



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### **Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### **About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

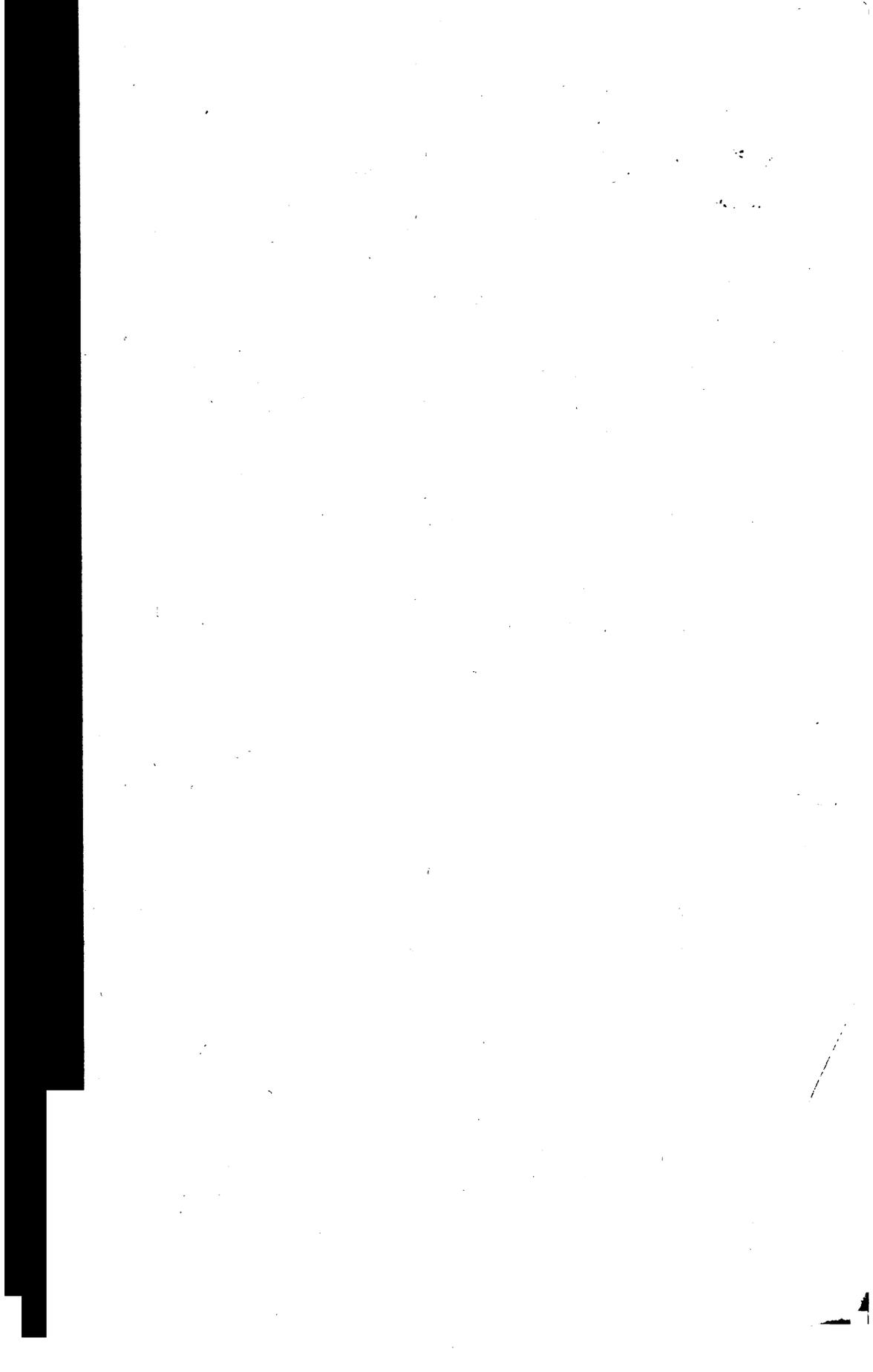
- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

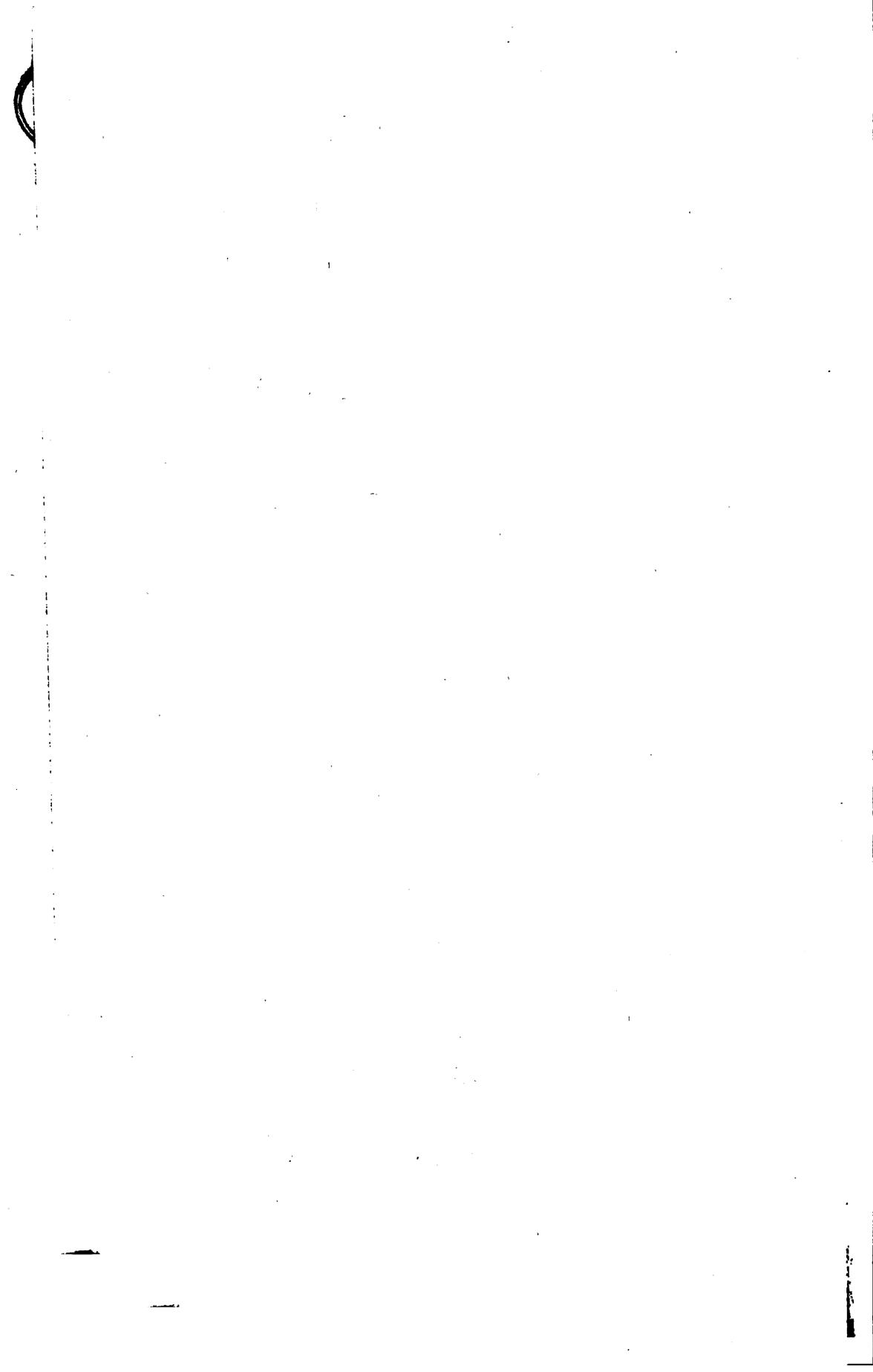
## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



BIOLOGY LIBR.





# DIE SELBSTERHITZUNG DES HEUS.

Eine biologische Studie

von

**Dr. Hugo Miede,**

Privatdozent der Botanik in Leipzig.



**Jena,**  
Verlag von Gustav Fischer.

1907.

**BIOLOGY LIBR.**

~~~~~  
*Nachdruck verboten. Übersetzungsrecht vorbehalten.*  
~~~~~

SB198  
M5  
Biology  
Library

## Vorwort.

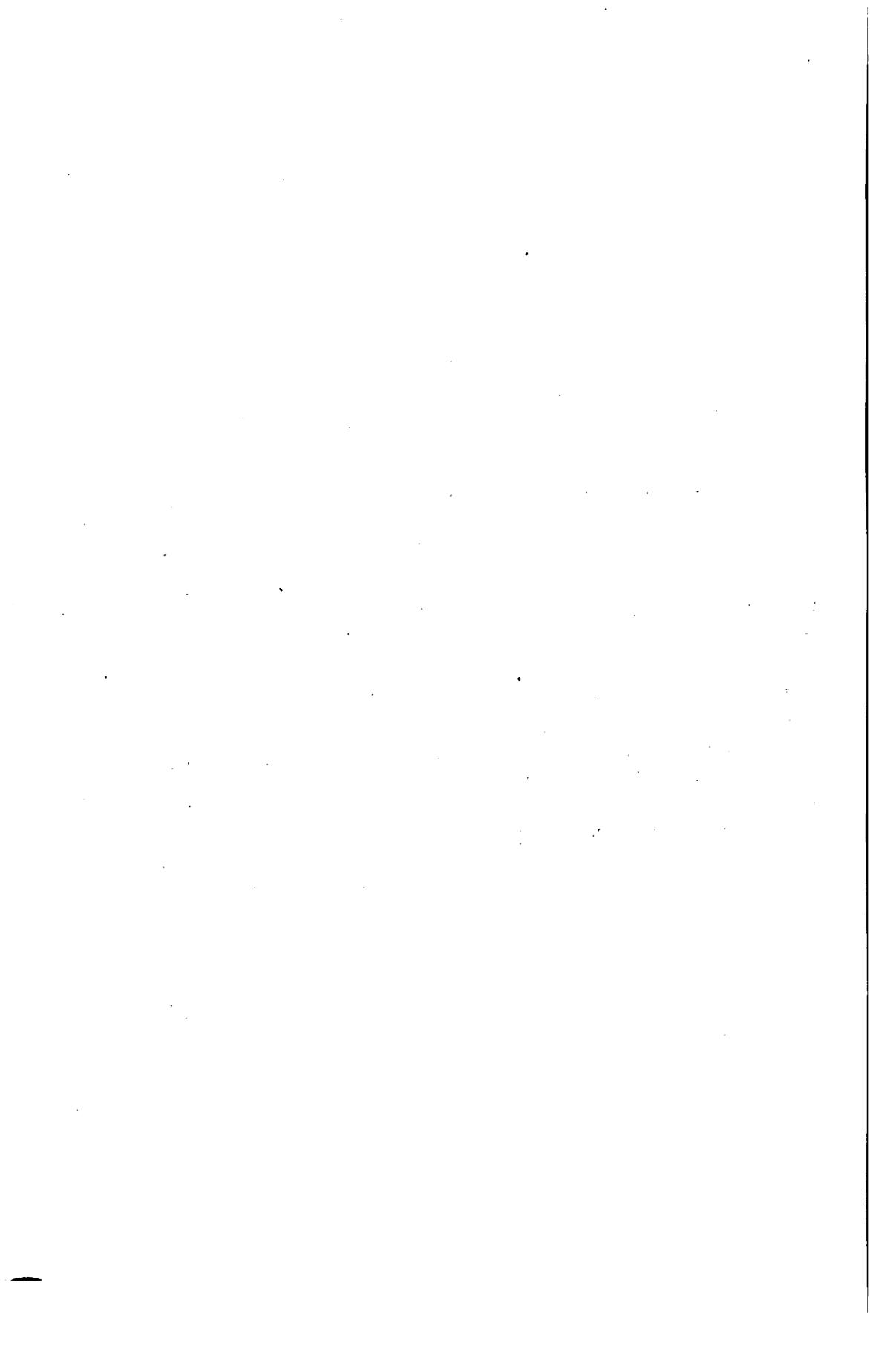
---

Die vorliegende Schrift gibt die Resultate von Untersuchungen und Beobachtungen, die mich in den letzten zwei Jahren, allerdings mit Unterbrechungen, beschäftigten. Sie behandelt das Problem der Selbsterhitzung des Heus in erster Linie vom biologischen Standpunkt aus. Indem ich auch die vorliegenden Angaben in der Literatur über diesen Gegenstand sammelte und mit meinen Untersuchungen vereinigte, ist eine abgerundete Darstellung entstanden, an der in Anbetracht der praktischen Bedeutung der Frage und des allgemeinen Interesses an dem Naturphänomen vielleicht auch andere als Bakteriologen und Botaniker Interesse nehmen. Ich habe dementsprechend den Ton der Darstellung gelegentlich einem weiteren Publikum etwas angepaßt.

Leipzig, im September 1906.

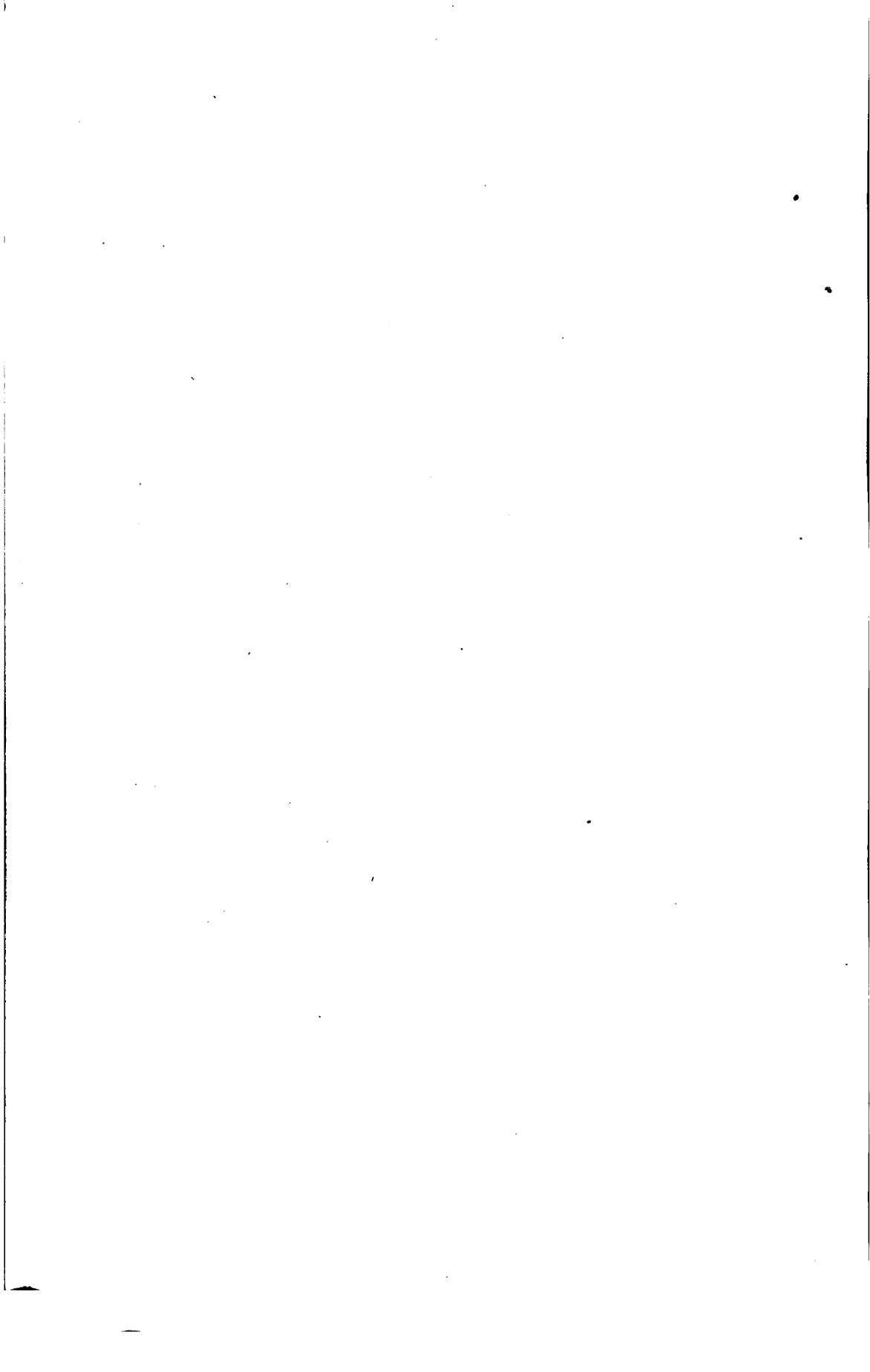
**Dr. Hugo Mische.**

**M713719**



# Inhalt.

	Seite
- Kap. I. Einleitung. Umfang und Bedeutung des Problems der Selbsterhitzung . . . . .	1
^ Kap. II. Verlauf und Maximum der Temperatursteigerung . . . . .	4
- Kap. III. Die chemischen Umsetzungen bei der Selbsterhitzung. Festgepacktes Heu unter Ausschluß des Sauerstoffs . . . . .	12
- Kap. IV. Ist die Ursache der Selbsterhitzung chemischer oder biologischer Natur? . . . . .	23
Kap. V. Die Zusammensetzung der Nährsubstrate zur Züchtung der Heuorganismen . . . . .	34
Kap. VI. Impfversuche mit Reinkulturen . . . . .	36
Kap. VII. Beschreibung der wichtigsten im Heu aufgefundenen Mikroorganismen . . . . .	42
1. <i>Bacillus coli</i> (ESCHERICH) Mig. forma <i>foenicola</i> m. . . . .	42
2. <i>Oidium lactis</i> FRES. . . . .	45
3. <i>Bacillus calfactor</i> nova species . . . . .	49
4. <i>Actinomyces thermophilus</i> BERESTNEW . . . . .	61
5. <i>Thermomyces lanuginosus</i> TSIKLINSKY . . . . .	67
6. <i>Thermoascus aurantiacus</i> n. g. n. sp. . . . .	70
7. <i>Aspergillus fumigatus</i> FRES. . . . .	73
8. <i>Mucor pusillus</i> LINDT . . . . .	76
9. <i>Mucor corymbifer</i> COHN . . . . .	80
- Kap. VIII. Selbsterhitzung und Selbststerilisierung . . . . .	84
^ Kap. IX. Die thermophilen Mikroorganismen und ihre Existenzbedingungen in der Natur . . . . .	89
Kap. X. Heiße Pflanzenstoffe als Brutstätten von Krankheitskeimen . . . . .	102
- Kap. XI. Die Fermentation des Tabaks in ihren Beziehungen zur Selbsterhitzung des Heus . . . . .	111
- Kap. XII. Atmung und Wärme. Selbsterhitzung und Selbstentzündung. Selbsterhitzung in früheren Erdperioden . . . . .	115
Literaturverzeichnis . . . . .	123



## Kapitel I.

### Einleitung. Umfang und Bedeutung des Problems der Selbsterhitzung.

Werden große Mengen feuchter Pflanzenstoffe zusammengehäuft, so erwärmen sie sich, wie jedermann weiß, und die Temperatur steigt im Innern oft so hoch, daß man die Hand nicht mehr hineinhalten kann. Welche pflanzlichen Stoffe es sind, ist ziemlich gleichgültig; wir werden in der Folge sehen, daß es nur auf folgende Bedingungen ankommt. Es muß nämlich eine die Wärme schlecht leitende poröse Masse durchtränkt sein mit Säften, welche zur Ernährung von Mikroorganismen tauglich sind, oder sie muß aus lebenden Pflanzen bestehen. Auf alle Fälle muß sie genügend groß sein. Unter diesen Bedingungen tritt eine immer höher steigende Erwärmung ein, welche rascher oder langsamer verläuft, bzw. eine größere oder geringere Höhe erreicht, je nachdem die obigen Bedingungen in höherem oder geringerem Ausmaß erfüllt sind.

