

[Aus dem Institut für Infectionskrankheiten zu Berlin.]

Ueber die thermophilen Bakterien.¹

Von

Dr. Lydia Rabinowitsch.

Es hat bereits Globig² 1888 gezeigt, dass es eine ganze Anzahl Bakterien giebt, die sich bei einer Temperatur von 50 bis 70° entwickeln und die nur innerhalb dieser Grenzen gezüchtet werden können. Die thermophilen Bakterien kommen nach den Angaben dieses Forschers nur in den obersten Erdschichten vor; an anderen Stellen, z. B. in den Excrementen verschiedener Thiere gelang es ihm nicht, diese Bakterien nachzuweisen. Um die verschiedenen Arten dieser Bakterien zu isoliren und sie überhaupt näher zu untersuchen, gebrauchte Globig Kartoffelscheiben; das Gedeihen auf anderen Nährböden hat Verf. keiner näheren Untersuchung unterzogen. Auch blieb die Frage unentschieden, wo Bakterien, deren Fortkommen an so hohe Temperatur geknüpft zu sein scheint, herkommen könnten, und wo sie im Stande sind, unter natürlichen Verhältnissen sich zu vermehren. Die einzige Erklärung dieses Vorganges schien die Erwärmung der obersten Erdschichten im Sommer zu sein. Die Sonne soll diese Schichten bis 50—55° erhitzen und somit die für die Entwicklung der thermophilen Bakterien nöthige Temperatur bieten.

Ausser Globig haben auch andere Forscher ihre Aufmerksamkeit dem Studium dieser Bakterien zugewendet. Die thermophilen Bakterien, welche bei einer Temperatur gedeihen, bei der die thierischen Zellen sonst

¹ Eingegangen am 7. Mai 1895.

² Globig, Ueber Bakterienwachsthum bei 50 bis 70°. *Diese Zeitschrift*. 1888. Bd. III. S. 294.

zerstört werden, das Hühnereiweiss und Blutserum schnell coagulirt, wurden noch von Miquel¹ und neuerdings von Macfadyen und Blaxall² untersucht. Der erste dieser Forscher fand den *Bacillus thermophilus* nur selten in der Luft, aber sehr häufig im Wasser der Seine und im Kloakenwasser. Macfadyen und Blaxall haben die thermophilen Bakterien in verschiedenen Bodenproben, theils von der Oberfläche, theils aus Tiefen bis zu 5 Fuss nachgewiesen, ferner im Fluss- und Seewasser, im Schlamm des Themsegrundes, in Fäces von Menschen, von der Maus und der Henne.

Auf Anregung von Hrn. Geheimrath Koch habe ich die thermophilen Bakterien einer weiteren Untersuchung unterworfen, um einerseits ihr Verhalten gegen verschiedene Nährböden und Temperaturen zu prüfen und andererseits der Frage näher zu kommen, wo und unter welchen meteorologischen Verhältnissen diese Bakterien zu wachsen im Stande sind.

Um die thermophilen Bakterien zu erhalten gebrauchte ich als Nährboden Kartoffel und zwar im Reagensglase, wie es von Globig angegeben ist. Die ziemlich grossen Kartoffeloberflächen bestreute ich theils mit Strassen-, theils mit Gartenerde. Da es mir hauptsächlich darauf ankam, diejenigen Bakterien, die bei hoher Temperatur wachsen, zu erhalten, so brachte ich die geimpften Röhren in einen Schrank, der auf 62 bis 63° eingestellt war. Zur selben Zeit hatte ich auch Culturen bei 33° und bei Zimmertemperatur angelegt. Schon nach 20 bis 22 Stunden traten bei 62° auf der Kartoffelfläche 4 bis 8 weisse Colonieen auf. Die Controlröhren bei 33° waren ganz von Bakterien verschiedener Art überwuchert. Nach 40 bis 48 Stunden nahm die Zahl der Colonieen auf dem Kartoffelröhren bei 62° bedeutend zu. Ausser den weissen Colonieen, die häufig eingetrocknet erschienen, traten noch graugelbliche, braune und rothbraune Colonieen auf; während die letzteren wie ein Rasen die Oberfläche überzogen, bildeten erstere immer Herde.

