stelle das Chitin zu nennen. Chitinreaktionen gaben Bact. tuberculosis und Bact. xylinum.

Gehen wir des weiteren auf die chemischen

Bestandteile des Bakterienzellsinhalts ein, so stehen wir vor einem großen, überaus wichtigen, doch noch wenig erforschten Gebiete.

Wir werden auf die Proteine unser Hauptaugenmerk zu richten haben, weil a priori anzunehmen ist, daß wie bei den übrigen Lebewesen, so auch bei den Bakterien wohl die größte Rolle die Eiweißkörper bei der Abwicklung der Lebenserscheinungen spielen werden.

Beginnen wir mit den Verbindungen des Nucleins, so werden wir hierbei die Frage zu berühren haben, ob die Bakterien kernlose Organismen sind oder nicht. Diese Frage kann keineswegs als gelöst betrachtet werden. Wir finden in einer Reihe von Bakterien Körnchen, die jedoch von den Forschern verschieden gedeutet werden. Von der einen Seite werden sie für Körnchen von Lecithin oder Cholesterin oder als Vakuolen mit fettigen oder öligen Substanzen gehalten, von der anderen Seite wird einem Teil der Körnchen Kernnatur zugesprochen. Interessant ist es nun, daß Nucleinverbindungen in den Bakterien sicher nachgewiesen worden sind.

Als die wichtigsten Nucleinverbindungen haben wir die Nucleoproteide anzusprechen, das sind Körper, die aus einem Eiweißkomplex und dem Nuclein bestehen. Das Nuclein selbst besteht aus einem eiweißartigen Rest und aus Nucleinsäure. Ein großes Interesse bringt man seit Jahren den Tuberkelbazillenextrakten entgegen, weil sie, wie wir später sehen werden, einen hohen Grad von Immunisationskraft besitzen. Wenn Sie die Tuberkelbazillen mit Äther und Benzol extrahiert haben, behandeln Sie nach Klebs zwecks Gewinnung von Tuberkulonuclein den Rückstand mit Pepsinsalzsäure, um die albuminösen Bestandteile in leichtlösliche Peptone zu verwandeln. Der Rückstand wird teilweise in alkalischen Flüssigkeiten gelöst. Durch wiederholtes Fällen mit Alkohol und wiederholtes Lösen erhalten sie 8—9% Phosphor enthaltendes Nuclein, dem jedoch weder heilende, noch immunisierende Wirkungen zuzusprechen sind. Ruppel zerkleinerte die Tuberkelbazillen nach der Kochschen Methode auf mechanischem Wege. Mikroskopisch lassen sich in den zerkleinerten Massen keine intakten Bazillen mehr finden. Mit Wasser angerührt, erhält man eine homogene milchige Emulsion, aus der man mittels Zentrifugieren leicht die zerkleinerten Bazillen entfernen kann. Durch Fällung mit Essigsäure erhält man einen über 4% Phosphor enthaltenden Niederschlag, aus dem sich durch Ausschütteln mit 1%iger Schwefelsäure und Versetzen mit absolutem Alkohol ein phosphorfreies Sediment gewinnen läßt, das in warmem Wasser löslich ist. Dieser Niederschlag ist ein Protamin, das Tuberkulosamin. Auffallend an dem wässrigen Extrakt der zerkleinerten Bazillen ist die Eigenschaft, genuine Eiweißkörper aus ihren Lösungen niederzuschlagen. Diese Eigenschaft ist dem Vorhandensein freier Nucleinsäure zuzuschreiben. Wenn ich durch Filtrieren den oben genannten Niederschlag entferne, den ich durch Essigsäurezusatz zu dem wässrigen Extrakt erhalten habe, so erhalte ich aus dem Filtrat mit salzsäurehaltigem Alkohol die 9,42% P enthaltende Nucleinsäure des Tuberkelbacillus, die sogenannte Tuberkulinsäure, der von de Schweinitz und

Dorset die Formel  $C_7H_{10}O_4$  gegeben wird, also eine Isomere der Teraconsäure darstellt. Die Tuberkulinsäure gibt bei der Spaltung durch Erhitzen Guanin, Xanthin und Adenin und eine Thyminsäure, die nach Kitajima eine starke Toxizität besitzt.

Nucleinsäure konnte aus dem ebenfalls sehr genau analysierten Rotbazillus von Ruppel nicht erhalten werden. Aus verschiedenen anderen Bakterien (Typhusbacillus, Diphtheriebacillus, Choleravibrio, Bac. megatherium, Bac. anthracis, Bac. pyocyaneus) konnten nucleoproteinartige Substanzen isoliert werden, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Die toxischen Eigenschaften der Bakteriennucleoproteide habe ich bereits hervorgehoben. Ich möchte nur darauf hinweisen, daß die Hefenucleine nach Lasche keimtötende Wirkung besitzen, und daß darauf vielleicht die Wirkung der zurzeit öfters mit Erfolg in der Therapie Verwendung findenden getrockneten Bierhefe, der sog. Levurinose, zurückzuführen ist.

Von den anderen Eiweißkörpern, die aus Bakterien isoliert worden sind, kommen in erster Linie die in den letzten Jahren eingehend untersuchten Bakteriengifte in Betracht, von denen später die Rede sein wird, ebenso die den Eiweißkörpern verwandten Enzyme, die ja speziell für den Chemiker ein großes Interesse darbieten dürften, und die eine außerordentlich große biologische Bedeutung haben, Welch letztere ich in einem besonderen Vortrag behandeln werde.