Wird also z. B. im Herbst das feuchte Laub in große Haufen zusammengekehrt, oder frisch gemähtes Gras auf den Komposthaufen geworfen, Tabak oder angewelktes Heu aufgehäuft oder ein Misthaufen angelegt, so stellt sich das Phänomen der Selbsterhitzung mit Sicherheit ein. Reine Pflanzenfasern zeigen keine Neigung, sich zu erhitzen, selbst wenn sie feucht sind, wie durch die Versuche HÄPKE's<sup>1)</sup> und F. COHN's<sup>2)</sup> an reiner Baumwolle bewiesen ist. Ebensowenig ist bei reinem Torf Selbsterhitzung zu befürchten, da er an Stoffen, die zur Ernährung von Mikroorganismen dienen können, sehr arm ist. Von anderen Substanzen, die sich ebenfalls spontan erwärmen können, sei

---

<sup>1)</sup> HÄPKE, L., Über Selbstentzündung, insbesondere von Schiffsladungen, Baumwolle und anderen Faserstoffen, Steinkohlen und Heuhaufen. Abhandlungen herausgeg. vom naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen Bd. XII S. 439 1891.

<sup>2)</sup> COHN, F., Über thermogene Bakterien. Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 11 1893.

noch genannt: Malz, Schnupftabak, Baumwollreste (sog. Nissel), Preßrückstände von Erdnüssen (Bungkil<sup>1)</sup>), Kaffeesäcke usw.<sup>2)</sup> Doch ist damit nur eine gewisse Kategorie von selbsterwärmungsfähigen Stoffen berührt. Eine zweite, zu der Kohle, Braunkohle, mit Öl getränkte Putzlappen, gefettete Wolle, Kienruß, Zinkstaub, Celloidin usw. gehören, ist hier ganz unberücksichtigt gelassen, da hier der Prozeß der Wärmebildung anderer und zwar rein chemischer Natur ist. Er schreitet auch meist bis zur Selbstentzündung fort, während dies bei den obigen Selbsterwärmungsprozessen nur ausnahmsweise der Fall ist (vgl. HÄPKE<sup>3)</sup>).

Zweifellos hat die Selbstentzündung des Heus verwandtschaftliche Beziehungen zur Selbstentzündung von Kohle, Celloidin usw. Doch haben wir nicht die Absicht, uns mit diesen Vorgängen zu befassen, werden vielmehr nur einiges sicher Bekannte darüber im Kapitel XII mitteilen. Hier soll nur die normale Erhitzung behandelt werden, die bis ca. 70° geht.

Aber auch mit dieser Einschränkung ist unser Problem noch interessant genug, und zwar in so mannigfaltiger Hinsicht, daß es unstrittig zu den interessanten Naturereignissen zu zählen ist.

Es interessiert den gebildeten Laien so gut, wie den einfachen Bauer, die beide verwundert nach dem Ursprung einer Hitze fragen, bei der sie keine Flamme sehen. Man könnte sich allerdings mit demselben Rechte über die Wärme des menschlichen Körpers wundern, doch pflegt ja das Alltäglich-gewohnte, Selbstverständliche für den Laien kein Problem zu sein. Es interessiert den Naturforscher, den Ursachen der Erhitzung nachzugehen, und eine merkwürdige Lebewelt zu studieren, der erst bei einer Hitze wohl wird, bei der kein anderes Wesen gedeihen kann.

Es interessiert aber auch die reinen Praktiker, da die Selbsterhitzung auf verschiedenen Gebieten menschlicher Betätigung eine ganz erhebliche praktische Bedeutung besitzt. Ja selbst Tiere, nämlich die sog. Talegallahühner (Megopodiden) Australiens, machen sich die Wärme gärender Pflanzenmassen zunutze, indem sie mit ihren großen Füßen Haufen von Blättern zusammenscharren und ihre großen Eier von der entstehenden Wärme ausbrüten lassen.

Die Landwirtschaft wendet verschiedene Methoden zur Bereitung von Futtermitteln an, bei denen spontane Erhitzung eine wesentliche Rolle spielt. So vor allem ist es bei dem Verfahren der Braunheuerung in Schweißdiemen auf eine Selbsterhitzung abgesehen. Aber

<sup>1)</sup> VAN DER JAGD, G., Das Treiben von Bungkil. Mededeel. van het proefst. voor zuckerriet in Westjava „Kajok te Pekalongan“ No. 66 1903 (ref. im Chem. Zentralbl. 1903).

<sup>2)</sup> Auch Preßrückstände von Fruchtsäften, wie mir mündlich mitgeteilt wurde.

<sup>3)</sup> a. a. O.

auch bei der gewöhnlichen Heuwerbung kommt eine gelinde Wärme-  
steigerung als verbessernder Faktor praktisch in Frage (vgl. FALKE<sup>1)</sup>).

Wenn ferner bei der Herstellung des Grünpreßfutters (ensilage) frische oder leicht gewelkte Futterkräuter (sweet ensilage) fest zusammengepackt werden und eine Gärung erleiden, sind ebenfalls die Bedingungen für Selbsterhitzung gegeben.

Die Tabakfabrikation muß sich ebenfalls für die Selbsterhitzung interessieren, da die Fermentation in den gewältigen Haufen von Tabakblättern unter Wärmebildung verläuft und diese offenbar ein wichtiger Faktor bei der Reifung ist. Ganz besonders wichtig sind die Bestrebungen, den Gärprozeß in ähnlicher Weise durch Reinkulturen von Mikroorganismen zu leiten, wie es mit Hilfe von Hefe- und Bakterienreinzuchten in der Kelterei, Brennerei, Brauerei und Molkerei geschieht (vgl. Kapitel XI).

Höchst unerwünscht ist die nachteilige Selbsterhitzung des Hopfens.<sup>2)</sup>

Indem die Selbsterhitzung des Heus unter gewissen Umständen die Bedingungen für Selbstentzündung herstellen kann, gewinnt das Problem sogar ein forensisches Interesse, so daß wir selbst Juristen<sup>3)</sup> in die Diskussion eingreifen sehen.

Schließlich ergab sich aus unseren Untersuchungen noch eine ganz neue Bedeutung der Selbsterhitzung, die den Hygieniker veranlassen wird, warme Pflanzenmassen, als Mist, Stallstreu usw. im Auge zu behalten. Hier sind nämlich (wenigstens in unseren Gegenden) die einzigen Örtlichkeiten gegeben, wo die wärmebedürftigen Krankheitskeime prinzipiell die Möglichkeit haben, sich außerhalb des menschlichen oder tierischen Körpers üppig zu vermehren. In der Tat fanden wir eine Anzahl pathogener Pilze im warmen Heu, und weitere Untersuchungen werden zweifellos die Wichtigkeit dieses neuen Gesichtspunktes noch schlagender dartun.<sup>4)</sup>

---

<sup>1)</sup> FALKE, F., Die Braunbeubereitung etc. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Heft 111 II. Aufl. 1905.

<sup>2)</sup> BEHRENS, J., Über den Ursprung des Trimethylamins im Hopfen und die Selbsterhitzung desselben. Karlsruhe 1894. — Derselbe, Über das Erwärmen und das Konservieren des Hopfens. Wochenschr. d. Landwirtschaftl. Vereins im Großherzogtum Baden 1894. — Derselbe, Studien über die Konservierung und Zusammensetzung des Hopfens, I. Mikroorganismen des Handelhopfens. Wochenschr. f. Brauerei S. 802 1896.

<sup>3)</sup> MEDEM, Landgerichtsrat, Heuselbstentzündung und deren Verhütung. Vortrag, gehalten auf der Winterversammlung der Deutsch. Landwirtschafts-Gesellschaft (Sitzung der Ackerbauabteilung). Jahrbuch der D. L.-G. Bd. 9 S. 40 1894.

<sup>4)</sup> MIEHE, H., Betrachtungen über die Standorte der Mikroorganismen in der Natur, speziell über die der Krankheitserreger. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. XVI S. 430 1906, sowie „Medizinische Klinik“ Nr. 36 1906 und „Umschau“ 1906.

In Anbetracht dieser vielseitigen Beziehungen zu wichtigen Fragen der Wissenschaft und Praxis rechtfertigt sich eine systematische Untersuchung der Selbsterhitzung feuchter Pflanzenstoffe von selbst, und um so mehr, da eine derartige Bearbeitung fehlt. Nur mancherlei Material lag oft an entlegenen Stellen vor, das sich wohl lohnte, zu sammeln und mit neuen Untersuchungen zu einem Ganzen zu vereinigen. Dabei wurde das Hauptgewicht auf das Biologische gelegt. — Trotzdem diese Untersuchungen ursprünglich praktische Ziele verfolgten<sup>1)</sup>, habe ich doch das Problem von der rein wissenschaftlichen Seite aufgefaßt und behandelt, hoffe aber auch der Praxis dadurch den besten Dienst zu leisten. Denn meiner Ansicht nach fahren Wissenschaft und Praxis dann am besten, wenn die Wissenschaft nicht mit ausgesprochen praktischer und die Praxis nicht mit ausgesprochen wissenschaftlicher Tendenz arbeitet. Da wo sich beide ungesucht und überraschend berühren, pflegen sie am nützlichsten aufeinander zu wirken.

---

## Kapitel II.

### Verlauf und Maximum der Temperatursteigerung.

Von der Tatsache der Selbsterhitzung kann man sich jederzeit leicht überzeugen, wenn man ein genügend großes Quantum von Gras, Heu, Blättern, totem Laub, Stallstreu usw. in einen Behälter mit durchlässigen Wänden, am besten in einen größeren Drahtzylinder hineinpackt und festdrückt. Ist die Masse genügend feucht, so erhitzt sie sich sehr bald merklich und zwar auch dann, wenn keine besondere Wärmeisolation angewandt wird. Umgibt man den Zylinder mit einem schlechten Wärmeleiter (Torf, Watte), so wird die Selbsterhitzung natürlich noch intensiver.

Ich habe eine große Menge derartiger Versuche im kleinen angestellt und bediente mich dazu eines Apparates, den ich zweckmäßig erst im Kapitel IV beschreiben werde, wo auch einige der Versuche Platz finden werden.

---

<sup>1)</sup> Die Untersuchungen wurden ursprünglich im Auftrage der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft unternommen. Einen vorläufigen Bericht habe ich als Anhang zu FALKE, Die Braunheubereitung etc. im Heft 111 der Arbeiten der D. L.-G. (1905) unter dem Titel „Über die Selbsterhitzung des Heus“ gegeben. Einige der dort mitgeteilten Versuche sind unverändert in die vorliegende Schrift übergegangen.

Es kam mir aber auch darauf an, einen Versuch im großen anzustellen, um die aus den kleinen Experimenten gewonnenen Vorstellungen zu kontrollieren.

Wenngleich das Quantum Heu, welches ich verwandte (47 Zentner), noch nicht sehr groß genannt werden kann, so sind doch immerhin schon Verhältnisse gegeben, wie sie in der Praxis bei der Braunheuerung gegeben sind.

Es interessierte mich zunächst, wie hoch überhaupt die Temperatur unter Bedingungen steigen würde, die der Selbsterhitzung besonders günstig sind, dann, wie die Erhitzung verläuft, wann das Maximum erreicht wird, wann das Erkalten beginnt und vollendet ist, wie der Temperaturabfall in radialer Richtung sich gestaltet usw. Schließlich richtete ich auch meine Aufmerksamkeit auf die mikrobiologische Untersuchung eines solchen größeren Haufens, indem ich auf gleich zu beschreibende Weise Vorkehrungen traf, Proben aus dem Zentrum des Heuhaufens zu entnehmen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß bei einem derartigen ersten Versuche, der für mich mit manchen Umständlichkeiten verknüpft war, nicht alle Detailfragen, die sich mir zum Teil erst während des Versuches, zum Teil erst lange nachher aufdrängten, berücksichtigt werden konnten. So bedaure ich es, nicht gleich von Anbeginn den Temperaturverlauf in radialer Richtung verfolgt zu haben, so daß die Tabelle eine Lücke hat. In den Hauptfragen ergab mir jedoch immerhin dieser Versuch befriedigende Aufschlüsse, zum Teil hat er sogar überraschende Ergebnisse gehabt, wie die Tatsache der Selbststerilisierung (siehe Kapitel VII).

### Versuch 1.

Am 8. Juli 1905 wurden mittags von 1—3 Uhr 47 Zentner Wiesenheu zu einem Haufen aufgeschichtet, der etwa 3 m Durchmesser und 3,5 m Höhe besaß. Das Heu war am 7. Juli (also am Tage vorher) gemäht worden, war also nur angewelkt. Sein Wassergehalt betrug 31,4%, war also etwa doppelt so hoch als der, den man für gut getrocknetes Heu annimmt. Der Haufen wurde nach Möglichkeit festgetreten. Als er die Höhe von 1,5 m erreicht hatte, wurden folgende Gegenstände hineingepackt, und zwar in die Mitte:

1. ein Maximumthermometer, welches an einem Strick befestigt war, an dessen Ende ein Stück Holz geknüpft wurde. Dies Thermometer sollte während der ganzen Versuchsdauer im Innern des Haufens verbleiben. Es war in eine feste Papphülse verpackt, um dem Druck der festgepackten Massen zu widerstehen;

2. eine bis über die Mitte in eine Tiefe von 1,8 m reichende, etwa 2 m lange dünnwandige Röhre aus Messingblech die aus der Heumasse

herausragte und in welcher ein zweites Maximumthermometer mittels eines Eisendrahtes hineingeschoben und herausgezogen werden konnte. Dieses Thermometer diente dazu, die Temperatur im Mittelpunkt des Heuhaufens zu jeder beliebigen Zeit festzustellen. Dadurch, daß man es an verschiedenen Stellen der Röhre einige Zeit verweilen ließ, war es ferner auch möglich, die Temperatur in radialer Richtung vom Zentrum bis zur Peripherie jederzeit zu messen. Gelegentlich wurde noch an anderen Stellen die Temperatur durch Hineinstoßen eines Mietenthermometers gemessen. Doch stimmten die Temperaturen ziemlich genau mit denen in der Röhre gemessenen überein, so daß ich sie im folgenden nicht anzugeben brauche;

3. verpackte ich 12 Säckchen aus fester Sackleinwand in der Mitte, welche an lange Stricke geknüpft waren. Die Stricke wurden an langen von dem Zentrum radial bis zur Peripherie gehenden und aus dem Haufen herausragenden Pfählen entlang geleitet und ihre Enden an den Pfählenden lose befestigt. Diese Vorrichtung erwies sich als sehr zweckmäßig; denn das Herausziehen der Säckchen aus der festgepackten Heumasse würde ohne den durch die Pfähle geöffneten Kanal ein Ding der Unmöglichkeit gewesen sein.