Um die einzelnen Arten zu isoliren, impfte ich auf Kartoffel über. Allein nicht immer hatte diese Impfung Erfolg, zuweilen trocknete die Kartoffeloberfläche rasch ein, und das Wachsthum kam nicht zu Stande. Ich impfte Petri'sche Schalen, die mit Agar ausgegossen waren; der hohen Temperatur wegen musste 3 procent. Agar genommen werden, welcher durch Watte filtrirt wurde. Das Wachsthum auf der Platte ging nicht immer gleichmässig schnell vor sich; manchmal waren schon nach 4 bis 6 Stunden Colonieen sichtbar, während in anderen Fällen nur am

¹ P. Miquel, Monographie d'un bacille vivant au delà de 70° centigrades. *Annales de Micrographie*. 1888. p. 4—10.

² Macfadyen, Allan and Blaxall, Thermophilie Bacterie. *Journal of Pathology and Bacteriology*. 1894. Vol. III.

zweiten oder sogar dritten Tage Colonieen auftraten. Durch häufig wiederholtes Ueberimpfen bekam ich Reinculturen der betreffenden Arten auf schrägem 3 procent. Agar.¹

Die auf Kartoffel weisse Colonieen bildenden Bakterien stellen auf der Agarplatte grauliche Colonieen dar, die gleichmässig grobkörnig sind und einen gezähnten Rand besitzen. Sie bestehen aus unbeweglichen, oft zu sehr langen Fäden ausgewachsenen Stäbchen, die endständige ovale Sporen besitzen. Sie wachsen auf neutralem, saurem und zuckerhaltigem Agar, am besten aber auf einem schwach alkalischen oder auf Pfeiffer'schem Blutagar.

Auch in der Sander'schen Kartoffelbrühe wachsen die Bakterien gut; doch hat dieselbe keinerlei Vorzüge vor Bouillon, weshalb ich lieber den letzteren Nährboden anwendete. In Bouillon geht das Wachsthum ziemlich rasch vor sich, schon am zweiten Tage sind in derselben flockige Fäden sichtbar, die am dritten und vierten Tage sich noch bedeutend vermehren. Diese Bakterien bilden Säure wie das Hinzufügen von Lackmus zur Bouillon, das Wachsthum in Lackmusmolke, wie auch das Titriren ergeben haben. Ich möchte diese Bakterienart mit *Bacillus thermophilus* Nr. 1 bezeichnen.

Die auf Kartoffeln graugelblich erscheinenden Colonieen zeigen oft buchtige Ränder; auf der Agarplatte stellen sie grau-grünliche Colonieen dar, die nicht begrenzt sind, allmählich in die Umgebung übergehen, feine Ausläufer besitzen und mittelgrobkörnig erscheinen. Sie bestehen aus schlanken, ziemlich grossen, unbeweglichen Stäbchen, die gekörnt sind, oft kommaförmig erscheinen, sich ungleichmässig färben, mittelständige, rundliche Sporen besitzen und in Bouillon Alkali bilden (*Bac. therm.* Nr. 2).

Die dritte auf Kartoffel bei 62° wachsende Art, welche braune Colonieen bildet, erscheint auf der Agarplatte bei 62° in Gestalt kleiner, grauweisslicher Colonieen, die rundlich sind, scharf begrenzt, in der Mitte stark gekörnt erscheinen und im Allgemeinen eine gewisse Aehnlichkeit mit Streptokokkencolonieen zeigen. Sie stellen ziemlich dicke Stäbchen dar, die im hängenden Tropfen unbeweglich erscheinen und endständige ovale Sporen besitzen. Die alkalische Bouillon machen sie im Laufe von zwei Tagen sauer (*Bac. therm.* Nr. 3).