Von Kohlehydraten, die in Bakterien nachgewiesen worden sind, erwähne ich das den Polysacchariden angehörende, für den tierischen Organismus so wichtige Glykogen, das sich in einigen wenigen Bakterienarten, z. B. Bac. asterosporus, vorfindet, ebenso das Iogen, aus Bac. amylobacter, das man mit der Stärke identisch hielt, was nach den neueren Untersuchungen jedoch wohl kaum als richtig zu bezeichnen ist.

Gehen wir über zu den Fetten, so haben wir den Tuberkelbacillus wiederum voranzustellen, der von einer Reihe von Forschern nach dieser Richtung untersucht worden ist (R. Koch, Hammerschlag, Nencki, de Schweinitz und Dorset, Ruppel, Kresling, Klebs u. a.). Nach Ruppels Beobachtungen gelangt man durch sukzessives Extrahieren mit kaltem Alkohol, heißem Alkohol und Äther zu drei Kategorien fettähnlicher Substanzen. Durch kalten Alkohol sind 8% vom Gesamtgewicht der Bazillen extrahierbar. Merkwürdig ist die rote Färbung des Alkohols, die man bereits während des Extrahierens beobachten kann. Die in erheblichen Mengen in dem Extrakt vorhandenen freien Fettsäuren entfernt man durch Behandeln mit Sodalösung und Äther, und man erhält sodann ein leicht verseifbares Produkt, dessen Schmelzpunkt zwischen 55 und 60° liegt.

Durch heißen Alkohol erhält man aus den mit kaltem Alkohol vorbehandelten Bazillen weitere schwer verseifbare Wachsmassen, deren Schmelzpunkt nicht genau bestimmt werden kann.

Der Ätherextrakt liefert dem Bienenwachs ähnliche Verbindungen vom Schmelzpunkt 65—70°. Aus den Bazillen sind durch diese Manipulationen 10—25% des Gesamtgewichts extrahierbar. Von

einer gewissen praktischen Bedeutung ist der Fettgehalt des Tuberkelbacillus insofern, als auf dieser Eigenschaft die differentialdiagnostische Färbung beruht. Der Tuberkelbacillus wird bekanntlich im Sputum z. B. so nachgewiesen, daß man alle Bakterien zuerst mit heißem Carbolfuchsins färbt, den Farbstoff durch Salzsäurealkohol wieder entfernt und mit Methylenblau nachfärbt. Alle anderen Bakterien außer den Tuberkelbazillen sind blau gefärbt. Die Tuberkelbazillen haben vermöge ihres großen Fettgehalts das Carbolfuchsins so aufgenommen, daß es bei der Behandlung mit Salzsäurealkohol nicht entfernt wird, daß sie also im Präparat rot erscheinen.

Zum Fett-nachweis in statu nascendi empfiehlt Meyer die Behandlung des Objekts mit Dimethylparaphenylendiaminchlorhydrat in einprozentiger alkoholischer Lösung und mit einer Auflösung von  $\alpha$ -Naphthol in einprozentiger Sodalösung.

Wenn Sie eine Agarplatte einige Zeit offen stehen lassen, so werden Sie bereits nach einigen Tagen eine Reihe von Bakterienkulturen auf der Platte mit bloßem Auge erkennen. Es wird Ihnen an diesen Luftbakterien in erster Linie die Verschiedenheit der Farben auffallen. Die Farbstoffbildung ist eine oft beobachtbare Eigenschaft der Bakterien. Die Bakterienfarbstoffe sind verhältnismäßig wenig untersucht.

Molisch konnte aus den Purpurbakterien zwei Farbstoffe gewinnen, einen grünen, das Bakteriochlorin, und einen roten, das Bakteriopurpurin. Mit Hilfe seines Nährbodens, bestehend aus Moldauwasser, Pepton und Glycerin, konnte Molisch ziemlich viel Material erhalten. Der rote Bodensatz, der sich nach 2—6 Monaten langer Exposition gebildet hatte, wurde mit Alkohol im Finstern behandelt. Es resultierte das Bakteriochlorin. Den Rückstand behandelte Molisch mit Chloroform oder Schwefelkohlenstoff. Er erhielt hierbei einen roten Farbstoff, das Bakteriopurpurin. Das Bakteriochlorin zeigt eine schwach rote Fluoreszenz, ist aber, wie die Versuche ergaben, keineswegs identisch mit Chlorophyll. Starke Lichtempfindlichkeit zeichnet die alkoholische Lösung aus. Die grüne Farbe verwandelt sich bei ganz kurzer Exposition im Sonnenlicht in Braun.

Beim Bakteriopurpurin der verschiedenen Purpurbakterien scheint es sich um verschiedene Farbstoffe zu handeln. Das Vorhandensein zweier Farbstoffe läßt sich sehr schön auch mit dem Mikroskop beobachten.

Von den Bakterienfarbstoffen möchte ich außer dem Bakteriochlorin und dem Bakteriopurpurin das verhältnismäßig leicht zu gewinnende Prodigiosin des Bacillus prodigiosus hervorheben. Es ist ein blutroter Farbstoff, den der „Wunderbacillus“ hauptsächlich auf stärkehaltigem Nährboden zu bilden vermag. In der Mikrotechnik wird es angewandt, weil es verkorkte Zellmembranen stark färbt. Charakteristisch ist für den Farbstoff die Absorption im Spektrum zwischen den Linien 66 und 70. Blau und Violett sind völlig ausgelöscht. Über die chemische Natur des Prodigiosins wissen wir noch sehr wenig, was auch für die zahlreichen anderen Bakterienfarbstoffe zutrifft.

