

zu einer letalen Dosis gehören. Es ist noch möglich, dass diese Untersuchung noch nicht das eigentliche Toxin ergeben hat. Durch die Arbeiten vieler Forscher ist es erwiesen, dass die amorphen Produkte der Mikroorganismen dem Körper sowohl schädlich als dienlich sein können; sie sind vielleicht das Resultat einer synthetischen Thätigkeit bestimmter Bakterien, und existieren vielleicht im Protoplasma; aber die eigentlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper, die sozusagen imponderabel sind wie die Enzyme, sind bis heute unbekannt. Gerade ebenso wie die Beobachtung der peptonisierenden oder der stärkelösenden Wirkung der einzige gültige Beweis für die Anwesenheit von Pepsin oder Ptyalin ist, ebenso sind die spezifischen Vergiftungserscheinungen, die durch die Toxine spezifischer Mikroorganismen hervorgerufen werden, in vielen Fällen für diese viel charakteristischer und für die Diagnose geeigneter als die paar chemischen und physikalischen Reaktionen, die uns heute zur Verfügung stehen.

Neuere Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Bakterien. Von Dr. Dieudonné.

1) Die bakterientötende Kraft des Lichts.

Die ersten Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes auf Mikroben wurden von den Engländern Downes und Blunt im Jahre 1877 ausgeführt. Dieselben fanden, dass diffuses Tageslicht das Wachstum der Bakterien verlangsamt und direktes Sonnenlicht dasselbe völlig hemmt. Seitdem ist diese Thatsache durch eine große Reihe von Versuchen im Großen und Ganzen bestätigt worden, doch gehen die Angaben über die zur Abtötung notwendige Dauer der Einwirkung des Lichts, sowie über die Bedeutung der einzelnen Strahlen des Spektrums sehr auseinander. Der Hauptgrund hiefür ist in der verschiedenen gewählten Versuchsanordnung der Autoren zu suchen, welche teils verschiedene Bakterien-Arten teils auch völlig verschiedene Nährböden für ihre Belichtungsversuche benutzten. Eine weitere wesentliche Ursache für die sich vielfach widersprechenden Resultate war, wie Buchner [1] durch seine Versuche bewies, die, dass in der Regel Massenkulturen auf Agar oder Kartoffeln verwendet wurden, wobei naturgemäß die oberflächlichen Schichten den tieferen gegen den Lichteinfluss bis zu einem gewissen Grade Schutz gewährten. Deshalb suspendierte B. verschiedene Bakterienarten im Nähragar gleichmäßig, goß aus dem Agar Platten und setzte diese dem Lichte aus; hiebei fand sich, dass die Bakterien unter der Einwirkung des direkten Lichtes schon in 1—1½ Stunden und unter der des diffusen Tageslichtes in 5 Stunden abgetötet waren. Ferner zeigte sich, dass auch das elektrische Licht im stande war, die in Agarplatten suspendierten

Keime nach 8stündiger Einwirkung zu töten. Außerordentlich anschaulich lässt sich die schädliche Wirkung des Lichtes auf Bakterien dadurch nachweisen, dass man auf die Unterfläche einer sog. Petri'schen Schale ein Kreuz oder Buchstaben aus schwarzem Papier aufklebt, dann die Schalen 1—1½ Stunden dem Licht aussetzt und hierauf in den Brutschrank bei 37° stellt. Nach 24 Stunden zeigen sich die Buchstaben ganz scharf auf der Agarplatte; unter dem Schutz des schwarzen Papiers kommen die Bakterienkolonien zur Entwicklung, während die übrige ungeschützte Partie steril bleibt.