Ausser den drei beschriebenen Arten traten auf Kartoffel, die mit Erde geimpft wurde, bei 62° noch röthliche Colonieen auf. Dieselben bildeten auf der Kartoffel einen Rasen; auf der Agarplatte erschienen sie

¹ Um das Eintrocknen des Agars zu vermeiden, brachte ich die Platten in eine Doppelschale, die mit befeuchtetem Filtrirpapier ausgelegt war.

als farblose, gleichmässige Colonieen mit vielen dünnen Ausläufern. Sie stellten unbewegliche Stäbchen dar, die oft zu langen Fäden ausgewachsen waren und einzelne mittelständige, runde Sporen zeigten. Diese thermophile Bakterienart (Bac. therm. Nr. 4) unterschied sich von den anderen hauptsächlich dadurch, dass sie bei hoher, wie auch bei niedriger Temperatur sehr rasch sich entwickelte. Schon bei 36° waren auf dem Agar nach 20 Stunden zahlreiche Colonieen sichtbar. Auf der Kartoffel bildeten dieselben aber den rothen Rasen nur bei 55 bis 65°.

Nachdem ich diese vier aus der Erde gewonnenen Arten isolirt hatte, forschte ich nach, wo und unter welchen Bedingungen sie in der Natur zu finden sind. Ich untersuchte Erde von den obersten Schichten aus verschiedenen Theilen der Stadt Berlin, aus einigen anderen Theilen Deutschlands und Russlands und fand überall die thermophilen Bakterien reich vertreten; einige wenige Bröcklein Erde genügten, um eine reichliche Vegetation hervorzurufen.

Ferner fand ich die Thermophilen in frisch gefallenem Schnee, den ich in sterilisirten Glasschalen auffing, und zwar waren es die schon oben unter 1 und 2 beschriebenen Arten.

Das Vorkommen der thermophilen Bakterien im Schnee lässt darauf schliessen, dass diese Arten wohl auch mit dem Staub in der Luft verbreitet sind. Im Leitungswasser und im Wasser von verschiedenen Tümpeln habe ich die Thermophilen nicht nachweisen können. Dagegen traten sie reichlich im Wasser der Spree auf. Oberhalb der Kronprinzenbrücke enthielt 1 ^{ccm} Wasser 7000 bis 8000 Keime von Thermophilen.

Ich untersuchte Pferde- und Kuhdünger und fand die thermophilen Bakterien darin reichlich vertreten.

Um sie am besten zu gewinnen, brachte ich etwas Dünger für 18 bis 24 Stunden in ein Reagensglas mit sterilem Wasser bei 62° und impfte dann mit dieser Flüssigkeit Agar oder goss Platten. Schon nach 16 bis 20 Stunden hatte sich eine reichliche Anzahl Colonieen gebildet, die die Platte ganz überzogen. Dieselben stimmten grösstentheils mit *Bacillus therm. 1*; seltener mit *Bac. therm. 2* und den anderen weiter unten beschriebenen Arten überein.

Ich untersuchte nun die Excremente vom Pferde, Rind, Kuh, Ziege, Kaninchen, Meerschweinchen, Hund, Maus, Taube, Huhn, Ente, Papagei, ferner den ganzen Verdauungstractus des Menschen, einiger Fische und anderer Kaltblüter (Frosch, Varanus, Python).

In allen diesen Excrementen und im Verdauungstractus der genannten Thiere habe ich mehr oder weniger reichlich die thermophilen Bakterien vertreten gesehen. Alle hierbei gefundenen Arten stimmten meist mit den oben beschriebenen überein; nur noch in den Excrementen des Ka-

ninchens, der Kuh und der Maus habe ich ausser den oben beschriebenen noch neue Arten isoliren können.