Eine Erscheinung, die sehr leicht beobachtet werden kann, ist das Leuchten des Fleisches toter

Schlachttiere, das Leuchten toter Meerfische. Wenn Sie einen Meerfisch an der Luft liegen lassen, so werden Sie bereits nach einigen Tagen an verschiedenen Stellen des Fleisches im Dunkeln ein Leuchten wahrnehmen. Noch stärkeres Leuchten können Sie beobachten, wenn Sie einige Stückchen Rindfleisch oder Ochsenfleisch so in 3%iges Salzwasser legen, daß ein Teil des Fleisches aus demselben hervorragt. Schon nach 2 Tagen werden Sie in den meisten Fällen die Oberfläche übersät von leuchtenden Pünktchen sehen.

Untersuchen Sie die Oberfläche des leuchtenden Fleisches näher, übertragen Sie namentlich von der Oberfläche der leuchtenden Fleischschicht geringe Mengen auf 3%ige Kochsalzgelatine oder Salzagar, so werden Sie konstatieren können, daß die Kulturen auf dem Agar und der Gelatine, wenn Sie dieselben bei einer Temperatur von 8—15° aufbewahren, sehr stark leuchten.

Untersuchen Sie die Kulturen mikroskopisch, so finden Sie bei Rindfleisch beinahe ausschließlich den als *Bacterium phosphoreum* bezeichneten Mikroorganismus.

Die Kulturversuche mit *Bact. phosphoreum* ergaben, daß die Lichtentwicklung nicht nur bei Anwesenheit von Chlornatrium zustande kommt, sondern auch bei einer Reihe anderer Chloride, bei Chlorkalium in vielen Fällen noch stärker als bei Chlornatrium. Kalisalpeter, Jodkalium, Kaliumsulfat wirken ähnlich.

Beyerinck hat eine Reihe sehr interessanter Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Nährmedium, Luminescenz und Wachstum der Bakterien angestellt und auf Grund seiner Untersuchungen ein Verfahren ausgearbeitet zum mikrobiologischen Nachweis von Enzymen und Sauerstoff. Das Prinzip seiner Methode ist folgendes: Die Photobakterien reagieren auf außerordentlich geringe Mengen von Stoffen, d. h., züchte ich die Photobakterien auf einem Nährboden, der ihrer Lichtentwicklung zusagt, und bringe ich Spuren von Lävulose und Glucose auf den Nährboden, so ist ein starkes Aufleuchten wahrzunehmen. Setze ich *Photobacterium phosphorescens* und *Photobacterium Pflügeri* Maltose oder Diastase bei, so leuchtet *Photobacterium phosphorescens* auf, *Bact. Pflügeri* nicht. Auf diese Verschiedenheit gründet Beyerinck seine mikrobiologische Methode. Als Nährboden dient ein gut ausgekochtes Gemisch von Meerwasser mit 8% Gelatine, 1% Pepton und 0,25% Kartoffelstärke. Ein Teil wird mit *Photobacterium phosphorescens*, ein anderer Teil mit *Photobact. Pflügeri* versetzt. Beide in Platten ausgesetzte Teile leuchten in gleicher Stärke. Setze ich beide Platten mit Diastasepräparaten, so erscheinen auf den Platten mit *Photobacterium phosphorescens* die Diffusionsfelder stark leuchtend, was bei den Platten mit *Photobacterium Pflügeri* nicht der Fall ist.

Zum Nachweis von freiem Sauerstoff haben wir bekanntlich eine Reihe von Reagenzien. Diese Reagenzien benutzen wir in der Bakteriologie bei der Züchtung von Anaerobiern, um die Abwesenheit freien Sauerstoffs zu prüfen. Entweder werden die betreffenden Nährböden mit konzentrierter alkoholischer Methylenblaulösung oder Indigocarmine (neutralindigoschwefelsaurem Natrium) versetzt. Nur

bei völliger Entfärbung des Methylenblaus oder des Indigocarmins ist die Abwesenheit des Sauerstoffs erwiesen. Ferroferrocyanür wird blau, wenn Sauerstoff vorhanden ist.

Bringe ich in eine Kultur von Leuchtbakterien, die wegen Sauerstoffmangels nicht mehr leuchten, den auf freien Sauerstoff zu untersuchenden Nährboden, so leuchten die Bakterien wieder auf, wenn die geringsten Mengen Sauerstoffs vorhanden sind. Dieser Nachweis kann in ganz einfacher Weise erbracht werden, die von Molisch angegeben worden ist. Bringe ich eine leuchtende Stichkultur von *Bacterium phosphoreum* in eine sauerstofffreie Umgebung, z. B. in eine von Buchner eingeführte, mit Pyrogallollösung und verdünnter Kalilauge beschicktes Reagensglas, so verschwindet das Leuchten. Bringe ich in die Röhre durch Lüften des Kautschukstopfens Sauerstoff herein, so tritt das Leuchten wieder auf.

Die Erscheinung können Sie auch dadurch nachweisen, daß Sie eine schwach leuchtende Bouillonkultur schütteln. Der in die Bouillon eindringende Sauerstoff bewirkt ein starkes Leuchten.