Um auch den Beginn der Entwicklungshemmung der Bakterien durch das Licht zu bestimmen, benutzte Referent [2] zu seinen Versuchen Pigmentbakterien, welche den Vorteil bieten, dass sich schon geringe Entwicklungsstörungen durch den Verlust der Farbstoffproduktion zu erkennen geben, und dass man also ziemlich genau den Beginn der schädigenden Wirkung und den der völligen Abtötung bestimmen kann. Es zeigte sich, dass das direkte Sonnenlicht im März, Juli und August schon nach einer halben Stunde und im November nach 1½ Stunden Einwirkung eine deutliche Entwicklungshemmung verursachte; zur völligen Abtötung bedurfte es im März, Juli und August 1½, im November 2½ Stunden. Das diffuse Tageslicht bewirkte im Frühjahr (März) und im Sommer (Juli) in 3½ Stunden, im Winter in 4½ Stunden deutliche Entwicklungshemmung und in 5 bis 6 Stunden völlige Abtötung. Die Resultate waren genau dieselben, wenn man, um die Wirkung der Wärmestrahlen möglichst auszuschließen, das Licht zuvor eine 1½ cm breite Schicht einer Alaunlösung passieren ließ. Um zu untersuchen, welche Strahlen des Spektrums die wirksamen seien, wurden auf die Schalen flache, runde Flaschen mit verschiedenen Lösungen gelegt, deren Absorptionsstreifen vorher bestimmt waren; und zwar eine wässrige Kaliumbichromatlösung, welche Rot, Gelb und Grün durchlässt und Blau und Violett stark absorbiert, eine Kupferchloridlösung, welche hauptsächlich nur die grünen Strahlen durchlässt, und eine schwefelsaure Kupferoxyd-Ammoniaklösung, welche Blau und Violett durchlässt, dagegen Rot, Gelb und Grün absorbiert. Unter der Kaliumbichromatlösung war die Entwicklung eine sehr tüppige, so stark wie bei der im Dunkeln gehaltenen Kontrolplatte; bei der Kupferchloridlösung zeigte sich eine geringe Entwicklungshemmung, unter der Kupferoxyd-Ammoniaklösung waren sämtliche Keime getötet. Die roten und gelben Strahlen ließen also keine schädigende, die grünen eine leicht entwicklungshemmende, die blauen und violetten Strahlen eine sehr starke tötende Wirkung auf die Bakterien erkennen. Dasselbe Resultat wurde erhalten bei Benützung eines ca. 2 m breiten Spektrums, welches von einem starken Bogenlicht mittels Rutherford'schen Prismas erzeugt wurde und in dessen verschiedene Teile die Schalen gebracht werden konnten. Das

Wachstum und die Pigmentbildung war in dem ultraroten, roten, orangen und gelben Teil des Spektrums sehr üppig, auch zwischen den Linien D und E konnte eine sichtbare Schädigung des Wachstums nicht nachgewiesen werden, dagegen zeigte sich im Grünen zwischen E und F eine deutliche Entwicklungshemmung, indem die Pigmentbildung hier ausblieb und im blauen, violetten und ultravioletten Teil des Spektrums waren die Bakterien stets abgetötet.

Eine vielbestrittene Frage in der Litteratur war die, ob das Licht die Bakterien selbst oder den Nährboden beeinflusst, indem es hier chemische Veränderungen hervorruft, welche der Entwicklung der Keime ungünstig sind. Hiezu wurden folgende Versuche gemacht: Die Unterfläche einer Schale mit frisch gegossenem, sterilem Agar wurde mit einem Kreuz aus schwarzem Papier bedeckt, dann 2 Stunden dem Sonnenlicht ausgesetzt und nun nachträglich geimpft. Ueberließ man darauf die Platte im Dunkeln der Entwicklung, so war das Wachstum und die Pigmentbildung auf der belichteten und auf der unbelichteten, durch das Papier geschützten Partie genau gleichmäßig. Da nun die Pigmentbakterien gegen Veränderungen des Nährbodens äußerst empfindlich sind und leicht ihre Fähigkeit Farbstoff zu bilden verlieren, so scheinen die Versuche ein Beweis dafür zu sein, dass die ungünstige Einwirkung des Lichtes sich hauptsächlich auf die Bakterien selbst und nicht auf die Veränderung des Nährbodens erstreckt.