Die Säckchen waren in der von mir bereits früher<sup>1)</sup> geschilderten Weise mit Heu gefüllt. Die eigentliche, für die Untersuchung bestimmte

<sup>1)</sup> MIEHE, Arbeiten d. D. L.-G. Heft 111 S. 87 1905.

Tiefe in cm	8. VII. 3 p. m.	8. VII. 5 <sup>30</sup> p. m.	9. VII. 4 p. m.	10. VII. 9 a. m.	10. VII. 12 m.	11. VII. 9 a. m.	12. VII. 9 <sup>30</sup> a. m.	13. VII. 12 m.	14. VII. 4 p. m.	15. VII. 12 m.	17. VII. 12 m.
185	24°	26°	57,5°	62°	62°	64,5°	68°	68,5°	65°	64,5°	61,1°
160									64°	64°	60°
140									65°	61,5°	61°
120									64,2°	62°	60,5°
100									64°	62,5°	60,5°
80									62°	60,5°	59,2°
60									56,8°	54°	—
40									44°	44°	42,5°
20									34°	35°	31°
Luft- temperatur									22°	28°	25°

Heuprobe wurde in ein kleineres Säckchen aus Gaze gepackt, sodann allseitig mit einem größeren Quantum von Heu umhüllt. Das ganze wurde schließlich durch eine äußere Hülle aus derber Sackleinwand zusammgehalten.

Der Zweck dieser Vorrichtungen leuchtet ohne weiteres ein. Es sollte ermöglicht werden, bei verschiedenen Stadien der Erhitzung Proben aus dem Innern zu entnehmen, ohne daß diese bei dem Transport von innen nach außen einer Infektion durch die äußeren Schichten unterliegen. Sie zeigten also genau den Zustand des Mikroorganismenlebens, wie er im Innern herrschte.

Wenn ich schließlich noch hinzufüge, daß auch die Temperatur der Umgebung registriert wurde, so habe ich alles Einleitende zum Verständnis der folgenden Beobachtungen erwähnt.

Der Heuhaufen zeigte schon am 9. Juli das schon oft beschriebene Verhalten: er dampfte kräftig und die oberen Partien waren sehr feucht. Die Halme waren dicht von Wassertropfen besetzt.<sup>1)</sup> Bald begann sich dann auch der charakteristische Geruch nach gedörrtem Obst oder nach frischem Brote bemerklich zu machen, und der Haufen fiel sichtlich zusammen, so daß sich die Metallröhre genau in 1 m Abstand vom Boden befand.

<sup>1)</sup> Leider wurde versäumt, einen Helm von Stroh aufzusetzen.

18. VII. 5 p. m.	19. VII. 5 <sup>30</sup> p. m.	21. VII. 4 p. m.	23. VII. 4 p. m.	24. VII. 6 p. m.	26. VII.	28. VII. 12 <sup>30</sup> m.	29. VII. 12 <sup>30</sup> m.	2. VIII. 3 p. m.	6. VIII. 4 p. m.	14. VIII. 4 p. m.	17. VIII. 3 <sup>30</sup> p. m.	20. VIII. 3 p. m.
58°	58,5°	54,8°	61°	60°	59°	60,5°	59°	57°	57°	53,8°	34°	33,8°
59°	58°	54,2°	60°	54°	59°	59,2°	59°	57,8°	57°	50°	44,5°	33,8°
59°	57°	55,1°	60°	59°	58°	60°	58,9°	57,8°	57°	53°	49°	33,8°
59°	57°	55,8°	59°	59°	57,5°	58,9°	58°	57,5°	56,5°	52°	47,4°	33,5°
58,2°	57°	57°	57,3°	59°	56°	57°	56,5°	57,4°	52,8°	48°	42°	31°
57°	56,5°	56°	53,5°	55°	50°	51°	51°	46°	45°	42,8°	35,5°	28°
50,5°	51,5°	48,5°	45°	47°	40°	41°	40,8°	39°	36°	37°	30°	25°
40°	38°	34,3°	36°	34°	31°	35°	32,5°	32°	30°	30°	26,4°	23°
30°	30°	25°	30°	26°	29°	32°	27°	25°	26°	25,5°	23,8°	22,5°
15,5°	17°	20°	24°	20°	24°	31°	18,2°	20°	20°	24°	21,5°	21,5°

Aus der vorstehenden Tabelle ist zunächst zu entnehmen, daß die Temperatur mit 68,5° ihren Höchststand erreicht hat. Sie überschritt die Temperaturen, die ich an Versuchen im kleinen feststellte, nicht viel. Ob nicht noch höhere Temperaturen vorkommen können, ist allerdings nicht gesagt, da die Quantität Heu verhältnismäßig gering war. Ich glaube jedoch, daß auch in größeren Haufen die Temperatur zunächst nicht höher steigen wird. Die Temperatur stimmt, wie gleich vorweg bemerkt werden möge, sehr gut mit dem Wachstumsmaximum des später zu beschreibenden thermophilen Bazillus überein; und diese Übereinstimmung ist, wenn wir die Resultate der übrigen Versuche hinzuziehen, gewiß keine zufällige. BOEKHOUT und DE VRIES<sup>1)</sup> haben allerdings noch höhere Grade gefunden. Sie maßen in ihren Heuhaufen 85°, sogar 95° C. Auch MAC FADYEN und BLAXALL<sup>2)</sup> konstatierten in „strawlitter“ (Streu von Stroh), deren Masse allerdings nicht angegeben wird, erheblichere Temperaturen. Ich führe ihre Tabelle hier an:

Tiefe	Nach 1 Tage	Nach 2 Tagen	Nach 3 Tagen	Nach 4 Tagen	Nach 5 Tagen	Nach 6 Tagen
2 Fuß	63°	60°	60°	60°	63°	50°
3 „	78°	75°	70°	71°	75°	72°
5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „	82°	85°	83°	81°	84°	87°

Die Versuche, die HOLDEFLEISS<sup>3)</sup> anstellte, sind deswegen leider hier nicht brauchbar, weil er die Temperatur nicht von Anfang an maß. Er verwandte 120 Zentner frischen Rindermist, glaubt aber, daß die Temperatur nicht viel höher als 65° C gegangen ist. In der zweiten Serie (vgl. Tab. II S. 62 ff.) erhielt er nur höchstens 50°, was jedoch darauf zurückzuführen ist, daß die Haufen absichtlich fortlaufend befeuchtet wurden.

Nicht viel höher stieg die Temperatur in einer Düngergrube, in welche 146 Zentner Stallmist locker eingestreut wurden und aus welcher die Jauche ablaufen konnte, so daß also die Masse relativ trocken war. Der Sauerstoffgehalt ist allerdings hier schließlich nur beschränkt.

<sup>1)</sup> BOEKHOUT und DE VRIES, Über die Selbsterhitzung des Heus, Zentralbl. f. Bakteriologie II. Abt. Bd. 12 S. 675 1904.

<sup>2)</sup> MAC FADYEN, A., und BLAXALL, FR. R., Thermophilic bacteria, Transactions of the Jenner Institute of preventive medicine London 2. Serie S. 185 1899.

<sup>3)</sup> HOLDEFLEISS, FR., Untersuchungen über den Stallmist, Breslau 1889.

HANSEN und GÜNTHER<sup>1)</sup> maßen hier 67,5° Maximaltemperatur nach einer Woche.

DÉHÉRAIN<sup>2)</sup> maß in Misthaufen 70° und bemerkt, daß diese Temperatur erreicht wird in dem oberen Teil des Haufens, wo der Mist am lockersten und relativ am trockensten ist; in der Mitte sollen nur 35°, unten nur 25° geherrscht haben. Da hier alle näheren Angaben fehlen, ist es schwer, diese Angaben richtig zu beurteilen. GAYON<sup>3)</sup> stellte in 250 kg Pferdemit, welchen er in ein luftdurchlässiges kubisches Gefäß einpreßt, Temperaturen bis 72° fest. Es ist hier jedoch ebenfalls nicht zu ersehen, ob bei größeren Quantitäten nicht die Temperatur noch höher steigen kann. Auch Versuche mit Wärmepackung fehlen hier. Die oben genannten englischen Autoren fanden ferner im „siló“ an aufeinanderfolgenden Tagen 50° C, 65° C, 60° C, 55° C, 70° C, 70° C, 65° C. Bei 65° C blieb der Silo dann für 2 Monate. Auch hier sind nähere Angaben über Größe und Beschaffenheit der Heumasse nicht gemacht. Es geht aber soviel daraus hervor, daß auch sie eine Steigerung der Temperatur über 70° nicht beobachteten. WARRINGTON<sup>4)</sup> fand ebenfalls in den Silos nur 60—71°. In einem anderen Haufen Stallmist (stable manure) waren sie bei 1 Fuß 60° C; 2 Fuß 65° C; 3 Fuß 62° C; 6 Fuß 70° C. Ein Haufen frischen Mistes erhitze sich nach 12 Stunden auf 50° C. Feldmist zeigte an der Oberfläche 40°; 1 Fuß tief 60°; 3—4 Fuß tief 70° C. „Moss-litter“ (Streu aus Moos) erhitze sich auf 42—60°. Bei der Tabakfermentation wurden ebenfalls nicht mehr als 56—60° beobachtet<sup>5)</sup>, doch würden die Hunderte von Zentnern fassenden Haufen sich noch weiter erhitzen, wenn sie nicht rechtzeitig umgesetzt würden. Wie hoch überhaupt die Temperatur hier steigen kann, ist nicht untersucht, man kann aber wohl annehmen, daß das Maximum in den Haufen angewelkter Futterkräuter auch dasjenige der Tabakhaufen darstellt. Für den Schnupftabak werden allerdings noch höhere Werte angegeben. Er wird nach Zuführung von Salzwasser in bedeutenden Massen (40 000 kg) aufgestapelt und erwärmt sich auf 80°, würde sich aber, wie SCHLÖSING<sup>6)</sup> angibt, noch höher erhitzen, wenn man nicht acht gäbe.

<sup>1)</sup> HANSEN, J., und GÜNTHER, A., Versuche über Stallmistbehandlung. Ein Beitrag zur Frage der Stallmistkonservierung. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Heft 30 S. 44 u. 119, Berlin 1898.

<sup>2)</sup> DÉHÉRAIN, zitiert nach DUCLAUX, Traité de microbiologie Bd. 4 S. 462.

<sup>3)</sup> GAYON, U., Recherches sur la fermentation du fumier. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 98 S. 528 1884.

<sup>4)</sup> WARRINGTON, Brit. Medical Journal Bd. 2 S. 644 1894.

<sup>5)</sup> Vgl. z. B. WHITNEY, M., und MEANS, TH. H., Temperatur changes in fermenting piles of cigar-leaf-tobacco. U. S. Departm. of Agricult. Report No. 60 1899.

<sup>6)</sup> SCHLÖSING, TH. (FILS), Sur la combustion lente de certaines matières organiques. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 106 S. 1293 1888.

Die Zahlen, die von F. COHN<sup>1)</sup> in seinem, zum Studium der Selbsterhitzung konstruierten Apparat gefunden wurden, gehen nicht über 70° hinaus. Er stellte für angequollene Gerste (die von dem später zu besprechenden Schimmelpilze *Aspergillus fumigatus* durchwuchert war) 64,5° C fest. Frischer Pferdemist erreichte nach 53 Stunden 71°<sup>2)</sup>, Baumwollenabfälle 67°.<sup>3)</sup>

Nehmen wir alle Angaben zusammen, so kann man sagen, daß mäßig feuchte, in größeren festgepackten Haufen vereinigte Massen von Pflanzenstoffen eine spontane Erhitzung zeigen, die gewöhnlich nicht viel über 70° steigt, seltener 80° erreicht. Aus später zu erörternden Gründen müssen wir annehmen, daß der erste Erhitzungsprozeß mit 70, höchstens 80° seinen Abschluß erreichen muß. Die Temperaturbeobachtungen, die über diese Grenze hinausgehen, haben wir mit denjenigen Angaben zusammenzustellen, die über die Selbsterhitzung, resp. Selbstentflammung von Kohle usw. gemacht sind. Sie kommen zunächst für die Frage, die wir uns stellten, nicht in Betracht und sollen erst in Kapitel XI im Zusammenhang mit anderen Beobachtungen erörtert werden.

Kehren wir zu unserer Tabelle zurück. Im Innern stieg die Temperatur gleich nach dem Zusammensetzen langsam, nach 2 Stunden von 24° auf 26°. In demselben Tempo ging die Erwärmung etwa weiter, denn nach 24 Stunden waren 57° erreicht. Die weitere Steigerung ging dann langsamer vor sich, indem die folgenden 13 Stunden nur 4,5° brachten. Hier stand die Temperatur sogar 3 Stunden lang still, stieg dann langsam weiter, bis sie nach etwa 4 Tagen nicht mehr weiter wuchs, als der Höchststand von 68,5° erreicht war. Hier stand dann die Temperatur still für einen Tag, und dann begann der sich über einen Monat erstreckende Erkaltungsprozeß. Merkwürdigerweise trat jedoch in der Zwischenzeit, nämlich am 23. Juli noch einmal eine vorübergehende geringe Temperatursteigerung ein. Vom 21. Juli bis zum 23. Juli stieg die Temperatur von 54,8° auf 61°, d. h. also um 6,2°, hielt sich hier annähernd für weitere 4 Tage, wobei am 26. August ein kleines Sinken mit folgendem Ansteigen bemerklich war. Da am 18., 19. und 21. Juli starker Regen niedergegangen und die Lufttemperatur gesunken war, so ist das Sinken vom 19.—21. Juli vielleicht hiermit in Zusammenhang zu bringen. Übrigens ist auch in einem von FALKE<sup>4)</sup> beschriebenen Versuch ein zweimaliges Anschwellen (nach dem 10. und dem 18. Tage)

<sup>1)</sup> COHN, F., Über thermogene Wirkung von Pilzen. 66. Jahresbericht der Schles. Gesellsch. f. vaterländische Kultur S. 150 1889.

<sup>2)</sup> Derselbe, Über Wärmezeugung durch Schimmelpilze und Bakterien. 68. Jahresbericht derselben Gesellsch., allgem. Bericht, S. 23 1891.

<sup>3)</sup> Derselbe, Über thermogene Bakterien. Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 11 1893, S. 66 des Generalversammlungsheftes.

<sup>4)</sup> FALKE, a. a. O. S. 45.

aufgetreten und ein noch auffallenderes fand HOLDEFLEISS<sup>1)</sup> in einem großen Misthaufen nach 2 Monaten, indem hier die Temperatur im Laufe einer Woche von 32° auf 56° anwuchs.

Sehr deutlich tritt dann noch folgende Eigentümlichkeit hervor, wenn man die Geschwindigkeit der Abkühlung in Betracht zieht. Am raschesten ist der Abfall gleich hinter dem Maximum (ca. 3° für 24 Stunden), dann ist er etwas langsamer (0,7°, 1,7° pro 24 Stunden), darauf wieder etwas rascher (2,5° pro 24 Stunden), bei 59° steht dann die Abkühlung still. Auch hinter dem zweiten Anstieg sehen wir die Temperatur bei 60°, 59° und 57° auffallend lange verweilen. Sehr jäh fällt dann die Temperaturkurve ab vom 14. August an, indem in 3 Tagen eine Abkühlung von etwa 20° eintritt.

Wenn wir dann einen Blick auf den radialen Abfall der Temperatur werfen, so zeigt sich, daß in der zentralen Masse bis zu 1 m Radius vom Mittelpunkte aus, die Temperatur nur einen verhältnismäßig geringen Abfall nach außen zeigt. Die Differenzen zwischen den Temperaturen bei 185 und 80 cm, also im Abstand von 1 m, sind hier z. B. 3°, 3,5°, 1,9°, 1°, 2°, +1,2°, 7,5°, 5°, 9°, 9°, 8° usw., während die zwischen 80 cm und 60 cm, also für 20 cm Abstand, betragen: 5,2°, 6°, 6,5°, 4°, 8° usw.

Am 18. Juli wurden auf der Höhe des Haufens in vertikaler Richtung einige Temperaturmessungen vorgenommen, die ergaben, daß hier die Temperaturkurve noch steiler abfallen muß. Denn schon handtief war es unangenehm heiß und in einer Tiefe von 35 cm werden 55,5° C gemessen, während diese Temperatur, wie ein Blick auf die Tabelle lehrt, in horizontaler Richtung erst etwa bei 70 cm Entfernung von der Oberfläche erreicht wurde. Die Ursache möchte darin zu suchen sein, daß einmal die warme Luft des heißen Innern fortdauernd nach oben steigt und die oberen Schichten erwärmt und dann diese auch durch Abgabe des Wasserdampfes stark durchfeuchtet. Dadurch wurden dann die Bedingungen für Mikroorganismenentwicklung, nämlich Wärme und Feuchtigkeit viel weiter bis an die Oberfläche herangerückt. Die Folge davon war, wie wir später sehen werden, auch eine intensivere Wärme-produktion durch die Tätigkeit der Lebewesen, die hier weiter bis an die Oberfläche heran vegetieren konnten. Da der Heuhaufen keine Kappe von Stroh bekommen hatte, schlug sich der ganze mit dem warmen Luftstrom aufsteigende Wasserdampf an den obersten Schichten in Form von Wasser nieder, das dann nach unten sickerte. Auch der anhaltende Regen, der leider zur Zeit meines Versuches fiel, tat das seinige, um die Feuchtigkeit der obersten Schichten zu vermehren. Die Folge davon war eine gänzliche Verschimmelung oben. Die üppigsten

<sup>1)</sup> HOLDEFLEISS, F., Untersuchungen über den Stallmist. Breslau 1889 S. 62.