Die Thermophilen in den Excrementen wie auch im ganzen Verdauungstractus des Kaninchens (Bac. therm. 5) bildeten auf der Platte farblose Colonieen, die wie Wassertropfen aussahen und in der Mitte granulirt erschienen. Sie bildeten in Bouillon eine Spur Säure; bestanden aus unbeweglichen, etwas dicken, oft zu langen Fäden ausgewachsenen Stäbchen, die an ihren Enden ovale Sporen trugen. Auf Kartoffel wuchsen sie kümmerlich und bildeten graubräunliche Häufchen.

In den Excrementen der Maus traten oft 1 und 3 auf, ausserdem aber eine Art (Bac. therm. 6), die auf der Platte graugrünliche Colonieen bildete, welche in der Mitte stark gekörnt erschienen und einen wasserhellen Rand zeigten. Sie bestanden aus unbeweglichen Stäbchen mit endständigen, ovalen Sporen, bildeten in der Bouillon viel Alkali und zeigten auf der Kartoffel grauliche Colonieen.

Die thermophilen Bakterien aus den Excrementen der Kuh (Bac. therm. 7) sahen auf der Platte und im Präparat wie die Art 1 aus, bildeten aber nicht wie jene Säure, sondern Alkali, und zwar in grosser Menge.

Das reichliche Vorkommen der Thermophilen in den Excrementen verschiedener Thiere veranlasste mich, das ganze Verdauungssystem derselben zu untersuchen. Bei dieser Untersuchung gebrauchte ich das oben angegebene Verfahren (vor der Impfung den Inhalt behufs der Anreicherung im sterilen Wasser bei hoher Temperatur stehen zu lassen). Ich fand nun, dass die thermophilen Bakterien im Mund, Magen, Dünn- und Dickdarm in grosser Menge auftreten. Sie sind aber am reichlichsten zunächst im Dick-, dann im Dünndarm vertreten. Das Vorkommen im Magen steht quantitativ weit zurück; im Mund sind sie zuweilen reichlicher, manchmal weniger als im Magen vertreten. Diese so oft wiederholte Beobachtung sprach direct dafür, dass diese Bakterien im Körper der Thiere sich vermehren und zwar hauptsächlich im Dick- und Dünndarm.

Den bisherigen Angaben über die thermophilen Bakterien gemäss wachsen dieselben nur bei hoher Temperatur und das Gedeihen unterhalb 50° ist für die meisten Arten ganz ausgeschlossen. Globig hat seine Versuche fast nur mit Kartoffelröhrchen angestellt, und für diesen Nährboden kann ich die Befunde von Globig nur bestätigen. Auch ich sah nie bei einer niedrigeren Temperatur als 55 bis 56° die Colonieen auf Kartoffel gedeihen; anders verhielt es sich aber mit Agar und Bouillon.

Es wachsen die betreffenden Bacillen auch bei 39 bis 40° aërob auf Agar, Blutserum und in Bouillon. Das Wachsthum geht aber meist be-

deutend langsamer vor sich; manchmal waren am zweiten Tage fast nur Sporen entwickelt, oft trat Wachstum überhaupt erst am 3. bis 5. Tage ein; zuweilen wuchsen aber die Bakterien schon nach 24 Stunden. Auch bei 36° und sogar bei 33° kam mitunter Wachstum auf Agar zu Stande, aber erst nach 16 bis 18 Tagen.

Aërobes Wachstum der thermophilen Bakterien Nr. 1, 2, 3.