Das Wesen des Leuchtprozesses wurde von einer großen Reihe von Forschern studiert (u. a. E. Pflüger, Radziszewski, Dubois, Ludwig, Beyerinck, Molisch). Bereits Hipsom spricht von einer leuchtenden Substanz, dem Noctilucin, das der Träger der Leuchtkraft sein soll. Mit Recht hebt Molisch in seiner schönen Abhandlung über „Leuchtende Pflanzen“ hervor, daß Hipsom unter Noctilucin den leuchtenden Schleim der Fische und des Schlachtviehleisches verstand, keineswegs ein chemisches Individuum. Der Gedanke eines Leuchtstoffs wurde hauptsächlich von Radziszewski näher begründet unter Anführung einer großen Anzahl chemischer Daten. Beyerinck stellt im Gegensatz hierzu die Behauptung auf, es handle sich bei der Lichtentwicklung der Organismen um eine spezifische physiologische Funktion. Dieser Standpunkt kann keineswegs als begründet gelten. Molisch stellt sich auf den Standpunkt, das Leuchten röhrt von der Bildung eines Stoffes, des Photogens, her. Dieses Photogen leuchtet im Innern der Zelle, von der es gebildet wird. Das Photogen wird nicht ausgeschieden, denn sonst müßte eine Diffusion des Leuchtstoffes in dem Nährboden wahrzunehmen sein, was nicht zutrifft, oder es müßte nach der Filtration der Kulturen durch Chamberlandfilter im Filtrat aufzufinden sein.

Die spektroskopische Untersuchung des Bakterienlichtes ergab kontinuierliche Spektren ohne dunkle Linien. Die geringe Lichtintensität läßt keine Farben erkennen, außer bei einer Art (*Bacillus lucifer*) konnte Molisch Grün, Blau und etwas Violett erkennen. Das Bakterienlicht erwies sich als photographisch und heliotropisch wirksam.

Behandeln wir nunmehr die Frage, inwieweit die verschiedenen chemischen Stoffe als Nährmaterialien für die Spaltpilze in Frage kommen, und beginnen wir bei den Alkalien, so ergeben sich bei Schimmelpilzen nicht uninteressante Unterschiede zwischen den diesen Gruppen angehörenden Elementen. Systematische chemisch-bakteriologische Untersuchungen fehlen leider. Über eine Reihe auf dieses Gebiet fallender Untersuchungen,

die ich zurzeit ausführe, werde ich Ihnen später berichten.

Bei Schimmelpilzen, um dies kurz zu erwähnen, geht die Wichtigkeit des Kaliums hervor, das weder durch Ammonium, noch durch Natrium, noch durch Lithium ersetzt werden kann. Bei Rubidium und Caesium sind noch nicht endgültige Resultate gewonnen. Nach den seither angestellten Untersuchungen scheinen Rubidium- und Caesiumsalze keineswegs vollständig Kalium ersetzen zu können.

Kalium und Magnesium sind bei der Farbstoffbildung der Bakterien von Einfluß, ebenso gewisse Erdalkalien. Über letztere finden sich unabhängig von der Farbstoffbildung keinerlei zuverlässige Angaben in der Literatur. Magnesium soll ein Nährstoff sein.

Über die Bedeutung der Elemente aus der Eisengruppe haben wir uns bereits orientiert. Über die Bedeutung des Eisens für die Bakterien, außer den Eisenbakterien, fehlen Untersuchungen.

Von den Schwefelbakterien habe ich bereits einige kurze Angaben gemacht. Ich möchte dieselben noch etwas ergänzen. Die Eiweißkörper können von einer großen Anzahl von Bakterien unter Schwefelwasserstoffentwicklung zersetzt werden, ein Vorgang, den Sie leicht an faulenden Eiern beobachten können. Über den chemischen Verlauf dieser Zersetzung sind die Meinungen noch sehr geteilt. Schwefelwasserstoff kann jedoch auch aus Sulfaten, Thiosulfaten und Sulfiten von Bakterien gebildet werden. Diese Bakterien finden Sie hauptsächlich im Schlamm. Daß auch bestimmte Bakterien Schwefelwasserstoff durch Bindung von Schwefel mit Wasserstoff zu bilden vermögen, hat zuerst Miquel im Jahre 1879 an seinem als Ferment sulfhydryque bezeichneten *Bacterium* nachgewiesen.

Aus Schwefelwasserstoff Schwefel, den sie in ihrem Innern als Tröpfchen aufspeichern, abzuscheiden, vermögen die eigentlich Schwefelbakterien, zu denen die Gattungen *Beggiatoa*, *Thiotrix* gehören, und weiterhin die interessante Gruppe der Purpurbakterien.

Interessant wäre ja die Lösung der Frage, ob und wie die Bakterien imstande sind, die verschiedenen Schwefelverbindungen auszunützen.

Über die Phototaxis dieser Gruppe kann ich Ihnen hier nicht berichten, nur einige Worte über die Chemotaxis (vgl. später). Molisch fand, daß die verschiedenen Purpurbakterien sich in chemotaktischer Beziehung äußerst verschieden verhalten. *Rhodospirillum giganteum* wird durch Kohlensäure, Salzsäure, Dextrin, Rohrzucker und Pepton angelockt, was bei *Chromatium* aus Triester Meerwasser nicht konstatiert werden konnte.

Phosphor muß als nötig für das Bakterienwachstum angesehen werden. Gewöhnlich wird er in Form von Orthophosphorsäure dargeboten.