Vegetationen von orangegelben, grauen, weißlichen, graugrünlischen und bläulichen Schimmelpilzen überwucherten und durchsetzten diesen Teil des Heuhaufens. Hier hatten die interessanten wärmeliebenden Pilze ihren Standort, von denen ich noch zu berichten habe.

### Kapitel III.

#### **Die chemischen Umsetzungen bei der Selbsterhitzung. Festgepacktes Heu unter Ausschluss des Sauerstoffs.**

Über die chemischen Umsetzungen und Veränderungen, die während der Fermentation sich in den Haufen vollziehen, habe ich eigene Versuche nicht angestellt. Es lohnt sich aber im Interesse später auftauchender Fragen das Wichtigste hier zusammenzustellen, was andere Autoren über diesen Gegenstand angeben, und zwar wollen wir zunächst den Gasaustausch zwischen den gärenden Pflanzenmassen und der Atmosphäre und dann die chemischen Veränderungen in der Substanz selber schildern, soweit Angaben vorliegen.

Den Gaswechsel verfolgte BERTHELOT<sup>1)</sup> genauer. Er ließ 146 kg frisches Gras (*Festuca*) in einem Gefäß zusammenhäufen, das 1,80 m im Durchmesser maß und eine zylindrische Form besaß. Die Heumasse war in der Mitte 50 cm hoch und war mit einem impermeablen Laken bedeckt. Das Gras enthielt 68,2% bei 110° entfernbare Wasser. Es wurde die Temperatur innen ( $T_i$ ) und außen ( $T_a$ ) beobachtet und die Zusammensetzung der Luft im Innern der abgeschlossenen Heumasse bestimmt. Auf verbrennliche Gase wurde besonders geachtet.

Ich habe BERTHELOT's Beobachtungen zum Teil in der folgenden Tabelle (S. 13) zusammengestellt.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß der Stickstoff keine Veränderungen erleidet, daß dagegen allmählich der Sauerstoffgehalt abnimmt und dafür etwa in gleichem Maße der Kohlensäuregehalt zunimmt; Wasserstoff, Methan, Ammoniak wurden nicht gefunden, desgl. fehlten brennbare Gase.

Ein Kontrollversuch mit getrocknetem Heu ergab keine Erhitzung und nur Spuren von Kohlensäureausscheidung. Der Höchststand der

<sup>1)</sup> BERTHELOT, Recherches sur les échanges gazeux entre l'atmosphère et les plantes séparées de leur racines et maintenues dans l'obscurité. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 138 S. 602 1904.

Zeit	$T_i$	$T_a$	$CO_2$	O	N	Bemerkungen
	in $^{\circ}C$					
1. Tag	37	20,5	1,2	19,5	79,3	
6 Stunden später	39	18,5	2,1	18,9	79	
2. Tag	—	—	2,3	19,3	78,4	
3. Tag	40,5	16,5	2,8	17,9	79,3	
"	—	—	2,4	18,1	79,5	Keine verbrenn- lichen Gase.
5. Tag	44	16	5	16,6	78,4	
6. Tag	50	17	10,8	10,9	78,3	Keine verbrenn- lichen Gase, kein $NH^3$ .
7. Tag	53	17,5	16,6	6,0	77,4	"
8. Tag	49,5	21	19,4	3,0	77,6	"
10. Tag	39	21,5	17,9	5,2	76,9	"

Temperatur ( $53^{\circ}$ ) wurde nach einer Woche erreicht. Daß sie nicht noch weiter stieg, lag wohl an dem Mangel einer geeigneten Wärmeisolierung und an der verhältnismäßig geringen Masse, weniger an dem hohen Wassergehalt, wie unser Autor meint. Auffallend ist, daß er kein Ammoniak fand, welches in frischem zusammengehäuften Gras mit der Zeit sich bildet und sich schon durch den Geruch verrät. COHN<sup>1)</sup> fand stark alkalische Reaktion unter ähnlichen Verhältnissen, sowie starke Ammoniakentwicklung.

Dieselbe Beobachtung des Sauerstoffverbrauches und der Kohlensäureproduktion machten BOEKHOUT und DE VRIES<sup>2)</sup> in den Heuhaufen, deren Temperatur, wie schon oben angegeben ist, sie auf  $85^{\circ}C$  und  $96^{\circ}C$  bestimmten. Sie sammelten ein Quantum Gas aus den Diemen und analysierten es. Sie fanden 7,0% Kohlensäure, 12,4% Sauerstoff und 80,6% Stickstoff. Auch hier war also annähernd soviel Sauerstoff verschwunden, als Kohlensäure gebildet wurde. Die Reaktion der Dämpfe fanden sie stark sauer, was sie auf die Anwesenheit von Ameisensäure zurückführen. DÉHÉRAIN<sup>3)</sup> gibt an, überhaupt keinen Sauerstoff im Innern von Misthaufen gefunden zu haben.

Ein besonderes Interesse verdienen Versuche, die von SCHLÖSING

<sup>1)</sup> a. a. O. (1891).

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 676.

<sup>3)</sup> a. a. O.

(FILS) mit Schnupftabak<sup>1)</sup> und Mist<sup>2)</sup> angestellt wurden; einmal deswegen, weil verschiedene Temperaturen studiert wurden und dann, weil er mit sterilisiertem und geimpftem Material arbeitete.

Von zwei gleichen Mengen (3,9 kg) Tabak wurde die eine Portion bei 120° C sterilisiert, die andere nicht. Beide wurden sodann in geschlossene Gefäße gebracht, durch welche langsam Luft streichen konnte (etwa 4 l in 24 Stunden). Beide wurden bei einer Temperatur von 40,3° C gehalten. Die Bestimmung der Kohlensäure ergab nun, daß der sterilisierte Tabak unverändert 2—2,8% CO<sub>2</sub> ausschied, während der nicht sterilisierte eine starke Steigerung der Kohlensäureausscheidung erkennen ließ, die im Maximum 12,2% betrug. Nach 5 Monaten war jedoch der Gehalt auf 4% gesunken.

In einem anderen Versuche wurde sterilisierter Tabak nachträglich geimpft mit kleinsten Mengen gewöhnlichen Tabaks. Er zeigte eine Steigerung der Kohlensäureproduktion, die jedoch (wohl wegen der mangelhaften Impfung) hinter der normalen Tabaks zurückblieb.

Bei 70° verwischten sich die Unterschiede zwischen der sterilen, der geimpften und der normalen Portion bezüglich der Kohlensäureausscheidung, indem im Verlauf von 6 Wochen alle andauernd 15% Kohlensäure täglich ausschieden.

Wurde durch den Tabak nicht Luft, sondern Chloroform geleitet, so erfolgte zunächst einmal keine Erwärmung (die trotz des Durchleitens in der normalen Portion 6° betrug) und außerdem war die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung dementsprechend geringer.

In seiner zweiten Mitteilung gibt derselbe Autor die Mengen Kohlensäure an, die bei 70°, 80° und 100° innerhalb 20 Tagen 1 kg Trockensubstanz von Tabak ausscheidet. Es waren bei 70° 26 g, bei 80° 62 g, bei 100° 133 g.

Ähnliche Versuche sind von ihm fernerhin mit Mist angestellt worden.<sup>3)</sup> Er arbeitete auch hier mit nichtgeimpften und geimpften Massen und bei verschiedenen Temperaturen. Die Zahlen geben die Menge Kohlensäure in g an, welche von 1 kg Mist (Trockensubstanz) in 24 Stunden gebildet wurden. 0 bedeutet nicht geimpft, + geimpft.

---

<sup>1)</sup> a. a. O. 1888.

<sup>2)</sup> SCHLÖSING (FILS), Sur la combustion lente de certaines matières organiques. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 108 S. 527 1889.

<sup>3)</sup> a. a. O. (1889).

Zeit	52 °		58 °		Zeit	66 °		Zeit	75,5 °		81 °	
	0 CO <sub>2</sub>	+ CO <sub>2</sub>	0 CO <sub>2</sub>	+ CO <sub>2</sub>		0 CO <sub>2</sub>	+ CO <sub>2</sub>		0 CO <sub>2</sub>	+ CO <sub>2</sub>	0 CO <sub>2</sub>	+ CO <sub>2</sub>
3. Tag	9,4	57,0	11,8	63	2. Tag	3,5	63,5	3. Tag	2,3	9,8	3,9	4,1
4. "	10,0	40,0	12,3	33,9	3. "	4,3	34,1	4. "	2,9	14,8	2,8	2,8
5. "	8,8	31,7	12,3	24,7	7. "	3,4	14,9	5. "	1,9	29,8	2,6	2,4
10. "	7,4	24,1	12,1	17,8	15. "	3,9	6,3	7. "	1,4	20,7	2,1	2,4
26. "	3,5	13,1	2,3	8,0	23. "	2,5	3,4	16. "	1,4	8,2	1,4	1,4

Ich habe die obigen Angaben über Kohlensäureproduktion ausführlicher mitgeteilt, weil sie für die Erklärung der Ursache der Selbsterhitzung feuchter Pflanzenmassen von Bedeutung sind. Es geht aus den Versuchen von SCHLÖSING zunächst hervor, daß auch in solchen Stoffen, die keimfrei gemacht sind, Kohlensäure ausgeschieden wird, und zwar entweder wie bei dem Schnupftabak fortlaufend gleiche Mengen oder wie beim Mist mit der Zeit abnehmende Mengen. Die Quantitäten sind jedoch ausnahmslos erheblich geringer als diejenigen, welche von keimhaltigem Material abgegeben werden. Dieser Unterschied macht sich bei allen Temperaturen bis 75 ° deutlich bemerklich (siehe obenstehende Tabelle).

Bei 81 ° zeigen die geimpften wie die keimfreien Proben annähernd dieselbe Intensität der Kohlensäureausscheidung. Letztere wuchs bei dem Tabak stark bis 100 °, während dies bei dem Mist nicht der Fall war. Hier erreichte das keimfreie Material bei 58 ° das Meistmaß der Kohlensäureabgabe, von 66 ° bis 81 ° waren die Mengen geringer, eine weitere Steigerung trat jedenfalls nicht ein. In dem keimhaltigen Material trat ein starkes Maximum der Kohlensäureausscheidung gleich im Anfang hervor, dann sank sie rasch. Eine Ausnahme macht nur der Versuch bei 75,5 °, wo die Mengen der Kohlensäure, die das keimhaltige Material bildet, schon gegenüber den vorherigen Temperaturen erheblich geringer ist. Hier fehlt die starke anfängliche Produktion, die erst nach dem 4. Tage anzuschwellen scheint.

Fassen wir die obigen Angaben der verschiedenen Autoren zusammen, so läßt sich allgemein sagen, daß bei der Selbsterhitzung Oxydationen stattfinden, die einen starken Verbrauch des Sauerstoffes, und eine erhebliche Produktion der Kohlensäure bedingen. Letztere findet auch unter Bedingungen, die die Tätigkeit von Lebewesen ausschließen, also in keimfreiem Material statt, aber in sehr viel geringerem Maße. Der deutliche Unterschied findet sich bis zu einer Temperatur von 75 ° und hört von hier an auf.

Auch bei Temperaturen über 75° gehen die Oxydationen weiter, zum Teil (wie im Tabak) sind sie sogar erheblich, zum Teil viel schwächer. Diese Oxydationen sind nicht mehr biologischer Natur, sondern rein chemischer (siehe Kapitel XII). Schließlich könnten wir aus dem BERTHELOT'schen Kontrollversuch noch entnehmen, daß die Kohlensäureausscheidung in trockenem Material und bei gewöhnlicher Temperatur nicht eintritt.

In bezug auf die chemischen Veränderungen, welche die Substanz der Pflanzenstoffe erleiden, kann ich mich kürzer fassen. Sie wird natürlich in gewissem Grade von der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials abhängen, also anders bei den Baumwollnisseln, als etwa bei dem Tabak oder dem Mist sein. Für das Braunheu liegen umfangreiche Angaben in FALKE's<sup>1)</sup> Schrift über die Braunheubereitung vor, auf deren Zahlenmaterial ich hier einfach verweisen kann.

Allgemein ergibt sich aus den dort beschriebenen Versuchen, daß der Wassergehalt, der anfangs etwa 40—45% beträgt, abnimmt und nach Beendigung der Braunheubereitung nur mehr etwa 15% beträgt. Die Masse trocknet sich also selbst. Das Wasser entweicht oft (wie sehr deutlich in meinem Versuch und auch z. B. bei Tabakshaufen) in Form von sichtbaren Dampfwolken, die dem Gipfel der Haufen entströmen. Aber auch der Trockensubstanzgehalt erfährt wesentliche Verminderung, die nach den Umständen verschieden stark ausfallen kann. In solchen Diemen, in denen die Selbsterhitzung besonders intensiv verläuft und lange dauert (und das hängt ceteris paribus in erster Linie von der Größe der gesamten gärenden Masse ab), ist auch der Verlust verhältnismäßig bedeutend (z. B. 30%). Sind die Haufen kleiner, so ergibt sich nur ein Verlust von etwa 15%. An dieser Abnahme von Substanz sind die einzelnen bei den üblichen Analysen bestimmten Stoffgruppen in verschieden hohem Maße beteiligt. Der Aschengehalt verändert sich begreiflicherweise nicht. Das Roheiweiß ist verschieden stark beteiligt am Verlust, 1,8%—50%; doch sind es in erster Linie die leichter löslichen (amidartigen) Stickstoffverbindungen, weniger das reine Eiweiß, das angegriffen wird. Die von HOLDEFLEISS<sup>2)</sup> angegebene Zunahme von Reinprotein bei Luzerneheu könnte möglicherweise durch die Zunahme von Bakterieneiweiß erklärt werden. Sehr starke Abnahme zeigen die stickstofffreien Extraktstoffe, d. h. also in erster Linie die Kohlehydrate. Diese, einen Hauptanteil der Substanz ausmachenden Stoffe werden im Mittel um 40% vermindert. Ebenfalls erhebliche Einbuße erfahren die Substanzen, die als Rohfaser bezeichnet werden, und die allgemein die Gerüststoffe (Zellwandstoffe) der Pflanzen

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> HOLDEFLEISS, Weitere Untersuchungen über den Einfluß der Gärung auf den Wert des Heus. Mitteilungen des Landwirtschaftl. Instituts der Königl. Universität Breslau S. 59 1899.

darstellen. Sie verschwinden im Mittel um 13 %. Ob von diesem Verlust auch die Grundsubstanz, die Cellulose, betroffen wird, ist nicht ohne weiteres zu erkennen. Nach HOLDEFLEISS<sup>1)</sup> ist aber in erster Linie an Pentosane zu denken (z. B. an Derivate der Xylose, welche einen Bestandteil der pflanzlichen Membranen ausmachen). In der Tat nehmen die Pentosane bei der Fermentation ab, je stärker die Gärung verläuft.

Der Unterschied tritt besonders beim Wiesenheu, wenig beim Klee und Luzerneheu hervor. Ausgeschlossen ist übrigens keineswegs, daß auch die Cellulose selbst angegriffen wird, da MAC FADYAN und BLAXALL<sup>2)</sup> nachgewiesen haben, daß einige thermophile Bakterien (siehe Kapitel IX) die Fähigkeit besitzen, Cellulose zu zersetzen.

BOEKHOUT und DE VRIES<sup>3)</sup> fanden folgende Werte bei normalem Heu und bei stark erhitztem:

Aus 100 Teilen normalen Heus mit	
	8,4 Asche
	10,8 Eiweiß
	24,0 Pentosane
	31,6 Rohfaser
	2,0 Rohfett
	23,2 stickstofffreie Extraktstoffe
entstanden	
	91,3 Teile fermentierten Heus mit
	8,4 Asche
	10,5 Eiweiß
	18,8 Pentosane
	32,4 Rohfaser
	2,8 Rohfett
	18,4 stickstofffreie Extraktstoffe.

Es nahmen also die Kohlehydrate ziemlich stark ab, das Eiweiß sehr wenig, während die in verdünnter Lauge und Säure unlöslichen Stoffe (als Rohfaser zusammengefaßt) sowie der Ätherextrakt eine Zunahme erfuhr. Letzterer, in dem neben den Fetten, Ölen auch teerartige Substanzen und besonders organische Säuren bestimmt werden, zeigt nach den Beobachtungen FALKE'S<sup>4)</sup> dagegen eine Abnahme von ungefähr 20 %. Faßt man das zusammen, was sich aus diesen Beobachtungen für die chemischen Veränderungen im selbsterhitzten Heu folgern läßt, so ergibt sich als auffallendstes und hervorstechendstes Resultat eine starke Abnahme der Kohlehydrate (Hexosen, Pentosen),

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 183.

<sup>3)</sup> a. a. O. S. 677. Ich habe die Zahlen auf Grund des Aschengehaltes auf die gleichen Ausgangsmengen umgerechnet.

<sup>4)</sup> a. a. O.

eine schwächere von amidartigen Substanzen, Eiweiß, sowie von organischen Säuren usw.