	62·5°	54°	42°	39°	33°
10./I.	Reichliches Wachstum auf Kartoffel und Agar.	Einige wenige Colonieen auf Agar.	Kein Wachstum.	Kein Wachstum.	Kein Wachstum.
12./I.	Colonieen an Zahl zugenommen.	Zahlreiche Colonieen auf Agar, wenige auf Kartoffel.	Spur des Wachstums auf Agar.	Kein Wachstum.	Kein Wachstum.
14./I.	Colonieen nicht an Zahl, sondern an Umfang zugenommen.	Colonieen auf dem Agar an Zahl zugenommen.	Reichliches Wachstum auf Agar, kein Wachstum auf Kartoffel.	Spur des Wachstums auf Agar, kein Wachstum auf Kartoffel.	Kein Wachstum.
16./I.	Wie am 14./I.	Wie am 14./I.	Wie am 14./I.	Zahl der Col. auf Agar zugenommen, kein Wachsth. auf Kartoffel.	Noch kein deutlich erkennbares Wachstum.
29./I.	Agar- und Kartoffeloberfläche ganz eingetrocknet, von Colonieen überzogen.	Von Colonieen ganz überzogen.	Colonieen auf dem Agar an Grösse u. Zahl zugenommen, einen Rasen bildend. Kein Wachstum auf Kartoffel.	Wie 16./I.	Einige wenige Colonieen auf Agar, kein Wachstum auf Kartoffel.

Weitere Untersuchungen der Thermophilen ergaben, dass dieselben facultative anaërobe sind. Bei hoher Temperatur wachsen sie anaërob, aber viel langsamer als aërob; bei niedriger Temperatur dagegen geht das anaërobe Wachstum oft viel rascher vor sich als das aërobe, besonders in Bouillon. Ich habe nun anaërobe Platten und Bouillonkölbchen angelegt; das Wachstum kam bei 37° und sogar bei 33° zu Stande, ging aber sehr ungleichmässig vor sich und mitunter konnte ich die Platte nicht zum Wachsen bringen. Die Gründe für das Ausbleiben derselben konnte ich bisher nicht auffinden.

Besser und regelmässiger als auf den anaëroben Platten wuchsen die thermophilen Bakterien anaërob in Bouillon, und zwar bei 36 bis 37°. Oft erschien die Flüssigkeit schon am zweiten oder dritten Tage ganz trübe, und am Boden waren flockige Fäden sichtbar.

Die mikroskopische Untersuchung ergab dieselben unbeweglichen Stäbchen mit den end- oder mittelständigen Sporen. Sogar bei 30° wurde die Bouillon getrübt, allein die Untersuchung zeigte nur das Vorhandensein von Sporen; Fäden oder Stäbchen waren keine entwickelt. Von der bei 36 bis 37° gewachsenen Cultur impfte ich mehrmals auf Agar oder in Bouillon über und liess es bei 62° wachsen. Meist waren schon am zweiten Tage mehrere Colonieen sichtbar. Gleichzeitig angelegte Culturen entwickelten sich dennoch immer schneller aërob bei hoher als anaërob bei niedriger Temperatur.

Die Untersuchung des Inhaltes des menschlichen Magens, des Dün- und Dickdarmes, sowie des Mundes ergab, dass die thermophilen Bakterien auch hier reichlich vertreten sind; die einzelnen Arten schliessen sich aber den oben beschriebenen eng an, so dass keine besonderen thermophilen Bakterien, deren Vorkommen für den menschlichen Körper ausschliesslich ist, festgestellt werden konnten.

Ich fand die thermophilen Bakterien in den Excrementen und Verdauungsapparaten der verschiedenen Thiere und untersuchte daraufhin auch einige als Futter dienende Getreidearten, wie Hafer, Weizen und Gerste.

Ich zerquetschte mit einer sterilen Pincette die Körner und brachte dieselben für 18 bis 20 Stunden in ein Reagensglas mit sterilem Wasser; am nächsten Tag legte ich Culturen an.

Auch bei den Körnern der Getreidearten sah ich die thermophilen Bakterien stark vertreten. Um nachzuweisen, dass die Gerste selbst diese Keime enthält, untersuchte ich dieselbe in verschiedenen Keimungszuständen, wie sie in Brauereien zur Darstellung des Malzes verwendet wird.