Wenn Sie die Wurzeln von Leguminosen untersuchen, so nehmen Sie in den meisten Fällen eigentümliche Anschwellungen gewahr. Diese Wurzelknöllchen beherbergen in ihrem Innern eine Art von Mikroorganismen, die zu dem Reiche der Bakterien gehören, es sind die hauptsächlich von Beyerinck untersuchten Knöllchenbakterien. Züchten Sie diese Bakterien auf einem Absud von Papilionaceenblättern, dem Gelatine und Rohr-

zucker beigesetzt wurden, so werden Sie zweierlei Formen wahrnehmen, die *Beyerinck* als Schwärmer und Stäbchen unterscheidet. Beides sind Formen einer Art des *Bacteriums radicicola*. In den Knöllchen finden Sie diese Art nicht in derselben Form wie auf dem eben angegebenen Nährboden. Diese in den Knöllchen vorhandenen Gebilde, die sich hauptsächlich durch ihre Größe unterscheiden, bezeichnet man als Bakteroiden.

Sehr häufig findet man die Verhältnisse so dargestellt, als ob es sich bei dieser Auflagerung um ein Freundschaftsverhältnis handelt. Diese Auffassung ist nach den neueren Untersuchungen unrichtig. Es handelt sich um ein Kampfverhältnis von Wirtspflanze und *Bacterium*. Die Bakteriobildung ist ein Schutz des *Bacteriums* gegen die Resorption durch die Pflanze. Die Pflanze entzieht diesen Bakteroiden fortwährend Eiweiß, das die Bakteroiden durch Stickstoffassimilation zu regenerieren vermögen. Darauf ist das symbiotische Verhältnis zurückzuführen.

*Winogradsky*'s Untersuchungen über die Nitritifikationsorganismen haben uns darüber endgültig aufgeklärt, daß eine Reihe von Bakterien Ammoniak und Ammoniumsalze als Energiequelle benutzen können und aus ihnen Nitrite und Nitrate zu bilden vermögen. *Winogradsky* verwendet als einfachste Lösung:

Ammoniumsulfat . . . . .	1 g
Kaliumphosphat . . . . .	1 g
Brunnenwasser . . . . .	1 l
Bas. kohlensaures Magnesium im Überschuß.	

Die Lösung wird 3 Tage nach der Einsaat der Bakterien geprüft, am besten dadurch, daß man auf eine mit Höhlungen versehene Porzellansplatté die Reagenzien bringt: *Trommsdorfsches Reagens* (Zinkjodidstärkelösung) für die Nitritproben, Diphenylaminschwefelsäure für Nitrit und Nitrat und *Nesslersches Reagens* für Ammoniak.

Nitrit- und Nitratbildner sind zwei voneinander verschiedene Mikroorganismen. Der Nitratbildner wirkt nur auf die Nitrite ein.

In der Natur müssen wir uns die Vorgänge so vorstellen, daß zuerst der in organischer Bindung vorhandene Stickstoff durch bestimmte Bakterienarten in Ammoniak übergeführt wird. Dann werden durch den Nitratbildner die Nitrite gebildet, sodann von den Nitratbildnern die Nitrat.

Im Gegensatz zu diesen Nitrit- und Nitratbildnern kennen wir Bakterien, die als denitrifizierende zu bezeichnen sind. Sie vermögen Nitrate und Nitrite zu reduzieren, sie in Ammoniak zu verwandeln, andere vermögen aus Nitriten und Nitraten Stickstoffoxyd und Stickstoffoxydul zu bilden, wieder andere aus Salpeter freien Stickstoff.

Die Spaltung des Harnstoffs in Ammoniak und Kohlensäure vermögen eine große Anzahl von Mikroorganismen aus dem Bakterienreiche. Es sind verschiedene Spezies der Gattungen *Urococcus*, *Urosarcina*, *Urobacillus*. Die Spaltung der Harnsäure in Harnstoff und Tartronsäure besorgen ebenfalls eine Reihe von Bakterien, wie auch die Spaltung der Hippursäure in Benzoësäure und Glykokoll.

Über eingehende Untersuchungen verfügen wir für letzteren Gärungsvorgang nicht.

Wenn wir als praktisches Beispiel die Stickstoffverhältnisse im Stallmist vom bakteriologischen Standpunkt aus etwas skizzieren wollen, so werden wir die starke Ammoniagärung, verursacht durch eine Reihe von Ammoniakbildnern, zuerst erwähnen müssen. Harnstoff, Harnsäure und Hippursäure sind in dieser Beziehung als die Hauptausgangsmaterialien zu betrachten. Das entweichende Ammoniak bewirkt einen nicht unwesentlichen Stickstoffverlust des Mistes, d. h. eine Herabsetzung des Düngewerts. Auch scheint freier Stickstoff von einer Reihe von Mikroorganismen im Mist ausgeschieden zu werden.

Man versucht auf verschiedene Weise den Mist zu konservieren, *Hiltner* brachte in Vorschlag, den Mist mit solchen Pilzen zu infizieren, die Ammoniak assimilieren. In der Regel jedoch verwendet man wohl auch mit größerem Erfolg Schwefelsäure, Superphosphatgips. In der Praxis hat sich hauptsächlich Torfstreu bewährt.

Bei der Zersetzung der organischen Substanzen im Stallmist entsteht durch die Atmungstätigkeit der Mikroorganismen eine ziemliche Temperaturerhöhung, die ja leicht beobachtet werden kann.