Damit sind jedoch die Veränderungen keineswegs erschöpft. Es bleiben vielmehr noch recht auffallende, die chemisch nicht genauer verfolgt sind. Das betrifft in erster Linie die angenehm, gelegentlich auch etwas prickelnd oder stechend duftenden aromatischen Produkte, die dem Heu einen Geruch verleihen, der verschieden definiert wird. Er weckt Geruchsassoziationen an gedörrtes Obst, frisches Brot, süßen Pumpernickel, Zigaretten tabak oder auch beizenden Zigarrentabak. Ich möchte glauben, ohne mehr als eine Vermutung zu äußern, daß diese Geruchsstoffe in erster Linie der lang dauernden feuchten Wärme zuzuschreiben sind, weniger der Tätigkeit von Mikroorganismen. Der Brotgeruch entwickelt sich z. B. auch, wenn man Heu sterilisiert. Den stechenden Geruch, der besonders intensiv auftritt, wenn man etwas feuchtes Heu in einem verschlossenen Glasgefäß bei 60° mehrere Wochen stehen läßt, führen BOEKHOUT und DE VRIES<sup>1)</sup> auf Ameisensäure zurück, die sie in dem sauren Destillat aus fermentiertem Heu nachwiesen. EMMERLING<sup>2)</sup>, dessen Versuche wir gleich noch zu erwähnen haben, gibt als die Ursache des stechenden Geruches Chinon an, das er aus dem Destillat des stark sauren gärenden Grases nachwies. Da diese Substanz ein Desinfiziens ist, werden wir bei einer später zu erwähnenden merkwürdigen Erscheinung noch auf sie zurückkommen.

Von Interesse wird ein Vergleich der obigen Daten mit denen sein, welche in bezug auf die Veränderungen von sehr stark erhitztem Heu sich unter den kleinen Mitteilungen im Chemischen Centralblatt III. Folge XVII. Jahrgang 1886, p. 316 finden. Es handelte sich hier um einen großen Heuhaufen, welcher nach 1½—2 Monaten einen brenzlichen Geruch ausströmte und der sich soweit erhitzt hatte, daß die Holzwände eines (höchst unzuweckmäßigerweise hineingebauten) Ventilationsschachtes verkohlt waren und bei vermehrtem Luftzutritt zu glimmen begannen. Es wurden für die Untersuchung vier in ihrer Beschaffenheit deutlich verschiedene aus verschiedenen Schichten des Haufens entnommene Proben zur Untersuchung benutzt, nämlich grünes (d. h. normales, einfach getrocknetes) Heu von der Oberfläche, schwach gebräuntes, stark gebräuntes Heu und die am meisten veränderte schwarze Heukohle.

Es wurden nun unter Zugrundelegung des unveränderlichen Aschengehaltes als Maßstab für die ursprüngliche Quantität des Heus folgende Werte berechnet:

---

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> EMMERLING, O., Chemische und bakteriologische Untersuchung der Gärung des frischen Grases. Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellschaft Bd. 30 S. 1869 1897.

	Trocken- substanz	Protein	Fett	Roh- faser	Stickstoff- freie Ex- traktstoffe
Aus 100 Teilen grünen Heus:	100,00	12,05	2,67	27,77	50,82
entstanden					
80,82 Teile schwach ge- bräunten Heus:	80,82	9,07	3,25	19,44	43,35
daraus entstanden					
71,75 Teile stark ge- bräunten Heus:	71,75	8,54	2,92	17,97	36,93
daraus entstanden					
66,86 Teile Heukohle:	66,86	8,22	2,97	24,21	25,73

Daraus berechnen sich die absoluten Verlustziffern auf 100 Teile, wie folgt:

	Trocken- substanz	Protein	Fett	Rohfaser	Stickstoff- freie Ex- traktstoffe
grünes Heu	0	0	0	0	0
schwach gebräuntes Heu	19,18	3,98	0,42	8,33	7,47
stark gebräuntes Heu	28,25	3,51	0,75	9,83	13,89
Heukohle	33,14	3,83	0,70	3,56	25,09

oder in Prozenten:

	Trocken- substanz	Protein	Fett	Rohfaser	Stickstoff- freie Ex- traktstoffe
grünes Heu	0	0	0	0	0
schwach gebräuntes Heu	19,18	24,64	11,45	29,77	14,66
stark gebräuntes Heu	28,25	29,01	20,80	35,33	27,30
Heukohle	33,14	31,67	18,91	12,71	52,39

Wenn wir von dem etwas unregelmäßigen Verhalten des Ätherextraktes (dessen Steigen vielleicht nach dem Autor auf Teerbildung zurückzuführen ist) und der Faser, die später eine Zunahme erfährt (vielleicht weil ein Teil der Kohlehydrate so verändert ist, daß sie als unlöslich zur Faser geschlagen wird), so zeigen uns diese Tabellen wieder die starke Abnahme der Kohlehydrate und der Proteinstoffe mit steigender Erhitzung; erstere sind auf die Hälfte, diese etwa um ein Drittel ver-

mindert. Die Veränderungen erreichen in der Heukohle ihren höchsten Grad. Ihre Trockensubstanz ist nur zwei Drittel der ursprünglichen und ist relativ viel reicher an Faser geworden. Die allmähliche Umwandlung in eine immer kohlenstoffreichere Substanz ist unverkennbar.

Eine Nachahmung der sogenannten „ensilage“ bietet der Versuch von EMMERLING.<sup>1)</sup> Er preßte frisch gesammeltes Gras in eine Steingutbüchse, verschloß sie mit einem Deckel und versah sie mit einem Thermometer und einem Gasableitungsrohr.

Auf Trockensubstanz berechnet hatte das Gras folgende Zusammensetzung

Holzfaser	26,40 %
Ätherextrakt	1,86 „
Protein	11,80 „
Asche	7,62 „
stickstofffreie Extraktstoffe	52,32 „

Die Temperatur stieg nach 24 Stunden um 26° (wird also etwa 46° erreicht haben), blieb hier einige Zeit konstant und fiel dann allmählich. Die verhältnismäßig geringe Steigerung wird auf das geringe Quantum (das leider nicht angegeben ist) sowie besonders auf den beschränkten Sauerstoffzutritt zurückzuführen sein. Es waren nach vier Wochen 64% Kohlensäure und 36% Stickstoff, also kein Sauerstoff mehr vorhanden. Methan wurde nicht gebildet. Das Gras war schließlich braun, stark sauer und roch stechend.

Die Analyse nach dem Versuch zeigte auf 100 Teile Trockensubstanz berechnet:

Holzfaser	31,36 %
Ätherextrakt	3,24 „
Protein	9,13 „
Asche	8,14 „
stickstofffreie Extraktstoffe	48,13 „

d. h. wieder hatten sich Protein und die Kohlehydrate verringert, was auch hier noch deutlicher geworden wäre, wenn auf gleiche Ausgangsmengen umgerechnet wäre. Der Ätherextrakt war gewachsen wegen der entstandenen organischen Säuren. Worauf die Zunahme der Holzfaser beruht, wird nicht diskutiert.

Wie schon erwähnt, fand sich im Destillat des gegorenen Grases Chinon.

Ob dieser Versuch typisch für den Verlauf der Gärung des Grünpreßfutters ist, muß ich dahingestellt sein lassen.

Erwähnt sei dann noch, daß auch bei der Fermentation des Tabaks in erster Linie die Kohlehydrate verschwinden, und zwar vollständig.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> Siehe BEHRENS im Handbuch der techn. Mykologie Bd. 5 S. 1,

Da nach den Untersuchungen von DÉHÉRAIN<sup>1)</sup> in gärenden Misthaufen gar kein Sauerstoff mehr vorhanden sein soll und nach allen anderen Beobachtungen der Sauerstoffgehalt im Innern wenigstens stark abnimmt, so lag die Frage nahe, wie sich die Gärung unter „anaeroben“ Verhältnissen, d. h. unter gänzlichem Ausschluß von Sauerstoff vollziehen würde. In den Heuhaufen wird allerdings vollständiger Sauerstoffmangel wohl nie eintreten, weil die Masse zu porös ist und zweifellos infolge des Niedersinkens und Abfließens der Kohlensäure, sowie infolge des Aufsteigens der warmen Luft des Innern eine wenn auch geringe Zirkulation unterhalten wird.

Ich habe diese Frage geprüft, allerdings nur in Rücksicht auf die Erwärmung in dem

### Versuch 2.

In einer ca. 10 l fassenden Glocke (vgl. Fig. 1) wurden 4,7 kg Heu fest eingepreßt. Das Heu wurde vorher, wie immer in meinen Versuchen mit Dür rheu, mäßig angefeuchtet, so daß es sich mit Wasser vollsaugen konnte. Dann wurde es wieder oberflächlich getrocknet durch Ausbreiten. Nachdem das Heu fest hinein gedrückt war, wurde eine abgeschliffene Glasplatte mit einer sehr zähen Mischung von Wachs und Kolophonium absolut luftdicht auf die untere Öffnung aufgekittet. Der Schluß ließ sich mit einiger Sorgfalt durch Anwendung von heißem Wasser erreichen, das auf die Außenseite der Glasplatte der umgekehrt in einem Lager ruhenden Glocke gebracht wurde. Der obere Tubus der Glocke war mit einem dreifach durchbohrten Gummistopfen fest verschlossen, durch den schon bei dem Packen ein Eisenstab in das Innere der Glocke geführt war, der Raum für ein langgestieltes Thermometer (th) offen hielt. Nachdem dies eingeführt war, wurde ein Gaszuleitungsrohr (g) eingesetzt und eine s-förmig gebogene Quecksilbersperre (q), welche zunächst an dem freien Schenkel zugeschlolzen war.

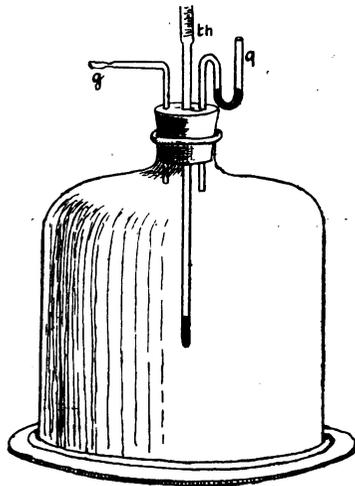


Fig. 1.

Apparat zur Untersuchung der Selbsterhitzung unter Ausschluß des Sauerstoffes. q Quecksilbersperre, g Gaszuleitungsrohr, th Thermometer.

sowie derselbe, Weitere Beiträge zur Kenntnis der Tabakpflanze: VII. Die Fermentation. Landwirtschaftl. Versuchsstationen S. 293 1893.

<sup>1)</sup> a. a. O.

Der Apparat wurde nun mit einer Wasserstrahlpumpenpumpe, einem Manometer und einem Wasserstoffentwickler verbunden, dem die üblichen Vorlagen von U-Röhren mit Kaliumpermanganat vorgeschaltet waren. Es wurde dann dreimal hintereinander ausgepumpt und jedesmal nach dem Auspumpen der gereinigte Wasserstoff hineingeleitet, eine Operation, die ziemlich zeitraubend war. Nachdem zum dritten Male die Glocke (die sich übrigens bei Beobachtung des Manometers als absolut dicht erwies) mit Wasserstoff gefüllt war, wurde das Gaszuleitungsrohr zugeschmolzen und der freie Schenkel der Quecksilbersperre durch Absprengen des oberen Endes geöffnet. Die Quecksilbersperre hatte den Zweck, etwa bei der Gärung entstehenden Gasen den Austritt zu ermöglichen.

Der Apparat wurde sodann in eine Wattepackung gebracht, und zwar in den später noch zu beschreibenden Drahtzylinder. Die Zimmertemperatur schwankte zwischen 16—20 ° C.

Vom 25. bis zum 29. März wurde keine Temperatursteigerung über die Temperatur der Umgebung konstatiert. Sie stieg zwar gleich im Anfang von 11 ° auf 14 °, hielt sich aber dann unverändert auf dieser Höhe bis zum Schluß des Versuches. Gas hatte sich nur äußerst wenig gebildet. Das Heu hatte sich äußerlich nicht verändert, zeigt keine Schimmelbildungen.

Dieser Versuch bewies also, daß bei der Selbsterwärmung des Heus der Sauerstoff eine notwendige Bedingung ist. Doch ist damit nicht gesagt, daß unter anaeroben Verhältnissen nicht doch Wärmebildung stattfindet. Wir wissen z. B., daß bei der Gärung des Zuckers durch Hefe eine erhebliche Wärmebildung auftritt (vgl. DUBRUNFAUT.<sup>1)</sup>) Zu demselben Resultat wie ich ist GAYON<sup>2)</sup> gekommen, als er 250 kg Pferdemit in einen kubischen allseitig geschlossenen Kasten packte. Er machte diesen Versuch in Parallele zu dem schon oben (S. 9) mitgeteilten, bei dem der Sauerstoff zutreten konnte. In dem geschlossenen Kasten trat ganz im Anfang eine geringe Temperatursteigerung ein, die schon nach 5 $\frac{1}{2}$  Stunden zum Stillstand kam. Sie ist offenbar auf Rechnung des Sauerstoffes zu setzen, der von Anfang an in der Masse enthalten war. Als er aufgebraucht war, stand auch die Temperatur. GAYON hat auch Gasanalysen gemacht und fand außer Kohlensäure so bedeutende Quantitäten von Methan, daß seinerzeit PASTEUR sogar die Möglichkeit andeutete, dieses zu Beleuchtungszwecken zu verwenden.

Wenn EMMERLING<sup>3)</sup> in der verschlossenen Steingutbüchse Er-

<sup>1)</sup> DUBRUNFAUT, Note sur la chaleur et le travail mécanique produits par la fermentation vineuse. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 42 S. 945 1856.

<sup>2)</sup> GAYON, U., Recherches sur la fermentation du fumier. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 98 S. 528 1884

<sup>3)</sup> a. a. O.

wärmung beobachtete, so liegt dies ebenfalls daran, daß eben noch ein genügendes Quantum Sauerstoff zur Verfügung stand. Dies reicht zur Entwicklung des Haupterregers der Erhitzung zunächst vollständig aus. Denn ich fand (siehe S. 61), daß er noch bei Verminderung des Sauerstoffgehaltes auf ein Viertel ganz üppig wächst. In Wasserstoffatmosphäre hingegen unterbleibt das Wachstum vollständig.

Unmöglich ist es nicht, daß Selbsterhitzung auch unter anaeroben Verhältnissen eintreten kann, da von SCHARDINGER<sup>1)</sup> die Existenz von wärmeliebenden, bis 60° gedeihenden, anaeroben Gärungsbakterien nachgewiesen ist. Ob sie freilich auch Wärme bilden können, ist eine andere Frage.

Übrigens gibt auch COHN<sup>2)</sup> an, daß in einer verschlossenen Flasche bald jede Wärmebildung aufhört, gibt aber nicht an, wie hoch sie steigt. Ein gewisses Quantum von Sauerstoff ist natürlich auch hier anfänglich vorhanden. Ähnliches beobachtete HOLDEFLEISS.<sup>3)</sup>

Fassen wir den Inhalt dieses Kapitels zusammen, so können wir also den Satz aufstellen:

Bei der Selbsterhitzung feuchter Pflanzenstoffe wird Sauerstoff verbraucht und Kohlensäure entwickelt. Für die Erhitzung des Heus ist der Sauerstoff eine notwendige Bedingung. Es verschwinden bei der Gärung in erster Linie Kohlehydrate (Stärke, Zucker).

---

#### Kapitel IV.

### Ist die Ursache der Selbsterhitzung chemischer oder biologischer Natur?

Die Bedingungen, unter welchen Selbsterwärmung eintritt, nämlich Feuchtigkeit (trockene Massen zeigen nie Erhitzung) und zweitens organische Nährstoffe (reine feuchte Baumwolle erhitzt sich z. B. nicht) legen den Gedanken nahe, daß kleinste Lebewesen die Ursache der Erhitzung sind. Physiologische Verbrennung bei denjenigen organischen

---

<sup>1)</sup> SCHARDINGER, FR., Über thermophile Bakterien aus verschiedenen Speisen und Milch usw. Zeitschr. f. Untersuchg. d. Nahrungs- und Genußmittel Bd. 6 S. 865 1903.

<sup>2)</sup> a. a. O. (1889).

<sup>3)</sup> HOLDEFLEISS, F., Neue Versuche über das Lagern des Stalldüngers. Mitteilungen der Landwirtschaftl. Institute d. Kgl. Universität Breslau 1899 2. Heft S. 237.

Prozessen, die man unter dem Begriff Atmung zusammenfaßt, würde dann als die Quelle der Wärme anzusehen sein. In der Tat findet man nach den Zeugnissen von COHN<sup>1)</sup>, MAC FADYAN und BLAXALL<sup>2)</sup>, KONING<sup>3)</sup>, DUPONT<sup>4)</sup>, GAYON<sup>5)</sup> in erwärmtem Heu, Nissel, Mist, Tabak usw. massenhaft Mikroorganismen. Die Baumwollnissel, den Pferdemit fand COHN ganz erfüllt von Bakterien. Auch ich konnte mich oft genug überzeugen, daß auf angefeuchtetem festgepacktem Dürreheu Scharen verschiedener Mikroorganismen sich entwickelten.