Durch eine Reihe weiterer Untersuchungen [3] wurde nachgewiesen, dass für die keimtötende Kraft des Lichts die Bildung von Wasserstoffsuperoxyd ein wesentlicher Faktor ist. Wenn man ungeimpfte Agarplatten ca. $\frac{1}{2}$ Stunde dem Sonnenlicht aussetzte, so konnte sehr deutlich die Anwesenheit von H_2O_2 sowohl mittels der Schoenbein'schen Reaktion als auch mit andern empfindlichen Reaktionen (Aether und Kaliumbichromat) konstatiert werden. Sehr anschaulich ließ sich die Bildung der H_2O_2 durch das Licht demonstrieren, wenn man verflüssigtes Agar in einer Petrischale erstarren ließ, dann die eine Hälfte der Unterfläche mit schwarzem Papier bedeckte und hierauf die Schale mit der Unterfläche nach oben dem Sonnenlichte aussetzte. Man konnte dann nur auf der belichtet gewesenen Hälfte deutlich H_2O_2 nachweisen, während stets auf der durch das Papier geschützten unbelichteten Seite die Reaktion ausblieb. Bei intensivem Sonnenlicht war die Bildung von H_2O_2 schon nach 10 Minuten, bei diffusem Tageslicht in $3\frac{1}{2}$ —4 Stunden nachzuweisen. Um zu prüfen, welche Strahlen des Spektrums die wirksamen seien, wurden die oben beschriebenen Methoden darauf angewandt, und es zeigte sich, dass auch hier die blauen und violetten Strahlen die wirksamen, die roten und gelben dagegen ohne jede Bedeutung waren. Das unter dem Einfluss des Lichtes gebildete H_2O_2 zersetzte sich sehr rasch im Dunkeln wieder; sobald man dann dieselbe Platte wieder dem Lichte aussetzte, bildete sich auch wieder H_2O_2 .

Für die uns zur Zeit noch unbekannte Art und Weise, wie die bakterientötende Kraft des Lichtes zu Stande kommt, gibt der Nachweis von H_2O_2 eine einigermaßen befriedigende Erklärung. Die antiseptische Wirkung des H_2O_2 den Bakterien gegenüber wird sich sicher unter solchen Bedingungen, in denen das Wasserstoffsuperoxyd im Entstehungszustande einwirkt, am kräftigsten entfalten. Die Bakterien vermögen, wie überhaupt jede tierische und pflanzliche Zelle, energisch H_2O_2 zu spalten und Sauerstoff frei zu machen; wenn man Bouillonkulturen mit H_2O_2 übergießt, so sieht man massenhaft Gasbläschen aufsteigen.

Zur Untersuchung der Frage, ob die Bildung von H_2O_2 von wesentlicher Bedeutung für die keimtötende Wirkung des Lichts ist, wurden Belichtungsversuche unter O-Abschluss gemacht; wie natürlich war auf Agarplatten auch nach 2stündiger Belichtung kein H_2O_2 nachzuweisen. Versuche mit einem fakultativen Anaëroben (*Bact. coli*) ergaben, dass eine Belichtung von 4 Stunden bei Sauerstoffabschluss noch nicht hinreichte, um denselben abzutöten, während bei O-Zutritt schon $1\frac{1}{4}$ Stunden hiezu genügten. Milzbrandsporen, welche unter Einwirkung von Sonnenlicht und Luft in $3\frac{1}{2}$ Stunden abgetötet waren, zeigten auch nach 7stündiger Belichtung unter O-Abschluss weder eine Aufhebung des Wachstums noch eine Verminderung der Virulenz. Endlich konnten Tetanussporen bei Sauerstoffabschluss durch 9stündige Einwirkung nicht getötet werden.