Gegenüber *Sauerstoff* verhalten sich die Bakterien außerordentlich verschieden. Es gibt Arten, die man als obligat aerob, als fakultativ aerob, als obligat anaerob und als fakultativ anaerob bezeichnet, indem man unter obligat Aerobiern Bakterien versteht, die zu ihrer Lebensfähigkeit Sauerstoff haben müssen, unter fakultativ Aerobiern solche, die auch ohne Sauerstoff leben können. Obligat Anaerobier sind Lebewesen, die nur bei Sauerstoffabschluß gedeihen. *Beyerinck* hat eine schöne Methode eingeführt, die es gestattet, auf Grund von „Atmungsfiguren“ die Beziehungen des lebenden *Bacteriums* zum Sauerstoff zu fixieren. Um zuerst die „Bakterienniveaus“ kurz zu erwähnen, so sind darunter folgende Erscheinungen zu verstehen: Wenn Sie in eine sterilisierte Reagensröhre einige Tropfen von Gelatine oder Agar bringen, und in diese auf dem Boden der Röhre erstarrte Masse eine Reinkultur des zu untersuchenden *Bacteriums* stechen, den Agar oder die Gelatine dann mit sterilisiertem Wasser überschichten, so werden sie nach einiger Zeit bei vielen Arten sehen, daß sich die Bakterien an einer bestimmten Stelle dieses Wassers ansammeln, eine dünne Schicht bilden, die sich scharf vom übrigen Inhalt abhebt. Dieses Bakterienniveau, das sich zumeist unter der Wasseroberfläche bildet, stellt also die optimalen Ernährungsbedingungen für die zu untersuchende Art dar, indem an dieser Stelle der von oben herabkommende Sauerstoff und die Nährstoffe, die aus dem Nährboden gezogen werden, zusammentreffen. Die Bakterien wandern vom Grund des Gläschens an diese Stelle. Die verschiedene Höhe, in der sich die Bakterienniveaus befinden, sind ein prägnanter Ausdruck für das verschiedene Sauerstoffbedürfnis der Arten, die von *Beyerinck* auch durch die „Atmungsfiguren“ im engeren Sinne veranschaulicht werden.

Die Atmungsfiguren werden folgendermaßen hergestellt: Sie legen ein rundes Deckglas auf einen Objektträger, stützen jedoch einen Teil des Deckgläschens durch einen kleinen U-förmig gebogenen Platindraht, dessen geschlossenes Ende senkrecht

zur anderen Richtung umgebogen wurde. Bringen Sie einen Tropfen der zu untersuchenden Kultur in den dadurch entstandenen Keil, und zwar so, daß der Tropfen die Hälfte füllt, so werden Sie wiederum eine Art Pole zu unterscheiden haben, einen sauerstoffarmen oder gar -freien Pol, und einen sauerstoffreichen, der mit der Luft in Berührung steht. Sie werden teilweise kurz nach der Versuchsanstellung, teilweise erst nach einer Stunde eine verschiedene Anhäufung der Bakterien wahrnehmen können. Es entsteht eine Atmungsfigur in Form einer dem Meniscus parallel verlaufenden, mit bloßem Auge unterscheidbaren Schicht. Ich möchte Ihnen die extremen Fälle beschreiben, den Aerobiertypus und den Anaerobiertypus. Der Sauerstoff wird nicht in alle Schichten gleich stark eindringen können. Wir werden eine Schwelle annehmen müssen, bei der einerseits der Sauerstoff noch auf die Aerobier anziehend wirken kann, bei der andererseits keine Anziehung mehr erfolgt, d. h. bei der die Aerobier unbeweglich sind. Die noch angezogenen Bakterien werden sich an der Peripherie des Tropfens zusammendrängen und die Schwelle des Tropfens wird gekennzeichnet sein durch eine bakterienfreie, hellere Zone. Anders die Anaerobieratmungsfigur: Diese suchen die Stelle, bei der die geringsten Mengen von Sauerstoff vorhanden sind, d. h. sie sammeln sich im Zentrum.

Anschließend daran möchte ich horvorheben, daß die Bakterien nicht nur chemisch reizbar sind, wir kennen auch solche, deren Wachstumsrichtung durch Licht, Wärme, Schwerkraft beeinflußt wird. Bacterium photometricum ist z. B. durch Lichtreizbarkeit ausgezeichnet.

Bezüglich der Chemotaxis bei Bakterien verdanken wir Pfeffer eine Reihe interessanter Untersuchungen. Chemische Reize veranlassen lokomotorische Richtungsbewegungen, die für Bakterien in einfacher und anschaulicher Weise dadurch nachgewiesen werden können, daß man in ein Schälchen die Bakterien bringt und die zu prüfende Flüssigkeit in eine Capillare. Übt die Flüssigkeit einen Reiz auf die Bakterien aus, so sammeln sich die Bakterien in der Capillare. Die Diffusionsbewegung kann insofern nicht als Ursache der Anziehung betrachtet werden, als der Reiz nur von solchen Stoffen ausgeübt wird, die Nährstoffe sind, während bei einer großen Anzahl von Stoffen, trotzdem sie auch diffundieren, eine Anreicherung der Bakterien nicht wahrgenommen werden konnte. Auch der Sauerstoff als anziehendes Agens dürfte in diesen Fällen als ausgeschlossen zu betrachten sein, da, wenn wir die Capillare mit Wasser füllen, unter sonst gleicher Versuchsanordnung keinerlei Bakterienströmung wahrgenommen werden kann, obwohl dieser sonst bei entsprechender Versuchsanstellung eine überraschende Anziehung auf die Bakterien ausübt.