Wenn man jedoch das Heu untersucht, welches nach der üblichen Methode der Braunheuwerbung, halb angewelkt in Haufen gesetzt wird, so findet man in den Anfangsstadien der Erhitzung eine solche reiche Flora nicht, sie tritt wenigstens mikroskopisch nicht hervor. Wir haben also von vornherein zweierlei zu unterscheiden, nämlich die Aufhäufung lebender Pflanzenmassen (wie beim Braunheu, ensilage) und diejenige toter aber feuchter, wie beim Mist, Tabak, den Baumwollabfällen, den toten Blättern usw. In dem ersten Falle ist anfangs die Pflanze selbst das Lebewesen, welches noch atmen und demgemäß Wärme bilden kann, im zweiten Falle ist diese Mithilfe ausgeschlossen, so daß nur andere auf ihrem Leichnam vegetierende Lebewesen in Betracht kommen. Diese können und werden natürlich auch in dem ersten Falle mit beteiligt sein.

Doch sind diese Erörterungen erst später am Platze, zunächst ist erst die Kardinalfrage zu entscheiden, ob die Erwärmung auf der Lebenstätigkeit von Organismen beruht, also ein biologischer Vorgang ist, oder ob sie eine rein chemische Erscheinung darstellt.

Die Entscheidung ist, wenigstens für die Selbsterhitzung von Baumwollabfällen bereits im Jahre 1893 durch COHN<sup>6)</sup> herbeigeführt worden. Er sterilisierte die Nissel und brachte sie in einen als Wärmeisulator fungierenden, von ihm als Thermophor bezeichneten Apparat. Die Temperatur stieg nicht; als er aber die Nissel mit Wasser übergießt, in welchem er frische Abfälle ausgedrückt hatte, setzte die Erwärmung sofort ein. COHN schließt mit Recht, daß Mikroorganismen die Ursache der Erhitzung seien, und diese Ansicht ist, ohne daß auffallenderweise eine umfangreiche Nachprüfung seiner kurzen Notiz je unternommen worden wäre, wohl allgemein akzeptiert. Auch BERTHELOT<sup>7)</sup> und

---

1) a. a. O.

2) a. a. O.

3) KONING, C. J., Der Tabak. Studien über seine Kultur und Biologie. Amsterdam und Leipzig 1900.

4) DUPONT, C., Sur les fermentations aérobies du fumier de ferme. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 134 S. 1449 1902.

5) a. a. O.

6) Siehe dort.

7) a. a. O. (1893).

SCHLÖSING (FILS)<sup>1)</sup> sprechen, wenngleich sie sich nicht sehr bestimmt ausdrücken, von der Rolle, die Mikroorganismen bei der Erwärmung von Heu und Mist spielen, halten sie aber anscheinend für ziemlich bescheiden, wohl unter dem Eindruck der verhältnismäßig hohen Temperaturen 70—80 und der gelegentlichen Selbstentzündung. Den COHN-schen Versuch haben sie nicht gekannt, die bei hohen Temperaturen wachsenden thermophilen Bakterien nicht in Betracht gezogen.

Strikt ablehnend gegen den bakteriellen Ursprung der Selbsterwärmung des Heus verhalten sich BOEKHOUT und DE VRIES<sup>2)</sup>, indem sie auf folgende Beobachtungen hinweisen. Sie verglichen solches Heu, welches sie künstlich in einem Apparat 20 Tage auf 95—100° gehalten hatten, nach dem Aussehen (auch dem mikroskopischen), dem Geruch und der chemischen Zusammensetzung mit fermentiertem und fanden vollkommene Übereinstimmung.

Aus 100 Teilen normalen Heus mit<sup>3)</sup>

9,8	„	Asche
7,5	„	Eiweiß
22,6	„	Pentosane
26,6	„	Rohfaser
3,0	„	Rohfett
30,5	„	stickstofffreien Extraktstoffen

entstanden auf diese Weise nach 20 tägiger künstlicher Erhitzung auf 95—100°

75,6	Teile behandeltes Heu, die
9,8	„ Asche
6,3	„ Eiweiß
6,7	„ Pentosane
42,9	„ Rohfaser
3,1	„ Rohfett
8,2	„ stickstofffreie Extraktstoffe

enthielten.

Aus diesem ähnlichen Verhalten ziehen nun die Autoren den etwas gewagten Schluß, daß die Selbsterhitzung ein rein chemischer Prozeß sein müsse und die Ansicht, sie sei ein physiologischer durch Bakterien bewirkter Vorgang, falsch sei.

In Wirklichkeit läßt sich aber aus ihren Versuchen nur die immerhin interessante Tatsache entnehmen, daß künstlich erzeugte hohe Temperatur an sich ähnliche chemische Veränderungen bewirkt, wie die spontane Erwärmung. Pentosane, Kohlehydrate verschwinden stark,

<sup>1)</sup> a. a. O. (1889).

<sup>2)</sup> a. a. O.

<sup>3)</sup> Die Werte sind auf gleichen Aschengehalt als Maßstab für die Menge des Ausgangsmaterials umgerechnet.

Eiweiß weniger, die in Lösungsmitteln unlöslichen als Faser bezeichneten Stoffe nehmen erheblich zu.<sup>1)</sup> Der Versuch gewinnt an der Seite der oben erwähnten SCHLÖSING's eine gewisse Bedeutung insofern, als auch er zeigt, daß bei Temperaturen über 75° noch starke Veränderungen in der Heumasse vor sich gehen können. Bei der Selbsterhitzung kommt er jedoch nicht in Betracht. Übrigens geben die Autoren dies schließlich selbst zu, indem sie betonen, daß eine Entscheidung nur durch Sterilisierungsversuche herbeizuführen sei, die sie jedoch für praktisch schwer ausführbar halten.

Ich habe nun gerade hierauf mein Bestreben gerichtet. Ich konstruierte mir einen Apparat, der es mir ermöglichte, ein mäßiges Quantum Heu zu sterilisieren, steril zu halten und auch zu impfen, so daß ich die Erhitzung nach bakteriologischen Grundsätzen studieren konnte.

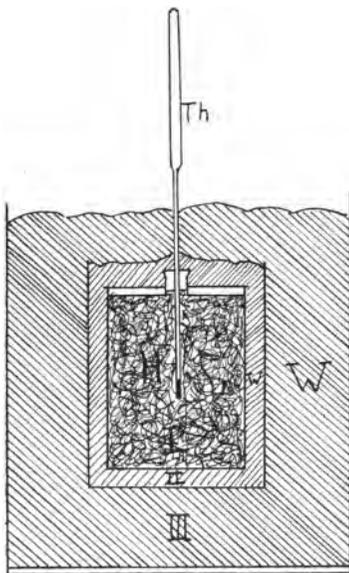


Fig. 2.

Apparat zur Untersuchung der Selbsterhitzung. H Heu, W Watte, I, II, III Drahtzylinder, Th Thermometer.

Der Apparat (siehe Fig. 2) besteht aus einem System von drei aus Drahtgaze angefertigten Zylindern. Der kleinste (I) ist etwa 35 cm hoch und 22 cm breit und ist oben durch einen hölzernen, gut passenden Deckel verschließbar, der eine mit einer Blechhülse versehene Öffnung besitzt. Er dient zur Aufnahme des Heus (H), welches fest hineingepackt wird. Die Öffnung kann durch einen Korkstopfen verschlossen werden, durch den das Thermometer (Th) in die Masse hineinragt. Der zweite in allen Maßen etwa 10 cm größere Zylinder (II) nimmt den ersten auf. Der Zwischenraum ist mit einer lückenlosen Schicht Watte (W) ausgefüllt, die auch oben um das Thermometer fest zusammenschließt. Dieser Doppelzylinder paßte genau in den mir zur Verfügung stehenden Sterilisator, konnte also bequem in strömendem

Dampf keimfrei gemacht werden, wobei mir das aus dem Deckel des Sterilisators ragende Thermometer anzeigte, wann 100° im Innern erreicht waren. Das dauert sehr viel länger, als man annehmen sollte, da sich derartige poröse Stoffe, wie Watte und Heu, sehr schwer erwärmen. Kam es mir nur darauf an, überhaupt Temperatur-

<sup>1)</sup> Und zwar viel erheblicher, als bei normaler Erhitzung.

steigerung zu konstatieren, so konnte der Zylinder direkt nach dem Sterilisieren in dem Sterilisator bleiben, da das Quantum Heu auch ohne Wärmeisolierung bemerkbare, natürlich nicht sehr weitgehende Erwärmung zeigt. In allen anderen Fällen wurde jedoch das Doppelzylindersystem nachher in den Zylinder III hineingepackt, in welchem sich sorgfältig geschichtete Watte befand.

Die Selbsterhitzung ließ sich in diesem Apparat sehr gut beobachten. Ich erreichte sogar gelegentlich Temperaturen, die dem Wärme-maximum in dem großen Heuversuch nicht nachstanden, nämlich 68,5 ° C. Es ist jedoch zu beachten, daß wegen der relativ sehr geringen Menge diese sehr fest gepackt und auch feuchter sein muß als in der Praxis das Heu ist. Denn durch die Verdunstung würde bald die Trockenheit den normalen Fortgang der Erhitzung hindern, was unter den natürlichen Bedingungen, wo es sich um viel bedeutendere Mengen handelt, nicht so rasch eintritt. Ferner eignet sich zu Versuchen in meinem Apparat recht feines kurzes Gras, wie es z. B. von Rasenplätzen gewonnen wird, besser als das gröbere Wiesenheu, weil sich letzteres nicht so fest zusammenpacken läßt.

Ich gebe hier einen Versuch, welcher den Vorgang normaler Selbsterhitzung veranschaulicht, und zwar an frisch gemähtem Gras.

### Versuch 3.

Am 20. Juli 1905 wurde frisch gemähtes Gras fest in den Zylinder II hineingepackt.

Zeit		Temperatur in ° C	
		innen	außen
20. Juli	1 <sup>30</sup> Uhr	18	19
	4 "	21,5	18,4
	5 "	22,75	18,4
	8 <sup>20</sup> "	27,5	19
21. Juli	5 <sup>55</sup> " morgens	45	18,4
	9 "	49,1	18,4
	1 "	52	18,4
	4 <sup>15</sup> "	60,75	19
	5 <sup>20</sup> "	63,2	19
22. Juli	10 " vormittags	68,5	18,8
	1 <sup>15</sup> "	68	18,6
	6 "	67,5	18,8

Das Tempo der Temperatursteigerung war deutlich an zwei Stellen beschleunigt; nämlich einmal zwischen 30 und 40° und dann später zwischen 50 und 60°. Besonders hier war die Zunahme bedeutend, indem die Temperatur in 3<sup>1</sup>/<sub>4</sub> Stunden um 8<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Grade stieg. Das Gras hatte eine mistähnliche Beschaffenheit angenommen.

Ähnliche Resultate erzielte ich mit totem Heu, welches vorher mäßig durchfeuchtet war, mit abgefallenem dürrer Laub usw.

Ich führe auch diese Versuche hier noch an.

#### Versuch 4.

Der große Zylinder II wurde mit ziemlich feuchtem Heu vollgepackt. Beginn 8. Juli 1904, 12 Uhr.

Zeit	Temperatur in ° C
8 Juli 12 Uhr mittags	23
3 "	29
3 <sup>45</sup> "	31,5
4 <sup>45</sup> "	34
5 "	35
5 <sup>15</sup> "	35,5
7 "	40,5
8 <sup>10</sup> "	45
9. Juli 5 <sup>15</sup> " früh	54
8 "	57
9 "	58,25
10 <sup>15</sup> "	60
12 <sup>15</sup> "	61
3 <sup>55</sup> "	62,5
4 <sup>30</sup> "	62,75
8 "	62,5
10. Juli 6 " früh	53
9 "	53
11 "	50
3 <sup>45</sup> "	44
11. Juli 6 " früh	29

Versuch 5.

Der Zylinder II wurde mit abgefallenem mäßig feuchtem Laub, das aber innerlich noch ziemlich saftig war, vollgestopft. Beginn 21. Oktober 4 Uhr nachmittags. Außentemperatur 16°.

Zeit	Temperatur in ° C
21. Oktober 4 Uhr nachm.	16
8 " "	17
22. Oktober 7 " vorm.	23
10 <sup>45</sup> " "	26
1 <sup>15</sup> " "	28,1
4 " "	30
8 <sup>10</sup> " "	33
23. Oktober 7 <sup>15</sup> " vorm.	38
10 <sup>45</sup> " "	41
2 <sup>10</sup> " "	42
8 " "	45
24. Oktober 8 <sup>30</sup> " vorm.	53
12 " "	54,5
5 " "	55,75
8 " "	56
25. Oktober 7 " vorm.	55
26. Oktober 7 <sup>50</sup> " vorm.	50

War die Außentemperatur eine niedrige, so dauerte es bedeutend länger, bis überhaupt die Temperatur zu steigen anfang. So wurde am 29. Januar in einem ungeheizten Raume von 8,5° C ein Versuch angesetzt, bei dem es zwei volle Tage dauerte, bis die Temperatur anfang, sehr langsam zu steigen. Da, wie wir sehen werden, die Steigerung auf Atmungstätigkeit beruht, ist dies Resultat durchaus verständlich. Werden doch z. B. nach BONNIER<sup>1)</sup> von 1 kg Weizenkeimlingen pro Minute bei 15,8° 35 cal., bei 5,7° nur 3 cal. entwickelt.

Ich ging dann dazu über, die Erwärmungsfähigkeit sterilisierten Heus zu untersuchen. Sämtliche in dieser Richtung angestellter Experimente ergaben ein übereinstimmendes Resultat. Das sterilisierte Heu hatte die Fähigkeit, sich zu erhitzen, eingebüßt. Anfangs sterilisierte ich ziemlich lange, nämlich an zwei aufeinander folgenden Tagen je

<sup>1)</sup> BONNIER, G., Recherches sur la chaleur végétale. Annales des sciences naturelles VII. Série Bd. 18 p. 21 1893.

eine Stunde, indem ich glaubte, mit sehr widerstandsfähigen Sporen rechnen zu müssen. Es stellte sich jedoch heraus, daß sogar schon 10 Minuten dauerndes Sterilisieren das Heu erwärmungsunfähig macht. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die äußeren Partien erheblich länger dieser Temperatur ausgesetzt waren. Neuerdings fand ich, daß sogar die Erhitzung nicht einmal bis 100° zu gehen braucht. Ich ließ den Sterilisator brennen, bis im Innern 30° erreicht waren, was etwa 2 Stunden dauerte, und drehte dann die Flamme aus. Die Temperatur stieg dann in weiteren 2 Stunden bis auf 65°, hielt sich hier ziemlich lange und sank dann. Es waren auf diese Weise die äußeren Partien viel kürzere Zeit der Temperatur von 100° ausgesetzt gewesen, und im Innern war sogar weniger als 100° erreicht. Trotzdem erwärmte sich die Masse nicht. Ich führe einige Versuche an.

### Versuch 6.

Der Zylinder I wurde mit Heu gefüllt, mit Watte umhüllt und in den Zylinder II geschoben. Das Thermometer wurde hineingeführt, der Deckel aufgesetzt und die überstehende Watte oben fest zusammengebunden. Das ganze wurde am 23. und 24. November 1904 je eine Stunde in strömendem Dampf sterilisiert. Am 25. November 9<sup>30</sup> Uhr wurde es in die Wattlepackung gebracht. Außentemperatur 20° C.

Zeit		Temperatur in ° C
25. November	9 <sup>30</sup> Uhr	26
	11 <sup>30</sup> "	25,5
	8 "	21
26. "	5 <sup>30</sup> "	19,5
	12 "	19

### Versuch 7.

Ebenso wie in Versuch 3, aber nur einmal 1 Stunde sterilisiert. Außentemperatur 11°. Beginn 18. November 1 Uhr.

Zeit	Temperatur in ° C
18. November 1 Uhr	15
5 "	13
19. " 11 "	11
20. " 12 "	11
21. " 12 "	10,5

Der Nachweis, daß Mikroorganismenwirkung vorliegt, war durch die obigen Versuche noch nicht erbracht. Dazu war es noch nötig zu zeigen, daß sterilisiertes Heu nach Impfung sich erhitzt.

### Versuch 8.

Am 26. Oktober 1904 wurde Heu 1 Stunde lang sterilisiert und am 27. Oktober in die Packung gebracht. Temperatursteigerung trat bis zum 28. Oktober nicht ein. Das Heu wurde nun ausgepackt und mit Wasser übersprengt, in welchem Heu und Erde aufgeschwemmt war. Nachdem es dann bis zu dem gewünschten Feuchtigkeitsgrade getrocknet war, wurde es von neuem gepackt. Beginn 30. Oktober 2 Uhr. Außentemperatur 15 ° C.

Zeit	Temperatur in ° C
30. Oktober 2 Uhr	14,5
9 "	22
31. " 7 "	48
10 <sup>30</sup> "	52,5
7 <sup>50</sup> "	56
1. November 8 " früh	56,5
9 "	56,5
1 "	57
4 <sup>75</sup> "	58
7 "	59
9 "	59
2. " 6 <sup>45</sup> "	58

Dieser Versuch zeigt also, daß sofort nach der Impfung normale Selbsterhitzung eintrat und er beweist, daß in der Tat die Selbst-

erhitzung des Heus ein physiologischer und kein chemischer Vorgang ist.

Hiermit im Einklang steht das Resultat eines Versuches, den ich hier noch anführen möchte.

Es interessierte mich nämlich, festzustellen, weshalb die Temperatur, nachdem sie gesunken ist, nicht von neuem steigen kann, und ob sich schon einmal erhitztes Heu von neuem zum Erhitzen bringen läßt.