Am reichsten waren die thermophilen Bakterien bei der Gerste vertreten, die sich im Mittelstadium des Keimungsprocesses befand. In diesem Stadium traten bei 62° ausser den schon oben beschriebenen Arten noch eine bisher nicht beobachtete Art auf (*Bac. thermophilus* 8), die auf der Platte rundlich, scharf begrenzt, wasserhell und gleichmässig gekörnt erschien. Die Colonieen bestehen aus unbeweglichen Stäbchen mit mittelständigen Sporen; sie wachsen auf Agar wie in Bouillon sehr reichlich und bilden in letzterer eine Spur Säure. Die Thermophilen traten, wie oben bereits gesagt, bei allen Stadien des Keimens der Gerste auf, selbst auch dann, wenn dieselbe als Malz gedarrt ist und durch Putzmaschinen von den Keimen befreit ist. Ob die thermophilen Bakterien bei der Ent-

stehung des Malzes eine Rolle spielen, müssen wir dahingestellt sein lassen, da dieser Frage näher zu treten dem Plane unserer Arbeit fern lag.

Auch die Kuhmilch habe ich untersucht und fand, dass in derselben einige der oben beschriebenen Thermophilen auftreten. Je länger die zur Untersuchung genommene Milch bei einer Temperatur von etwa 60 bis 63° sich befand, um so mehr Keime entwickelten sich in derselben.

Selbst wenn die Milch stark gekocht wurde gingen die Sporen der Thermophilen nicht zu Grunde und keimten nachher um so üppiger.

Uebersicht der bei 62° wachsenden Bakterien.

Arten	Wachsthum auf Kartoffel	Colonieen auf der Platte	Mikroskop. Untersuchung	S p o r e n	Veränderung der Bouillon
1	Weisse Colonieen, die oft Herde bilden.	Gleichmässig grobkörnige Colonieen mit gezähnt.Rand.	Unbewegliche Stäbchen, oft zu Fäden aus- gewachsen.	Endständige ovale Sporen.	Bilden Säure.
2	Graugelbliche Colonieen mit buchtigen Rändern.	Grünliche, mittelgrob- körnige Col., die allmählich i.d.Umgebung übergehen.	Unbeweg- liche, etwas gekrümmte Stäbchen.	Mittelständige Sporen.	Bilden Alkali.
3	Braune Colonieen.	Kleine rund- liche, grau- weissliche, scharf be- grenzte Colon.	Ziendl. dicke, unbewegliche Stäbchen.	Endständige ovale Sporen.	Bilden Säure.
4	Rothe, einen Rasen bildende Col.	Farblose Colo- nieen mit vielen dünnen Ausläufern.	Unbeweg- liche, oft Fäden bildende Stäbchen.	Mittelständige runde Sporen.	Bilden eine Spur Alkali.
5	Wachsen küm- merlich, liefern graubräunl. Häufchen.	Farblose Colonieen, in der Mitte granulirt.	Unbewegliche Stäbchen.	Endständige ovale Sporen	Bilden etwas Säure.
6	Graue, einen feucht. Rasen bildende Colonieen.	Graugrünlich, in der Mitte stark gekörnte Colonieen m. hell. Rand.	desgl.	desgl.	Bilden viel Alkali.
7	Weissgraue Colonieen.	Gleichmässig grobkörnige Colonieen mit gezähnt.Rand.	desgl.	desgl.	desgl.
8	Graubraune, feuchte Colonieen.	Rundliche, scharf be- grenzte Col., wasserhell, gleichmässig gekörnt.	desgl.	Mittelständige Sporen.	Bilden eine Spur Säure.

Verbreitung der verschiedenen Thermophilen.