Bei kleinen Bakterien verwandte Pfeffer Capillaren von 0,03—0,06 mm, bei größeren Bakterien von 0,05—0,08 mm und bei größeren Organismen von 0,06—0,12 mm Weite. Die Capillaren waren 4—7 mm lang. Da die Capillarflüssigkeit diffundiert, so ist die Beobachtung sofort nach Einschieben der Capillare in den Flüssigkeitstropfen anzustellen. Bei den Bakterienversuchen ist insofern noch eine Schwierigkeit vorhanden, als der

außen befindliche Tropfen selbst Nährstoffe beherbergen muß, da andernfalls die Beweglichkeit herabgesetzt werden würde. Die Reizwirkung des in der Capillare befindlichen Stoffes muß also, soll eine positive Chemotaxis beobachtet werden, größer sein, als die Reizwirkung des Außen tropfens. Wird also die Reizwirkung in der Capillare gleich Null gefunden, so kann eventuell doch eine Reizwirkung eintreten, wenn wir den Reizwert des äußeren Mediums herabsetzen. Der Reizwert der Außenflüssigkeit ist also bei allen Untersuchungen gleich zu wählen, um Vergleiche zu ermöglichen, der Schwellenwert, d. h. die niedrigste Konzentrationsgrenze bei der Anziehung, ist absolut genommen immer etwas zu hoch und muß der soeben angegebenen Korrektur unterworfen werden. Pfeffer machte seine Versuche bei einer großen Anzahl von Stoffen mit Bacterium termo, Spirillum undula und anderen, jedoch nicht zu den Spaltpilzen gehörenden Mikroben. Bacterium termo wurde von fast allen untersuchten Stoffen (Chlorkalium, Trikaliumphosphat, Monokaliumphosphat, Kaliumnitrat, Kaliumsulfat, Kaliumcarbonat, Kaliumbicarbonat, Kaliumchlorat, Kaliumferrocyanid, Kaliumtartrat, Chlornatrium, Dinatriumphosphat, Natriumtartrat, Chlorrubidium, Chlorcaesium, Chlorolithium, Lithiumnitrat, Chlorammonium, Ammoniumphosphat, Chlortcalcium, Ferrocyanocalcium, Calciumnitrat, Chlorstrontium, Strontiumnitrat, Chlorbarium, Chlormagnesium, citronensaurem Eisenoxyd, Traubenzucker, Dextrin, Milchzucker, Mannit, Harnstoff, Asparagin, Kreatin, Taurin, Sarkin, Carnin, Pepton, Fleischextrakt mit 18,3%  $H_2O$ , Salicin, salicylsaurem Natrium, salzsäurem Morphin) mehr oder weniger stark angezogen. Weder eine Anziehung, noch eine Abstoßung fand bei Glycerin statt.

Absoluter Alkohol wirkte repulsiv. Die Stoffe hatten auf die verschiedenen Bakterien eine verschiedene Wirkung. Eine verhältnismäßig starke Reizwirkung finden wir bei den Kaliumsalzen. Trikaliumphosphat zog z. B. noch in einer Konzentration von 0,0018% (= 0,001% K) Bacterium termo und die anderen untersuchten Organismen an. Es wäre nun interessant zu verfolgen, wie weit die Stärke der Reizwirkung von dem Vorhandensein bestimmter Elemente oder Atomkomplexe abhängt. Eine solche Abhängigkeit ergab sich unmittelbar nicht. Wir sind deshalb wohl gezwungen, den Reizwert in Zusammenhang mit spezifischen Eigenschaften des Moleküls zu bringen. Als ziemlich wirksam erwies sich neben den Kaliumsalzen das Chlorrubidium. Die Chloride der alkalischen Erden wirken sehr schwach anziehend. Von den untersuchten organischen Körpern erwies sich am wirksamsten Pepton, weniger wirksam Asparagin, noch weniger Harnstoff. Schwache Reizwirkung zeigten Kreatin, Taurin, Sarkin, Carnin, ebenso die Kohlehydrate. Aus den Untersuchungen geht deutlich hervor, daß der Nährwert keineswegs proportional ist seiner chemotaktischen Wirkung, d. h., daß wir wohl die von Stahli gewählten Ausdrücke Trophotropismus und Trophotaxis für diese Erscheinungen fallen lassen müssen und nur von Chemotaxis reden dürfen. Auch darf nicht angenommen werden, daß die am schnellsten sich bewegenden Arten am empfindlichsten sind. Interessant sind auch die negativ-

chemotaktischen Erscheinungen, Erscheinungen, bei denen eine Abstoßung der Organismen, ein Fliehen derselben beobachtet werden kann. Allgemein läßt sich sagen, daß eine Reihe neutral reagierender Stoffe dann repulsiv wirken, wenn sie den Bakterien in einer bestimmten spezifisch ungleichen Konzentration dargeboten werden. Die Konzentration ist bei den einzelnen bis jetzt untersuchten Stoffen verschieden. Säuren und Alkalien wirken in starker Verdünnung bereits negativ chemotaktisch, ebenso eine große Zahl sauer oder alkalisch reagierender Salze. Die negativ-chemotaktischen Eigenschaften des abs. Alkohols habe ich bereits erwähnt.

Nicht uninteressant wären Untersuchungen darüber, welche Beziehung zwischen Entwicklungshemmung und Repulsionswirkung der einzelnen Stoffe bestehen. Vom Quecksilberchlorid teilt Pfeffer mit, daß es trotz seiner großen Giftigkeit nicht repulsiv wirke.