Auch in Wasser konnte nach 2stündiger Belichtung die Anwesenheit von H_2O_2 besonders in den oberen Schichten nachgewiesen werden. Für die Selbstreinigung der Flüsse, soweit wenigstens dieselbe in einer Abnahme der Zahl der lebenden Bakterien besteht, gibt die bakterientötende Kraft des Lichtes und die Wasserstoffsuperoxydbildung eine wenigstens teilweise befriedigende Erklärung. Den experimentellen Nachweis hat Buchner [4] erbracht, indem er fand, dass in einem Wasser, welches zu Beginne des Versuches ca. 100 000 Keime enthielt, schon nach einstündiger Exposition im Sonnenlichte keine Keime mehr nachgewiesen werden konnten. Dieser Lichteinfluss auf Bakterien äußert sich, wie Buchner [5] an Versuchen im Starnberger See demonstrieren konnte, auch in tieferen Schichten des Wassers noch ziemlich kräftig; so war derselbe in einer Tiefe von 1,6 m noch ebenso stark wie außerhalb des Wassers. Bei 2,6 m war noch ein deutlicher Unterschied zwischen belichteten und beschatteten Keimen vorhanden, bei 3,1 m Tiefe war dieser Unterschied nur eben noch wahrnehmbar. Auch im fließenden Wasser (Isar) konnte die Abhängigkeit der Zahl der Keime vom Lichteinfluss durch Vergleich der Tages- und Nachtperiode deutlich nachgewiesen werden. Eine daraufhin gemachte Untersuchung von 6 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens ergab folgendes Resultat:

Zeit der Wasserentnahme	Kolonien pro 1 cem Wasser
6 ¹ / ₄ Uhr Abends	160
8 ³ / ₄ „ „	5
11 „ „	8
12 „ „	107
1 ³ / ₄ „ Morgens	380
3 „ „	460
4 „ „	520
5 „ „	510
6 ¹ / ₄ „ „	250.

Die bis Mitternacht entnommenen Wasserproben ließen also in ihrem Keimgehalt die vorhergehende Wirkung des Tageslichts, die von Mitternacht bis Sonnenaufgang entnommenen aber den die Bakterienvermehrung begünstigenden Einfluss der Dunkelheit erkennen. Der letztere Einfluss vermag natürlich nicht sofort nach Untergang der Sonne, sondern erst nach einigen Stunden im wieder zunehmenden Keimgehalte des Wassers sich zu äußern.

Auch Fischer [6] konnte bei seinen interessanten Untersuchungen über die Bakterien des Meeres als Grund für die eigentümliche Verteilung der Bakterien an der Oberfläche und in der Tiefe keinen andern Grund als die Wirkung des Lichts finden. Der Keimgehalt der Proben aus 400 m Tiefe war regelmäßig, derjenige von Proben aus 200 m in fast der Hälfte der Proben weit größer als in der jedes Mal an derselben Stelle entnommenen Oberflächenprobe. Wenn sich der durchschnittliche Keimgehalt bei den Proben aus 400 m Tiefe auf 114 stellte, so betrug derselbe bei den 4 entsprechenden Oberflächenproben nur 14. Und wenn bei den Proben aus 200 m Tiefe, die im Südäquatorialstrom entnommen wurden, der durchschnittliche Keimgehalt 187 betrug, so war derselbe bei den entsprechenden Oberflächenproben nur 23. Außerdem war wiederholt zu beobachten, dass in den aus den Tiefwasserproben angelegten Aussaaten die Entwicklung der Kolonien weit rascher und kräftiger erfolgte als in den gleichzeitig angelegten und unter genau denselben Bedingungen gehaltenen Aussaaten der Oberflächenkolonien, wofür sich wohl kaum eine andere Erklärung geben lässt, als dass die in den Oberflächenproben zur Entwicklung gelangten Kolonien von Keimen ausgegangen waren, die bereits durch die Sonne eine Schädigung erfahren hatten. Ferner konnte auch hier wiederholt ein beträchtlicher Unterschied der Keime in den verschiedenen Tageszeiten konstatiert werden. So erwies sich der Keimgehalt des Meerwassers zwischen den Cap-Verdischen Inseln und Trinidad in einer Breite zwischen 17° und 11° an der Oberfläche am Nachmittag durchweg als ein recht niedriger (durchschnittlich 46), während derselbe am Morgen bei bzw. unmittelbar nach Sonnenaufgang bedeutend höher war (Durchschnitts-Keimgehalt 501). In Tiefen von 800—1100 m

konnten noch mit Sicherheit Keime nachgewiesen werden, dagegen ergaben Proben aus dem Meeresgrunde (1500—5250 m Tiefe) negative Resultate. Die Menge der Keime nahm mit der Entfernung vom Lande schnell ab und war unter gewöhnlichen Umständen in 3—5 km Abstand nur gering.