### Versuch 9.

Mäßig feuchtes Heu wurde am 30. Oktober 1904, 2 Uhr mittags in den Zylinder II gepackt. Nachdem am 1. November abends das Maximum von 59° erreicht war und am 2. November früh die Temperatur zu sinken anfang, wurde der Versuch unterbrochen. Das Heu wurde ausgebreitet, so daß es ausdünsten konnte. Es wurde dann am 3. Nov., 4 Uhr nachmittags abermals gepackt. Die Temperatur stieg jedoch bis zum 4. November mittags nur um 2°, also fast gar nicht. Jetzt wurde das Heu gut ausgewaschen, ausgedrückt und oberflächlich getrocknet. Als es dann am 5. November, 1 Uhr 30 Min. wieder gepackt wurde, begann die Temperatur sofort zu steigen und erreichte am 6. November abends ihr Maximum von 57° C.

Wir haben diesen Versuch dahin zu interpretieren, daß die Anhäufung von Stoffwechselprodukten die Mikroorganismen an der Entwicklung hindert und daß diese schädlichen Stoffe nicht gasförmig sind. Werden die Stoffe ausgewaschen, so kann das Heu wieder von ihnen besiedelt werden.

Es erhob sich nunmehr die Frage, welche Lebewesen sind es, die die Erwärmung zustande bringen? Hier haben wir zunächst daran zu erinnern, was oben gesagt wurde. In dem Falle, daß es sich um lebende Pflanzenteile handelt, kann man mit großer Wahrscheinlichkeit einen Teil der Erwärmung, nämlich die anfängliche, auf Rechnung ihrer Atmungstätigkeit setzen. Strikt beweisen läßt sich das allerdings nur schwer, da es praktisch kaum durchführbar ist, eine genügend große Menge keimfreier lebendiger Pflanzenteile zu bekommen. Die pflanzenphysiologischen Daten über Wärmebildung von Pflanzen machen es aber ziemlich gewiß, daß den lebenden Pflanzen zunächst gewiß der Hauptanteil an der Erwärmung zufällt (siehe Kapitel XII). Doch können sie sich schließlich nur bis zu ihrer eigenen Tötungstemperatur erhitzen, die bei Gras zwischen 40—45° liegt, wie mir Versuche mit verschiedenen Gräsern (*Lolium*, *Bromus* usw.) zeigten. (Roggen stirbt nach HILBRIG<sup>1)</sup> bei 45° nach 1<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Stunden ab.)

<sup>1)</sup> HILBRIG, H., Über den Einfluß supramaximaler Temperaturen auf das Wachstum der Pflanzen. Leipziger Dissertation S. 13 1900.

Die weitere Steigerung der Temperatur ist also auf alle Fälle die Wirkung anderer Lebewesen. Natürlich werden Mikroben neben den Heupflanzen an der Erhitzung mitwirken. Denn trotzdem z. B. in frischem sich erhitzendem Grase bei 37° mikroskopisch nur wenige der später zu erwähnenden Colibakterien sichtbar werden, zeigte die Plattenmethode doch verhältnismäßig große Mengen der Bakterien, die also auch auf dem lebenden Grase unter den günstigen Bedingungen der Feuchtigkeit und der aus den verletzten Pflanzen austretenden Stoffe sich entwickelten.

In dem Falle, wo es sich um totes Material handelt, sind sie es ausschließlich, die erhitzen. Wir haben von vornherein anzunehmen, daß es mehrere Arten sein müssen, da es von keinem Lebewesen bekannt ist, daß es innerhalb so weiter Grenzen wie 10° und 70° gedeihen kann. Der Prozeß muß also in Staffeln verlaufen.

Alle Angaben über die eventuelle Rolle von Mikroorganismen bei der Selbsterhitzung sind nicht ausreichend begründet. Weder von dem Mikrokokkus, den COHN<sup>1)</sup> in dem ausgedrückten Wasser von Baumwollnisseln fand, noch von dem Heubazillus<sup>2)</sup>, den er im Mist massenhaft antraf, ist es bewiesen, daß sie wirklich als Wärmeentwickler tätig sind. Dasselbe gilt für den Bazillus lupuliperda, den BEHRENS<sup>3)</sup> in erhitztem Hopfen fand, für die Bakterien, die KONING<sup>4)</sup>, VERNHOUT<sup>5)</sup> u. a. aus dem fermentierten Tabak züchteten, sowie für die Mikroorganismen, die EMMERLING<sup>6)</sup> in dem gärenden Grase sah und für diejenigen, welche GAYON<sup>7)</sup> beobachtete, aber nicht isolierte. In keinem Falle ist die thermogene Befähigung eines dieser Lebewesen gezeigt worden.

Dieser Beweis ist nur auf dem Wege zu erbringen, den ich schon andeutete. Es müssen die Mikroorganismen, die sich in Pflanzenmassen auffinden lassen, einzeln in Reinkulturen in sterilisiertes Heu geimpft werden. Wenn sie imstande sind, die Masse zu erwärmen, so ist der Beweis erbracht.

Für diesen Zweck ist es natürlich zunächst nötig, die Mikroorganismenflora des Heus überhaupt kennen zu lernen. Es unterliegt nun keinem Zweifel, daß wir hier eine große Menge verschiedener Formen antreffen werden, so daß wir bei systematischer Durchsuchung eine erhebliche Zahl zusammenbringen könnten. Es kommt jedoch keineswegs darauf an, alle Keime zu bestimmen, die überhaupt in dem

---

<sup>1)</sup> a. a. O. (1893).

<sup>2)</sup> a. a. O. (1891).

<sup>3)</sup> a. a. O. (1894).

<sup>4)</sup> a. a. O.

<sup>5)</sup> VERNHOUT, H., Onderzoek over Bakterien bij de fermentation der Tabak. Mededul. uit S'Lands Plantentuin No. 34 1899.

<sup>6)</sup> a. a. O.

<sup>7)</sup> a. a. O.

Heu existieren, sondern nur die, die augenscheinlich hier ihren bevorzugten Standort haben. Nur die, welche auf dem Heu in üppigster Vegetation vorkommen, sind in Betracht zu ziehen, die selten auftauchenden anderen können sehr wohl zufällig mit Wasser, Staub, Erde usw. in die Heumasse geraten sein, vermögen hier vielleicht sich schwach zu vermehren oder nur in Dauerzustand zu erhalten, haben aber ihren eigentlichen Standort an ganz anderen Lokalitäten. Weiter ist es selbstverständlich, zur Isolierung einen Nährboden zu verwenden, der den in dem Heu gegebenen Ernährungsbedingungen am nächsten kommt.

Geht man von diesem Grundsatz aus, so reduziert sich die Zahl der Mikroorganismen sehr und es bleiben zu engerer Prüfung nur wenige übrig.

Ich habe außer den Formen, die möglicherweise für die Selbsterhitzung in Betracht kommen, auch andere, die normal nicht beteiligt sein können, genauer studiert, weil sie sehr auffallende Bewohner des Heus sind und weil sie aus diesem oder jenem Grunde ein besonderes Interesse beanspruchen dürfen. Zum Teil waren sie auch sehr selten aufgefunden, zum Teil mangelhaft oder gar nicht bekannt. Aus diesen Gründen sei die ausführliche morphologische und physiologische Beschreibung der Formen in Kap. VII gerechtfertigt.

Ich muß jedoch erst einiges Allgemeine über die Methoden vorausschicken.

---

## Kapitel V.

### Die Zusammensetzung der Nährsubstrate zur Züchtung der Heuorganismen.

Als Nährboden für alle aus dem Heu herausgezüchteten Mikroorganismen habe ich einen wäßrigen Auszug von Heu, ein sogenanntes Heudekokt, verwandt, das für alle ein vorzüglicher Nährboden war, ja für einige der allein zusagende. Ich stellte dieses Dekokt in der Weise her, daß ich einen Ballen Heu in ein Becherglas preßte, ganz mit Wasser bedeckte und das Ganze auf dem Gasbrenner oder im Sterilisator etwa eine viertel bis eine halbe Stunde lang kochen ließ. Es wurde dann der tiefbraun gefärbte Absud abgossen, mit etwa der Hälfte seines Gewichtes gewöhnlicher Knochenkohle versetzt, gut geschüttelt und dann filtriert. Man erhält so, falls genug Kohle hinzugesetzt ist, eine wasserklare oder leicht gelblich gefärbte Flüssigkeit von saurer

Reaktion. Das Extrakt kann beliebig konzentriert sein, wenn es entfärbt wird. Nicht entfärbtes konzentriertes erwies sich einerseits wegen seiner Undurchsichtigkeit, andererseits auch wegen seines geringeren Nährwertes als minderwertig. Das entfärbte Dekokt verändert auch seine Farbe beim Sterilisieren nicht mehr.

Als festes Nährmedium verwandte ich den Agar und zwar mit Rücksicht auf die hohe Wachstumstemperatur der meisten Formen in einer Konzentration von 3%. 30 g Strähnenagar wurden mit 1 l Dekokt im Autoklaven bei 2 Atmosphären Druck gekocht, filtriert und auf Röhrchen aufgefüllt. Dieser Nähragar, den ich kurz als Heuagar bezeichnen werde, blieb selbst bei 75° noch durchaus fest und schied vor allem nur wenig Wasser aus.

Die Nährsubstrate mußten vor dem Gebrauch stark sterilisiert werden, da das Heu viele Formen mit äußerst widerstandsfähigen Sporen beherbergt. Besonders hartnäckig ist der Kartoffelbacillus (*Bacillus mesentericus vulgatus*), aber auch die thermophilen Bazillen sind sehr resistent gegen Erhitzen. Es wurde im allgemeinen einmal im Autoklaven bei 2 Atmosphären Druck  $\frac{1}{2}$  Stunde sterilisiert. Nachher wurden die Nährsubstrate eine Zeitlang bei höherer Temperatur im Thermostaten bei 50° sowie bei Zimmertemperatur beobachtet. Diejenigen, auf denen sich Bakterienkolonien entwickelten, wurden ausgeschaltet. Fraktioniertes Sterilisieren ist den thermophilen Bakterien gegenüber wirkungslos, falls die Flüssigkeiten nicht zwischen den einzelnen Sterilisationen bei höherer Temperatur (50°) gehalten werden, wie ohne weiteres einleuchtet.

Die Proben, deren Keime untersucht werden sollten, wurden auf die oben angegebene Weise aus dem Inneren der Heumasse herausgenommen, wobei die Art der Verpackung in Doppelsäckchen eine sekundäre Infektion ausschloß (s. S. 6).

Sowohl der große Heuhaufen als auch zwei der kleineren Versuche wurden in dieser Weise systematisch studiert. Die Proben wurden dann in sterilem Wasser von der gleichen Temperatur aufgeschwemmt, und von dieser Aufschwemmung wurden gewöhnlich mit 3 Ösen Ausgangsmaterial die üblichen drei Verdünnungen in verflüssigtem Agar hergestellt, die dann in Petrischälchen ausgegossen und zum Erstarren gebracht wurden. Gelegentlich, besonders bei den Anfangsproben der erwärmten Heumasse, wurde eine kleine Menge der Aufschwemmung auf die erstarrte Fläche des Agars in den Doppelschälchen direkt ausgebreitet und der Rest abgegossen. Es wurde so die (allerdings nur 40° betragende) Temperatur des flüssigen Agars vermieden.

Gelegentlich habe ich auch gewöhnliches Heu mit Wasser übergossen und es bei verschiedenen Temperaturen sich selbst überlassen. Die so gewonnene keimhaltige Flüssigkeit wurde dann in ähnlicher Weise mikrofloristisch durchsucht wie oben. Auch direkte mikroskopische Be-

obachtung der Aufschwemmungen, Rohkulturen und auch der direkt von den Heuteilen abgeschabten Mikroorganismenkolonien wurde fortlaufend angewandt.

Auf diese Weise sind die Bakterien sowie der Aktinomyces isoliert worden. Die Pilze bekam ich meist viel einfacher durch direktes Abimpfen, nachdem ich sie zunächst auf Heuteilchen zu üppiger Entwicklung gebracht hatte. Erwiesen sie sich nicht als rein, so wurden sie nachträglich durch die Plattenmethode gereinigt.

Ich habe die Pilze auch auf künstlich zusammengesetzter Nährflüssigkeit gezogen, die folgende Zusammensetzung hatte:

- 0.1 % Dikaliumphosphat
- 0.02 % Magnesiumsulfat
- 0.01 % Chlorcalcium
- 1 % Traubenzucker
- 0.5 % Asparagin.

Sie gediehen hier meist üppiger als auf dem Heudekokt, zeigten aber zum Teil abnormes Verhalten.

Die Kartoffel erwies sich für die Pilze und für den Aktinomyces als ausgezeichnete Nährboden.

Die Reaktion des Heudekoktes brauchte nicht geändert zu werden.

Der in der medizinischen Bakteriologie übliche Fleischwasserpeptonnährboden, der gelegentlich zu Vergleichen herangezogen wurde, war folgendermaßen zusammengesetzt:

1 Pfd. fettfreies geschabtes Rindfleisch wurde mit 1 l Wasser übergossen und  $\frac{1}{2}$  Stunde gekocht. Die Flüssigkeit wurde dann koliert, filtriert und mit 0.5 % Kochsalz und 1 % Pepton versetzt. Teils wurde die ursprüngliche saure Reaktion belassen, teils wurde schwache alkalische Reaktion hergestellt.

---

## Kapitel VI.

### Impfversuche mit Reinkulturen.

Bevor ich die Mikrobenflora des warmen Heus im einzelnen beschreiben werde, möchte ich zunächst, wegen des besseren Anschlusses an das Vorhergehende, die Resultate der Impfversuche mitteilen.

Meine Versuche hatten das Ziel, womöglich durch Impfung mit Reinkulturen den Prozeß der Selbsterhitzung in vollem Umfange nachzuahmen. Für die normalen Verhältnisse ist die Enderwärmung der bei

weitem wichtigste Vorgang, da ich der Überzeugung bin, daß die anfängliche Temperatursteigerung die Folge der Lebenstätigkeit des Heus selbst ist, welches ja noch ziemlich lange lebendig bleibt. Versuche mit frischem Gras zeigten mir denn auch, daß z. B. bei 37° die Gräser noch durchaus normales, frisches Aussehen haben, und daß bei direkter mikroskopischer Prüfung nur sehr wenig Lebewesen (einige Oidium- und Hefezellen, einige Bacillus coli) auf den Blättern und Stengeln auftreten. Da jedoch die Gräser zwischen 40 und 45° bald absterben, ist durch ihre Atmung natürlich höchstens 45° erreichbar. Jede weitere Steigerung der Temperatur muß notwendigerweise eine andere Ursache haben.

Ich ging zunächst darauf aus, diese andere Ursache zu ermitteln und stellte zu dem Zwecke folgende orientierende Versuche an:

### Versuch 10.

Am 3. August 1905 wurde ein Sack mit festgepacktem, angefeuchtetem Dürrhoen eine Stunde lang bei 100° im Sterilisator sterilisiert. Er blieb bis zum 4. August darin, wobei sich das Heu auf die Temperatur der Umgebung abkühlte. Eine Steigerung trat nicht ein. Der Sack wurde nun von neuem auf 60° erwärmt, bis 40° abgekühlt und dann, nachdem ein Maximumthermometer hineingeschoben war, in einen Thermostaten gebracht, dessen Temperatur auf 40° normiert war. Zeit 4. August 12<sup>30</sup> Uhr. In das Innere des Thermostaten wurde außerdem ein zweites Maximumthermometer gestellt, welches die maximale Schwankung des eventuell nicht genau normierten Thermostaten in den Beobachtungspausen angeben sollte. An dem Thermometer des Thermostaten Th<sub>1</sub> und dem freien Maximumthermometer Th<sub>2</sub> wurden während der Versuchsdauer folgende Werte abgelesen:

Zeit	Th <sub>1</sub>	Th <sub>2</sub>
4. August 3 Uhr	39,5°	41°
5 „	38,8°	40°
5. „ 11 „	39,2°	40°
6. „ 10 „	41°	41°

Die Temperatur war also zu keiner Zeit höher als 41° gewesen.

Am 6. August um 10 Uhr wurde nun der Sack herausgenommen. Auf der Sackleinwand zeigten sich Mycelien von *Mucor pusillus*, das Heu selbst war schimmelfrei. Das innere Maximumthermometer zeigte 50°.

Es war also der Beweis erbracht, daß von 40° an wachsende Mikroben, die die gewöhnliche Sterilisation überstanden hatten, imstande

gewesen waren, die immerhin kleine Heumasse ohne Wärmeisolation um 9° zu erwärmen. Das Heu hatte neben einem Geruch nach Ammoniak einen solchen nach süßem gedörrten Obst.

### Versuch 11.

Auf ganz analoge Weise wurde ein Sack Heu in den Thermostaten gebracht, der diesmal auf 50° eingestellt war.

Das freie Maximumthermometer ergab während der dreitägigen Versuchsdauer eine maximale Schwankung von 51°. Am 10. August 11<sup>30</sup> Uhr wurde der Versuch unterbrochen. Das Heu roch deutlich nach süßlichem Zigaretten tabak und gedörrtem Obst. Das Maximumthermometer im Innern zeigte 56,5°. In diesem Falle war also die Temperatur um 5,5° über die der Umgebung gestiegen, dank der Tätigkeit von Mikroben, die über 50° zu wachsen vermögen.