Über die Natur der chemotaktischen Erscheinungen sind wir noch im Unklaren. Geht der chemotaktischen Erscheinung die Aufnahme des reizwirkenden Stoffes in den Körper voraus, oder handelt es sich um Kontaktreize?

Interessant ist auch die ziemlich leicht zu beobachtende Erscheinung, daß die Bakterien gegenüber den Bestandteilen in ihrem Nährboden ein Elektionsvermögen besitzen. Auch hierüber sind verhältnismäßig wenige Untersuchungen angestellt.

(Schluß folgt.)

## Notiz über das Verhalten von Seifenlösungen gegen Kohlensäure.

(Mitteilung aus dem Untersuchungsamt der Stadt Berlin.)

Von G. FENDLER und O. KUHN.

(Eingeg. d. 21.12. 1908.)

Über die Einwirkung von Kohlensäure auf Seifenlösungen finden sich in der Literatur nur spärliche Angaben.

E. Schmidt<sup>1)</sup> bemerkte, daß auch Kohlensäure „die Seife aus ihren wässerigen Lösungen abzuscheiden vermag“, weshalb sich stark kohlensäurehaltige Wässer wenig zum Waschen mit Seife eignen sollen.

Tiemann-Gärtner<sup>2)</sup> erwähnt in den „Bemerkungen zu den Methoden der Härtebestimmung“ daß die zerstörende Einwirkung, welche auch freie Kohlensäure auf Seife ausübt, eine Fehlerquelle bei der Härtebestimmung bedingt. Bei der Wilsonschen Methode wird durch den Zusatz von Natriumcarbonat diese Fehlerquelle angeblich ausgeschaltet.

F. Krafft und H. Wiglow<sup>3)</sup> weisen darauf hin, daß „bei Anstellung aller Versuche in

<sup>1)</sup> Lehrbuch der Pharmazeut. Chemie. 4. Aufl. Bd. 2. S. 444.

<sup>2)</sup> Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 3. Aufl. S. 96–97.

<sup>3)</sup> Ber. d. Deutsch-Chem. Ges. 28, 2572 bis 2573 (1895).

betreff der hydrolytischen Spaltung von Seifen neben anderen Vorsichtsmaßregeln besonders auf den Ausschluß von Kohlensäure zu achten ist.“ Verff. wiesen den störenden Einfluß der Kohlensäure, die alkaliertziehend auf die Neutralseifen einwirkt, experimentell nach. Sie stellten bei dreistündigem Durchleiten von Kohlensäure durch heiße wässrige Natriumpalmitat- und Natriummyristatlösungen die Bildung reichlicher Mengen der sauren fetteuren Alkalien fest.

Wir beobachteten gelegentlich, daß Kohlensäure auch alkalische, stark alkoholhaltige, also wenig oder gar nicht dissozierte Seifenlösungen in der Kälte erheblich zu zersetzen vermag.

Wir verfuhren folgendermaßen: Je ca. 5 g Fett oder Öl wurden mit 10 ccm alkoholischer Kalilauge (20 g KOH zu 100 ccm mit 70 Vol.% Alkohol) am Rückflußküller verseift, die Seifenlösung wurde mit Wasser und Alkohol derart auf 100 ccm verdünnt, daß die Flüssigkeit 40 Vol.% Alkohol enthielt. Diese Seifenlösung gaben wir in eine Drechselche Waschflasche und leiteten während einer Stunde einen mit 40%igem Alkohol gewaschenen, mäßig starken Kohlensäurestrom hindurch. Hierbei trübten sich die aus Schweinefett, Butter, Talg, Kokosfett und Erdnußöl erhaltenen Seifenlösungen mehr oder weniger stark; die Trübung begann nach 20–30 Minuten; Olivenöl- und Mandelölseifenlösung blieben klar, Leinölseifenlösung fast klar.

Um die ausgeschiedenen Fettsäuren zu isolieren, schüttelten wir die mit Kohlensäure behandelten Seifenlösungen sogleich zweimal mit je 50 ccm niedrigsiedendem Petroläther aus; die ätherischen Ausschüttlungen wurden nach dem Waschen mit 40%igem Alkohol eingedampft, der Rückstand getrocknet, gewogen und zur Bestimmung der Verseifungszahl verwendet.

Tabelle I gibt eine Übersicht der erhaltenen Resultate:

Tabelle I.

Art des Fettes	Angewandte Fettmenge	Menge der ausgeschütteten Fettsäuren	Ausgeschüttete Fettsäuren in Prozenten des Fettes	Verseifungszahl der ausgeschütteten Fettsäuren
Schweinefett .	5,0966	0,5067	9,94	198,5
Butter. . . .	5,0094	0,4007	8,00	203,9
Rindertalg . .	5,2578	0,4004	7,61	204,0
Kokosfett . .	5,0988	0,6275	12,30	246,9
Olivenöl . . .	5,4870	0,7568	13,79	189,8
Erdnußöl . . .	5,5274	0,8480	15,34	194,3
Mandelöl. . . .	5,7750	0,8375	14,50	195,1
Leinöl . . . .	5,2040	0,7452	14,32	196,6

Wir behandelten ferner die Seifenlösungen aus Butter und Schweinefett in der Weise, daß wir nach dem Ausschütteln mit Petroläther das einstündige Einleiten von Kohlensäure wiederholten, wiederum ausschüttelten u.s.f. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle II. Sie lassen anscheinend darauf schließen, daß die höher molekularen Fettsäuren sich zuerst ausscheiden; zu berücksichtigen ist jedoch, daß die ersten Ausschüttlungen das „Unverseifbare“ enthalten.