Offenbar scheint also die Empfindlichkeit gegen Licht eine ziemlich weit verbreitete Eigenschaft bei den Bakterien zu sein, ohne dass man deshalb von einer allgemeinen Eigenschaft sprechen dürfte. Es gibt wieder andere Arten, welche durch das Licht begünstigt werden; so entdeckte Engelmann [7] in einem Rheinarm zu Utrecht ein *Bact. photometricum*, welches bei Abschluss des Lichtes in eine Art von Dunkelstarre versetzt wird, die nur durch das Licht aufgehoben werden kann. Alle in einem Tropfen befindlichen Individuen sammeln sich in dem beleuchteten Teile desselben an. Die Eigenschaft des Mikrobion war so konstant, dass der Verfasser dieselbe zur Prüfung der Diathermanität einiger Medien benützte.

Für die praktische Hygiene ist jedoch diese Bakterienart ohne Bedeutung, während gerade die bei Verschleppung von Epidemien durch Wasserläufe in Betracht kommenden Bakterien (Typhus, Cholera etc.) durch das Licht sicher geschädigt bzw. abgetötet werden.

2) Ueber die Anpassungsfähigkeit der Bakterien an ungünstige Temperaturverhältnisse.

Schon lange war es bekannt, dass der plötzliche Uebergang aus einer günstigen in eine ungünstige Temperatur stets eine mehr oder weniger starke Schädigung der Bakterien bewirkt, die sich dadurch kennzeichnet, dass entweder kein oder nur dürftiges oder aber anormales Wachstum d. h. Entwicklung unter Verlust charakteristischer Merkmale eintritt. So bildet der bei 20—22° einen roten Farbstoff und Trimethylamin produzierende *Microc. prodigiosus*, bei 38—39° gezüchtet, Kolonien, welche diese Merkmale vermissen lassen. Dieselben treten jedoch sofort wieder hervor, wenn die Weiterzüchtung wieder unter normalen Bedingungen vorgenommen wird. Der bei 37° einen prachtvollen grünen Farbstoff bildende *Bac. pyocyaneus* wächst nach einigen bei 42,5° gehaltenen Kulturen vollkommen farblos. Referent [8] wollte nun untersuchen, ob nicht ein langsamer Uebergang aus der günstigen in die ungünstige Temperatur durch Einschaltung vieler Uzüchtungen bei dazwischen liegenden Temperaturen diese Anfangsschädigung vermindern könne. Von vornherein war es wahrscheinlich, dass bei den Bakterien ähnlich wie bei andern Organismen zuweilen eine Gewöhnung, eine Akklimation an abnorme Existenzbedingungen stattfinden kann. Für chemische Stoffe, speziell Antiseptica war ein solches Anpassungsvermögen schon früher bewiesen.

So konnte Kossiakoff [9] bei einer größeren Reihe von Bakterien durch fortgesetztes Umzüchten in Bouillon mit langsam zunehmenden Mengen antiseptischer Stoffe die Mikroben gegen diese Körper widerstandsfähiger machen, so dass dieselben schließlich noch da ganz gut wuchsen, wo die nicht angepassten sofort zu Grunde gingen. Trambusti [10] benützte zu seinen Versuchen pathogene Bakterien, dieselben wurden in gewöhnlicher Bouillon gezüchtet und in solcher, welcher langsam steigende Zusätze von Sublimat (von 1:40000 bis 1:1000) hinzugefügt waren. Dabei zeigte sich ebenfalls, dass die Mikroorganismen eine ausgezeichnete Fähigkeit hatten, sich an Antiseptica zu gewöhnen und dadurch eine Widerstandsfähigkeit gegen dieselben erhielten, welche sie vorher nicht besaßen. Bezüglich der Erhaltung der Virulenz verhielten sich die verschiedenen Arten verschieden. Einige bewahrten ihre volle Virulenz, so lange überhaupt noch Lebensfähigkeit vorhanden war, andere dagegen ließen schon bald eine Einbuße in ihrer Pathogenität, eine deutliche Abschwächung erkennen. Bei einer Anzahl farbstoffbildender Bakterien konnte Galeotti [11] eine deutliche Anpassungsfähigkeit an Antiseptica feststellen; bei Zusatz von Carbolsäure (2‰ — 3‰) verloren die untersuchten Pigmentbakterien die Fähigkeit Farbstoff zu bilden, doch stellte sich nach einer gewissen Anzahl von Umzüchtungen in demselben Nährboden wieder die Pigmentbildung ein.