Erde	Bac. thermophilus 1, 2, 3, 4.
Schnee	Bac. thermophilus 1, 2.
Meerschweinchen: Excremente und Verdauungssystem	Bac. thermophilus 3, 1, 5.
Pferdedünger, Magen- und Darminhalt.	Bac. thermophilus 1, 2.
Rind: Excremente, Darm- und Mageninhalt	Bac. thermophilus 2, 6, 4,
Kuh: Excremente, Darm- und Mageninhalt	Bac. thermophilus 7, 1, 2.
Ziege: Excremente	Bac. thermophilus 1, 2, 3.
Hund: Excremente	Bac. thermophilus 2, 6, 1.
Maus: Excremente, Mund-, Magen-, Dünn- und Dickdarminhalt	Bac. thermophilus 6, 5, 3, 1.
Kaninchen: Excremente, Mund-, Magen-, Darm- inhalt	Bac. thermophilus 4, 5.
Taube-, Huhn-, Papagei-, Ente-Excremente	Bac. thermophilus 1, 8, 2, 4, 6.
Mensch: Mund-, Magen-, Dünn- und Dickdarm- inhalt	Bac. thermophilus 1, 3, 4.
Fisch (Schleien, Barsch)	Bac. thermophilus 2, 3.
Frosch, Varanus, Pythoni: Excrem. u. Darminhalt	Bac. thermophilus 1, 2, 5.
Hafer	Bac. thermophilus 1, 3.
Gerste	Bac. thermophilus 8, 1, 2, 5.
Weizen	Bac. thermophilus 1, 3.
Milch	Bac. thermophilus 2, 1, 3.

Keiner der untersuchten Thermophilen erwies sich als pathogen, wie Versuche an Mäusen und einer Taube zeigten.

Als oberste Grenze für das Wachsthum der thermophilen Bakterien ergab sich 75°. Zwar vermehrten sie sich auch noch bei dieser Temperatur, aber kümmerlicher, und es waren bei der Untersuchung nur Sporen und vereinzelte Stäbchen sichtbar. Wir sehen somit, dass diese Bakterien bei der continuirlichen Erhitzung auf 58 und 68°, welche bei verschiedenen Nährmedien angewendet wird, nicht abgeschwächt werden, sondern im Gegentheil dabei reichlich gedeihen.

Die Sporen der Thermophilen sind gegen Hitze wie auch gegen Trockenheit sehr widerstandsfähig. Sie gehen nicht zu Grunde wenn sie sogar 5 bis 6 Stunden im Dampfkochtopfe dem strömenden Dampfe ausgesetzt werden. Von einer solchen Bouilloncultur auf Agar abgeimpft, zeigten sich nach 20 bis 24 Stunden zahlreiche Colonieen. Auch gegen Trockenheit weisen die thermophilen Bakterien dieselbe Resistenz auf; ich hatte Erdeproben 4 bis 5 Monate auf dem Ofen stehen; dieselbe war ganz trocken, aber demungeachtet war die mit der Erde geimpfte Oberfläche der Kartoffel schon nach 20 Std. von der oben angegebenen Vegetation bedeckt.

Ich habe somit acht verschiedene Arten von Bodenbakterien, welche bei der hohen Temperatur üppig gedeihen, einer näheren Untersuchung unterworfen. Dass es im Allgemeinen solche sonderbare Bakterien giebt, war schon seit einiger Zeit bekannt. Es haben ausser Miquel, Globig, Macfadyen und Blaxall auch Van-Tieghem,¹ Certes und Garrigon² und Ferdinand Cohn³ solche Mikroorganismen beobachtet. Es wurde aber im Allgemeinen angenommen, dass dieselben ausschliesslich bei der hohen Temperatur gedeihen können.

Freilich habe auch ich gefunden, dass das Optimum des Wachstums für diese Bakterien zwischen 60 bis 70° liegt; dass dieselben aber dennoch bei der niedrigeren Temperatur zwischen 34 bis 44° als facultativ anaërob ein zwar bedeutend langsames, aber immerhin reichliches Wachstum erkennen lassen.

Da diese Bakterien in den Excrementen und im Verdauungssystem der meisten pflanzenfressenden Thiere vorkommen und hauptsächlich sich im Dick- und Dünndarm entwickeln, so ist dadurch schon der indirecte Beweis gegeben, dass sie bei der gewöhnlichen Temperatur des thierischen Organismus sich entwickeln können. Es scheint mir deswegen das reichliche Gedeihen bei der hohen Temperatur vielmehr für eine secundäre Anpassung als für ein ursprüngliches Entwicklungsbedürfniss zu sprechen.