Auch Referent benützte zu seinen Anpassungsversuchen Pigmentbakterien und zwar zunächst den *Bac. fluorescens*, welcher bei 22° den bekannten fluoreszierenden Farbstoff bildet. Bei 35° wächst derselbe noch gut, aber ohne Pigmentbildung, bei $37,5^{\circ}$ hört überhaupt jedes Wachstum auf. Von der ersten Generation der bei 35° ohne Pigment gewachsenen Kultur wurde nun nach 24 St. eine zweite, von dieser eine dritte u. s. f. abgestochen und bei 35° weiter gezüchtet. Dabei begann schon die 15. Generation eine geringe Farbstoffbildung zu zeigen, welche sich in den nächsten Kulturen immer intensiver bemerkbar machte, sodass die 18. Generation keinen Unterschied von einer bei 22° gewachsenen Kultur mehr zeigte. Es war demnach vollkommene Anpassung an die ursprünglich ungünstige Temperatur von 35° eingetreten.

Von einer solchen, der Temperatur von 35° angepassten Kultur wurden Abimpfungen auf $37,5^{\circ}$ gebracht und zeigten hier sofort üppiges Wachstum, allerdings ohne Pigmententwicklung, während die Aussaat einer bei Zimmertemperatur gewachsenen Kultur, wie schon erwähnt, bei $37,5^{\circ}$ sich überhaupt nicht entwickelte. Bei dieser Temperatur wurde wieder längere Zeit fortgezüchtet, doch gelang es auch bei der 30. Generation nicht normale Pigmentbildung zu erzielen, wohl aber zeigten sämtliche Generationen bei 22° gezüchtet sofort wieder vollkommen gleichmäßig intensive Fluoreszenz. Bei $38,6^{\circ}$ konnte ein

Wachstum weder mit den an 35° angepassten noch mit den ersten bei $37,5^{\circ}$ gezüchteten Generationen erzielt werden. Erst Ueberimpfungen von der 12. bei $37,5^{\circ}$ gehaltenen Generation ließen üppige Entwicklung bei $38,6^{\circ}$ erkennen. Auch hier konnte selbst nach 30 Umzüchtungen keine Rückkehr der normalen Eigenschaften (Pigmentbildung) erreicht werden, bei 22° trat dagegen stets wieder prachtvolle Farbstoffbildung in den Kulturen auf.

Durch eine weitere Zwischenstufe von $40,5^{\circ}$ konnte auch noch bei $41,5^{\circ}$ reichliches Wachstum erzielt werden, dagegen gingen Uebertragungen von $41,5^{\circ}$ auf $42,5^{\circ}$ nicht mehr an. Also scheint mit $41,5^{\circ}$ die obere Grenze der Anpassung erreicht worden zu sein, vorausgesetzt, dass sie sich nicht vielleicht durch noch langsamere und allmählichere Steigerung der Temperatur weiter nach oben verschieben lässt.

Mittels derselben Methode gelang es, bei dem sonst bei $37,5^{\circ}$ nicht mehr wachsenden *Bacillus* der roten Milch noch bei $41,5^{\circ}$ und bei dem *Microc. prodigiosus* noch bei $43,5^{\circ}$ üppiges Wachstum zu erzielen. Der *Bac. pyocyaneus*, welcher bei $42,5^{\circ}$ ohne Pigmentbildung wächst, zeigte bei der 18. bei dieser Temperatur gehaltenen Generation völlig normale Farbstoffproduktion.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass bei Einschaltung von Uebergängen wenigstens gewisse Bakterien sich an ungünstige Temperaturverhältnisse vollkommen oder doch annähernd vollkommen anpassen können. Eine vollkommene Anpassung wird sich durch die normale Stärke des Wachstums und durch die Rückkehr der normalen Eigenschaften kenntlich machen. Während der Eintritt des guten Wachstums leicht festzustellen ist, stehen der Konstatierung der Rückkehr zu den normalen Eigenschaften größere Schwierigkeiten entgegen. Bei den Pigmentbakterien sind wir wenigstens nach unsern jetzigen Kenntnissen berechtigt, von einer vollkommenen Anpassung dann zu sprechen, wenn neben gutem Wachstum die Pigmentproduktion in der gewohnten Weise wieder vorhanden ist. Indessen könnte dabei auch jetzt noch die Anpassung eine nur anscheinend vollkommene sein, da es nicht ausgeschlossen ist, dass andere weniger in die Augen fallende, den normalen Kulturen zukommende Eigenschaften noch nicht zurückgekehrt sind. Eine vollkommene oder wenigstens anscheinend vollkommene Anpassung konnte in unserm Fall bei einer Temperatur von 35° beim *Bac. fluorescens* und dem *Bacillus* der roten Milch, bei $42,5^{\circ}$ beim *Bac. pyocyaneus* erreicht, eine nur annähernd vollkommene Anpassung dagegen bei $37,5^{\circ}$, $38,5^{\circ}$ u. s. f. beobachtet werden. Doch erscheint es nicht ausgeschlossen, dass es auch bei diesen hohen Temperaturen zu einer vollkommenen Anpassung gekommen wäre, wenn die Umzüchtungen noch weiter, vielleicht auf besonders günstigem Nährboden fortgesetzt worden wären.

Da das Wachstum der Bakterien sich innerhalb einer mehr oder weniger breiten Temperaturgrenze hinzieht und nicht etwa nur ausschließlich bei einem bestimmten Temperaturgrade stattfindet, so hat diese Anpassungsfähigkeit der Bakterien nichts Ueberraschendes. Nur eine angeborene Fähigkeit, innerhalb verschiedener Temperaturen (um ein Optimum herum) sich zu entwickeln, wird eine Anpassung ermöglichen. Je weiter die Grenzen gezogen sind, innerhalb deren von vornherein noch Wachstum möglich ist, desto größer wird auch die Aussicht auf eine erfolgreiche Anpassung an ursprünglich ungünstige Temperaturen sein.

Auch bei pathogenen Bakterienarten z. B. dem Milzbrandbacillus, dessen Temperaturoptimum bei $37,5^{\circ}$ liegt, gelang es durch eine Reihe von Umzüchtungen bei langsam abgeänderten Temperaturen eine Anpassung an hohe und niedere Temperaturen zu erzielen. So zeigten die vorher bei 41° und 42° viele Generationen hindurch gezüchteten Bacillen bei $42,5^{\circ}$ von Anfang an üppigeres Wachstum und länger unverminderte Virulenz als die plötzlich und unvermittelt von $37,5^{\circ}$ auf $42,5^{\circ}$ gebrachten Kulturen. Umgekehrt konnte noch bei 10° gutes Wachstum ohne Virulenzabnahme erreicht werden.

Nachdem so die Anpassungsfähigkeit der Bakterien an ungünstige Temperaturen bei ihrem Wachstum auf künstlichen Nährböden festgestellt war, wurden die Versuche auch auf das Verhalten der Milzbrandbacillen im tierischen Organismus unter Berücksichtigung der Temperaturverhältnisse ausgedehnt. Zu diesem Zweck wurden zwei gegen Milzbrand relativ immune Tiere mit einer vom Temperaturoptimum der Milzbrandbacillen ziemlich weit entfernt liegenden Körperwärme gewählt, nämlich der poikilotherme Frosch und die eine Eigenwärme von 42° zeigende Taube. Schon eine Reihe früherer Untersuchungen hatte gezeigt, dass der unter normalen Bedingungen gegen Milzbrand unempfindliche Frosch diese Widerstandsfähigkeit verliert, sobald derselbe in einem Wasser von 25 — 27° gehalten wird. Als Grund hiefür wurde von verschiedenen Autoren angegeben, dass diese erhöhte Temperatur für die Wachstumsenergie der Milzbrandbacillen von Einfluss ist, während bei der niedrigen Temperatur des unter gewöhnlichen Bedingungen gehaltenen Frosches die eingepfunden Milzbrandbacillen überhaupt nicht zur Entwicklung gelangen. War diese Annahme richtig, so musste es gelingen, durch Milzbrandbacillen, welche noch bei einer solchen niederen Temperatur üppig sich entwickeln können, eine erfolgreiche Infektion zu erzielen. In der That starben sämtliche mit den längere Zeit vorher bei 12° gezüchteten Milzbrandbacillen geimpften Frösche nach 48—56 Stunden an typischem Milzbrand, während 6 mit einer bei 37° gewachsenen Milzbrandkultur geimpften Frösche am Leben blieben. Es waren also Milzbrandbacillen, welche für gewöhnlich für den Frosch nicht pathogen