Es ist bekannt, dass verschiedene Stoffe, wie Malz, Dünger, Wollsäcke, Heu, Tabakblätter u. s. w., wenn sie durchfeuchtet und in grossen Massen zusammengehäuft sind, sich erhitzen und mitunter sogar entzünden.

Es hat Ferdinand Cohn⁴ hauptsächlich für die Baumwolle, aber auch für die Selbsterhitzung des Heus und des Düngers nachgewiesen, dass es Sporen gewisser Bodenbakterien sind, welche bei ihrer schnellen Entwicklung und Vermehrung eine, mit Entstehung von Ammoniakverbindungen und Humuskörpern, sowie mit starker Temperaturerhöhung verbundene Fermentation verursachen; Cohn fand, dass sich die Baumwolle nur dann erhitzt, wenn dieselbe nicht ganz rein ist und wenn an ihr noch die schmutzigen Baumwollenfasern, Nissel genannt, haften. Sterilisirte er die Nissel, so konnte er wiederum keine Erhitzung nachweisen. Nähere Angaben über die Bakterien, die bei diesem Process thätig sein sollen, finden wir bei Cohn nicht.

¹ Van-Tieghem. *Société botanique de France*. Bulletins T. XXVIII. p. 35.

² Certes u. Garrigon. *Comptes rendus*. T. CIII. p. 703.

³ Ferdinand Cohn. *Berichte der deutschen botan. Gesellschaft*. 1893. S. 66.

⁴ A. a. O.

Auch in einer anderen, rein chemischen Arbeit von Schloesing¹ finden wir die Bestätigung dessen, dass bei der Erwärmung des Düngers Bakterien thätig sind. Zahlreiche Beobachtungen und Messungen der Gase, die sich im Düngerhaufen in verschiedenen Momenten entwickeln, haben dem Verfasser Veranlassung gegeben zu schliessen, dass bei 62 bis 66° durch die Thätigkeit von Bakterien über 17 mal mehr Kohlensäure in geimpftem Dünger producirt wird als in sterilisirtem Dünger, in welchem nur chemische Veränderungen vor sich gehen.

Es ist deshalb nicht unmöglich, dass Cohn und Schloesing bei ihrer Untersuchung der im Dünger und der Baumwolle vor sich gehenden Erhitzung auch die von mir beschriebenen Bakterien im Auge gehabt haben. Dies ist um so wahrscheinlicher, als ich die thermophilen Bakterien stets aus den Fäces und Dünger isoliren konnte. Ob diese Bakterien mit der Zeit unter Mitwirkung verschiedener chemischer Processe sich den höheren Temperaturen angepasst haben, bleibt vorläufig eine offene Frage.

Meine Versuche, die Entwicklung von Gasen bei den thermophilen Bakterien zu bestimmen, ergaben keine erheblichen Resultate. Die Production von Kohlensäure konnte zwar festgestellt werden, aber nur in sehr kleiner Quantität, und zwar bildeten die Bakterien merkwürdiger Weise in einfacher Bouillon mehr Kohlensäure als in Traubenzuckerbouillon.

Einige der von mir untersuchten Thermophilen erwiesen sich als Reduction hervorrufende Bakterien. Ich setzte zur einfachen Bouillon 1 Procent Kaliumnitrat hinzu und impfte mit Bac. therm. Nr. 1; nach 3 Tagen (bei 62° gewachsen) war, wie die Indolreaction ergab, die Salpetersäure zu salpetriger Säure reducirt.

Ich nehme noch Veranlassung, am Schlusse meiner Arbeit Hrn. Geheimrath Koch, sowie auch Hrn. Prof. Pfeiffer für ihre vielseitige Anregung, und Hrn. Sanitätsrath Boer für seine gütige Beihülfe meinen innigsten Dank auszusprechen.

¹ Schloesing, Contribution à l'étude des fermentations du fermier. *Annales agronomiques*. 1892. T. XVIII. p. 5.