sind, durch vorhergehende Anpassung an die Körpertemperatur des normalen Frosches für diesen virulent geworden. Zugleich beweisen diese Versuche, dass Unterschiede, wie sie in der Temperatur des Tierkörpers und der Wachstumstemperatur der Bakterien gegeben sind, unter Umständen für das Zustandekommen der Infektion von wesentlichem Einfluss sein können.

Bei einer Reihe von Tauben, welche sich einer Impfung mit den bei 37° gewachsenen Milzbrandbacillen gegenüber als immun erwiesen hatten, konnte durch Verimpfung von einer bei 42° längere Zeit fortgezüchteten Kultur gleichfalls eine erfolgreiche Infektion erreicht werden. Doch war hier der Erfolg nicht so schlagend wie bei den Fröschen, indem von 13 geimpften Tauben 5 starben, während die 8 andern nur eine lokale, abortive Milzbrandaffektion zeigten, welche nach längerer Zeit in Genesung überging. Offenbar kommen hier außer der ungünstigen Temperatur noch andere bakterienschädigende Eigenschaften für das Zustandekommen der Immunität in Betracht, so namentlich die Wirkung der natürlichen Schutzkräfte des Organismus. Immerhin scheint zuweilen eine vorherige Anpassung an einen der schädigenden Einflüsse, an die Temperatur, schon zu genügen, um den Erfolg der Infektion zu begünstigen oder sogar direkt zu bewirken, wie dies beim Frosch der Fall war.

Litteratur.

- [1] Buchner, Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XII, 1893.
- [2] Diendonuë, Beiträge zur Beurteilung der Einwirkung des Lichts auf Bakterien. Arbeiten aus dem k. Gesundheitsamt, Bd. IX, 1894.
- [3] Diendonuë, Ueber die Bedeutung des Wasserstoffsuperoxyds für die bakterientötende Kraft des Lichts. Arbeiten aus dem k. Gesundheitsamt, Bd. IX, 1894.
- [4] Buchner, Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XI, 1892.
- [5] Buchner, Ueber den Einfluss des Lichts auf Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse. Archiv für Hygiene, Bd. XVI, 1893.
- [6] Fischer, Die Bakterien des Meeres nach den Untersuchungen der Plankton-Expedition unter gleichzeitiger Berücksichtigung einiger älterer und neuerer Untersuchungen. Kiel und Leipzig 1894.
- [7] Engelmann, *Bacterium photometricum*, ein Beitrag zur vergleichenden Physiologie des Licht- und Farbensinns. Pflüger's Archiv für Physiologie, Band XXX, 1883.
- [8] Diendonuë, Beiträge zur Kenntnis der Anpassungsfähigkeit der Bakterien an ursprünglich ungünstige Temperaturverhältnisse. Arbeiten aus dem k. Gesundheitsamt, Bd. IX, 1894.
- [9] Kossiakoff, De la propriété que possèdent les microbes de s'accommoder aux milieux antiseptiques. Annales d'Institut Pasteur, I, 1887.
- [10] Trambusti, Contributo sperimentale alla legge dell' adattamento dei microorganismi sui mezzi antisettici. Lo Sperimentale, XLVI, 1892.
- [11] Galeotti, Ricerche biologiche sopra alcuni bacteri cromogeni. Lo Sperimentale, XLVII, 1892.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Dieudonne Adolf

Artikel/Article: [Neuere Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Bakterien. 103-112](#)