Nachdem diese Versuche die Möglichkeit dargetan hatten, daß thermophile Mikroben Erhitzung bewirken können, machte ich schließlich einen Versuch mit einer Reinkultur des *Bacillus calfactor* (siehe S. 49).

### Versuch 12.

Am 26. März 1906 wurden 5 Pfd. feuchtes Dür rheu sehr fest in einen leinenen Sack gepreßt und in einem Autoklaven  $\frac{1}{4}$  Stunde der Wirkung von gespanntem Dampf (2 Atmosphären) ausgesetzt. Ich ließ ihn dann im Autoklaven bis zum 27. August erkalten, nahm ihn mit sorgfältigst gereinigten Händen heraus, schob ein mit Sublimat desinfiziertes Maximumthermometer hinein und umhüllte ihn mit einer dicken Schicht sterilisierter Watte. Der ganze Packer wurde nun in einen Thermostaten geschoben, der auf 40° reguliert war und in dem ein zweites Maximumthermometer aufgestellt war. Beginn des Versuchs 27. August 1 Uhr. Am 28. August 9 Uhr zeigte das Thermometer des Thermostaten 40°, das freie Maximumthermometer 43, dasjenige im Innern des Heus 40°. Der Sack wurde nun vorsichtigst herausgewickelt, geöffnet und mit 200 ccm einer zweitägigen bei 37° gezüchteten Kultur vom *Bacillus calfactor* in Heudekott übergossen. Dann wurde er wiederum in den Thermostaten verpackt. Ablesungen am 29. August 10 Uhr: Thermometer des Thermostaten 40°, das freie Maximumthermometer 43,5°, das Maximumthermometer im Heu 49,5°. Wenn wir von geringen Spuren des *Mucor pusillus* absehen, die hier und da auf der Sackleinwand aufgetreten waren, war der Versuch vollständig rein geblieben. Das Heu zeigt keine Verschimmelung und diese ist ja hauptsächlich zu befürchten.

Es war also eine Temperatursteigerung eingetreten, die ungünstigsten Falles 6° betrug, wahrscheinlich aber noch um einige Grade höher anzusetzen ist. Denn das freie Maximumthermometer im Innern des gut funktionierenden Thermostaten war sehr wahrscheinlich nicht durch gelegentliche Schwankungen des letzteren auf 43° getrieben, sondern wegen der innigen (durch den Raummangel gegebenen) Berührung mit dem Packen durch diesen erwärmt worden.

Sei dem wie ihm sei, so war doch mit genügender Sicherheit folgendes aus diesem Versuche zu sehen.

Zunächst einmal zeigte er, daß die Enderhitzung nicht rein chemischer Natur sein kann. Diese bisher nicht erörterte Möglichkeit war durchaus denkbar. Es wäre wohl möglich, daß die erste Stufe der Erwärmung bis ca. 40° physiologischen, die weitere rein chemischen Ursprungs wäre, wenngleich das stets beobachtete Maximum von 70° immerhin noch ein schwierig zu erklärendes Problem wäre. Der Versuch zeigte also, daß die Möglichkeit nicht vorliegt, da ja die sterile Masse auch bei Vorwärmung auf 40° sich nicht weiter erwärmte.

Es folgte also zweitens, daß der rein hineingeimpfte *Bacillus calfactor* die Temperatursteigerung bewirkt hatte.

Sie könnte zunächst gering erscheinen. Doch ist kaum zu erwarten, daß sie in der so geringen Heumenge von 5 Pfd. und bei der immerhin mangelhaften Wärmeisolierung wesentlich beträchtlicher ausfallen würde. Größere Quantitäten zu nehmen, verboten mir die geringen Dimensionen meines Autoklaven.

In den 1000 mal größeren Heuhaufen, so können wir mit voller Sicherheit annehmen, ist mithin die Steigerung der Temperatur etwa von 40° an, das Werk des *Bacillus calfactor*. Hier ist die Möglichkeit ohne weiteres gegeben, daß er die große gegen Wärmeverlust vorzüglich geschützte Heumasse leicht bis zu seinem eigenen Temperaturmaximum von 70° erhitzen kann. Ultra posse kann man natürlich auch von ihm nicht verlangen; wir sehen also, daß auf diesem Punkte die Steigerung aufhört.

War dieses Resultat ziemlich leicht festzustellen, so hatte ich mit dem Nachweis der Anfangserwärmer, die in toten Pflanzenmassen die Temperatur bis auf die Höhe bringen, wo sie durch den *Bacillus calfactor* abgelöst werden, größere Schwierigkeiten.

Ich habe hier trotz vieler Versuche sehr widersprechende Resultate erhalten. Ich fand jedoch schließlich, daß die Mißerfolge dadurch hervorgerufen wurden, daß ich zufällig sehr grobstengliges sparriges Wiesenheu benutzt hatte, welches sich nicht genügend fest packen ließ.

Als ich dann kurzes feines Rasenheu verwandte, gelangen die Versuche auch hier.

In Betracht kamen zwei in den Anfangsstadien der Erhitzung mit absoluter Majorität auftretende Mikroorganismen, nämlich der stets ge-

fundene *Bacillus coli* (siehe S. 42) und das nur gelegentlich auftretende *Oidium lactis* (siehe S. 45).

### Versuch 13.

Ein bei 100° sterilisiertes Quantum Heu, welches zwei Tage beobachtet, sich nicht erwärmte, wurde am 29. Mai 1906 12 Uhr mit ca. 300 ccm Reinkultur des *Bacillus coli* in Heudekokt übergossen. Der Drahtzylinder war in diesem Versuch nicht mit Watte umhüllt, da mich viele Mißerfolge gelehrt hatten, daß bei Impfungen mit größeren Mengen von Flüssigkeit die unvermeidlich starke Durchfeuchtung der Watteschicht die beste Gelegenheit zu starker Schimmelpilzinfektion bietet, die nur selten vermieden wird. Der Zylinder wurde einige Zeit im Sterilisator gelassen, um die Impfflüssigkeit ablaufen zu lassen. Dabei wurde auch die Temperatur beobachtet. Es zeigte sich, daß während der folgenden acht Stunden die Temperatur um 3° stieg. Ich nahm dann den Zylinder heraus und ließ ihn, da er noch von Feuchtigkeit triefte, einige Zeit an der freien Luft, bis das Heu oberflächlich vollkommen trocken war. Am 30. Mai 5 Uhr wurde er in die Wärme-  
packung gebracht.

Die Temperatursteigerung gibt folgende Tabelle:

Zeit	Temperatur in ° C	
	innen	außen
30. Mai 5 Uhr	18	15,4
31. " 10 "	24	
12 "	25	
3 <sup>30</sup> "	27,5	15,4
5 "	28,5	15,4
1. Juni 9 "	42	15,4

Der Versuch wurde jetzt absichtlich unterbrochen. Das Heu wies bei sorgfältigster Prüfung keine Spur von Verschimmelung auf. Trotzdem nun die Möglichkeit zugegeben werden muß, daß einige Bakterienkeime auf die Oberfläche gelangt sein können, ist es doch ausgeschlossen, daß sie so rasch die Masse hätten durchwuchern können, daß die sofortige Temperatursteigerung dadurch erklärt würde.

Der *Bacillus coli* besitzt also die Fähigkeit, tote Pflanzenmassen zu erhitzen. Er erscheint auch sehr geeignet dazu wegen seiner intensiven Gäreigenschaften. Er spaltet Kohlehydrate [und zwar auch die Xylose, die in Pflanzen sehr verbreitet ist], wobei viel Wärme entbunden wird

(siehe Kap. XII). Er ist ferner durch eine äußerst lebhafte Wachstumsenergie ausgezeichnet; und außerdem gestattet ihm seine Beweglichkeit, sich rasch auszubreiten. Daß die Temperatur höher stieg, als das Wachstumsmaximum des *Bacillus coli* beträgt (40°), liegt daran, daß ja die Sporen des *Bacillus calfactor* nicht abgetötet waren.

### Versuch 14.

Ziemlich frisches Gras wurde am 27. Mai 1905 in einem Sack 10 Minuten bei 100° sterilisiert und bis zum 31. Mai im Sterilisator gelassen, ohne daß eine Temperatursteigerung eingetreten wäre. Dann wurde der Sack, dem ich absichtlich eine Falte gegeben hatte, herausgenommen. Indem ich das Heu in dem weiter gewordenen Sacke gut durcheinanderschüttelte, tränkte ich es allmählich mit einer Reinkultur von *Oidium lactis* (500 ccm Heudekott) und packte dann die Heumasse ohne Zeitverlust vorsichtig in den Doppelzylinder mit Watte, der vorher 1 Stunde lang bei 100° sterilisiert worden war. Letzterer wurde dann wie üblich in die Wattlepackung geschoben.

Beginn des Versuches 31. Mai 1906 4 Uhr nachmittags.

Zeit	Temperatur in ° C	
	innen	außen
31. Mai 4 Uhr nachm.	20,5	19,5
5 " "	20	15,5
1. Juni 1 " mittags	57	15,5
2. " 9 " vorm.	58,5	15,5

Das Heu war vollkommen frei von Schimmel, war klebrig und roch deutlich mistartig.

Das *Oidium lactis* war also imstande gewesen, die Erwärmung einzuleiten, die auch hier natürlich von dem thermophilen *Bacillus* zu Ende geführt wurde.

Ich hatte in diesem Versuch die Masse innig mit dem *Oidium* vermengt, weil durch das einfache Aufgießen die meisten Zellen von der obersten Schicht abfiltriert worden wären und dem *Oidium* keine Eigenbewegung zukommt, so daß es sich nicht in der Masse ausbreiten kann.

Wie ich schon bemerkte, sind andere Versuche mit Laub und anderen Proben von Wiesenheu nicht so erfolgreich gewesen. Ich bekam nur Steigerung um 2—10°.

Aus der Tatsache, daß zwei recht verschiedene Lebewesen Erhitzung bewirken können, möchten wir nur ganz allgemein folgern, daß

an der Anfangserwärmung feuchter toter Pflanzenstoffe jedenfalls die Mikroorganismen den Hauptanteil haben, die sich unter den gegebenen Bedingungen sehr intensiv in ihnen vermehren können. Wir möchten nicht behaupten, daß beide stets und allein erhitzend wirken. Vielleicht richtet sich dies nach der Natur des Substrates, vielleicht auch nach zufälligen Faktoren. Dem *Bacillus coli* wird wohl meistens die Hauptrolle zufallen, da ich ihn stets fand. Dem *Oidium* wahrscheinlich nur seltener, da es oft fehlte. Neben ihnen sind sicher unter normalen Umständen auch andere Pilze und Hefen, die, wenn auch in geringer Menge, stets vorkommen, mit beteiligt. Die Schimmelpilze können natürlich auch intensiv erhitzen.<sup>1)</sup> Normal kommen sie jedoch nur in bescheidenem Maße in Frage. Dieselbe Überlegung würde auch für den *Bacillus calfactor* gelten. Angesichts der Tatsache, daß es eine ganze Anzahl thermophiler Bakterien gibt, die sich biologisch ganz ähnlich dem *Bacillus calfactor* verhalten, ist es sehr wohl denkbar, daß nach örtlichen Verhältnissen oder nach der Natur der gärenden Massen auch andere Formen ähnlich wirken, wie jener. Im Heu ist er jedoch zweifellos der Haupterhitzer.

Das Ergebnis unserer Impfversuche fassen wir dahin zusammen, daß die drei für gärende Heumassen sehr charakteristischen Mikroorganismen: der *Bacillus coli*, das *Oidium lactis* und der *Bacillus calfactor* imstande sind, festgepackte Heumassen zu erhitzen und daß durch die Kombinationen *Bacillus coli* + *Bacillus calfactor* und *Oidium lactis* + *Bacillus calfactor* eine normale Erhitzung toten feuchten Heus erzielt werden kann.

---

## Kapitel VII.

### Beschreibung der wichtigsten im Heu aufgefundenen Mikroorganismen.

#### 1. *Bacillus coli* (ESCHERICH) Mig. forma foenicola m.

In den Anfangsstadien der Erwärmung, etwa bei 30°, fand ich regelmäßig einen sehr beweglichen *Bacillus*, der sich nach Prüfung seiner Eigenschaften in den Formenkreis des *Bacillus coli communis*

<sup>1)</sup> Ich erwähne hier einen Versuch mit *Aspergillus niger*. Die Erhitzung ging bis 48°, wenn eine reine Sporenaufschwemmung auf steriles Heu gegossen wurde.

einreihen ließ. Wenn z. B. aus sich selbst erhaltendem, totem, feuchtem Heu bei etwa 30° eine Probe herausgezogen (siehe S. 6) und in Wasser aufgeschwemmt wurde, und hiervon Platten gegossen wurden, so entwickelte sich eine Menge von Kolonien, die nahezu alle von demselben Typus waren. Es waren saftige runde weißliche Flecke. Dieselben Kolonien traten auf, wenn ganz frisches Gras direkt oder, nachdem es in Packung etwa 30° warm geworden war, aufgeschwemmt und bakteriologisch untersucht wurde. Übergoß ich ferner eine Handvoll frischen Grases oder gewöhnlichen Heus mit Wasser und ließ es stehen, so trübte sich die Flüssigkeit alsbald, ihre Oberfläche bedeckte sich mit kleinen Schaumbläschen und wieder ergab die mikroskopische Analyse und die Kulturmethode eine fast absolute Majorität des oben erwähnten Bacillus.



Fig. 3a.

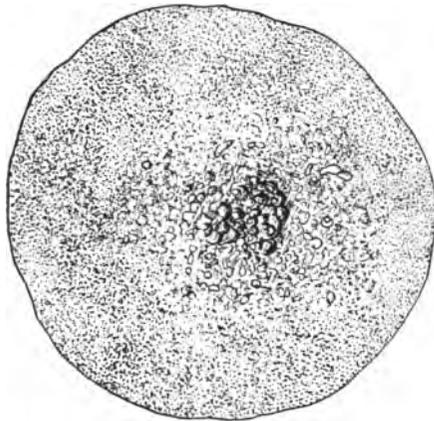


Fig. 3b.

Bacillus coli (ESCHERICH) Mig. forma foenicola m. Fig. 3a. Die Bakterien teils mit teils ohne Geißeln. Vergr. 610. Fig. 3b. Eine 2 Tage alte Oberflächenkolonie auf Agarplatte, mit den charakteristischen Wülsten im Zentrum. Vergr. 12.

Die Colibakterien sind sehr gemein und dem Bakteriologen sehr vertraut. Ich kann mich deshalb hier bei der Beschreibung kurz fassen und möchte nur das betonen, was den von mir aus dem Heu gezüchteten Stamm auszeichnet.

Die Kolonien auf der Heuagarplatte (siehe Fig. 3 b) sind sehr üppig saftig, gewölbt, rund, von weißer Farbe. Später werden die zentralen Partien gelbflechtig. Mikroskopisch erscheint die Kolonie glattrandig, feinkörnig. Nach der Mitte zu fallen eigentümliche längliche, wurstähnliche Erhebungen auf, die besonders deutlich erkennbar werden, wenn die Kolonie etwas flacher und durchsichtiger ist. Im Zentrum vereinigen sich die Erhebungen oft zu unregelmäßigen wulstigen Gebilden. Auf Fleischwasser-Pepton-Gelatine entstehen flache milchglasähnliche, irisierende Kolonien von ausgeprägtem Coli charakter, aber auch mit den wurstförmigen Erhebungen. Gelbliche Färbung tritt hier nicht auf. Wie

man besonders deutlich bei Gelatinestrichkulturen sehen kann, nimmt nach mehreren Tagen die Gelatine in der Umgebung des Impfstiches ein milchig-trübes Aussehen an (wie auch beim echten *Bacillus coli*). Die Gelatine wird nicht verflüssigt. In Gelatine mit Traubenzuckerzusatz durch einen Stich hineingeimpft, entwickelt der *Bacillus* große Gasblasen, die die Gelatine zerreißen. Reichliche Gasbildung ist auch im Gärungskölbchen zu beobachten. Am reichlichsten ist sie in Fleischbouillon mit Zusatz von Traubenzucker. Doch ist in gewöhnlichem Heudekokt die Gasentwicklung ebenfalls ziemlich ansehnlich. Auch eine Pentose, nämlich Xylose, vergärt er unter lebhafter Gasbildung. Das Heudekokt wird gleichmäßig getrübt, eine Kahlhaut bildet sich nicht, höchstens werden gelegentlich dichtere Ansammlungen an der Oberfläche sichtbar. Die Milch wird auffallenderweise nicht zur Gerinnung gebracht.

Die lebhaft beweglichen Bakterien (siehe Fig. 3 a) sind 1—5  $\mu$  lang und etwa 0,5  $\mu$  breit. Was die Länge anbelangt, so kommen sehr kurze, fast kokkenartige und deutlich stäbchenartige Formen vor. Sie sind meist einzeln oder zu zweien vereint. Größere Ketten kommen nicht vor. Die Geißeln sind da, wo man sie mit Sicherheit erkennen kann, ziemlich regelmäßig über die Oberfläche verteilt. Sporen habe ich nie gesehen. Färbung nach GRAM gelingt nicht.

Bei Zimmertemperatur ist das Wachstum schon üppig. Über 40° wächst der *Bacillus* nicht mehr. Wenn er 24 Stunden bei 42° gehalten wird, ist er abgestorben. Ich habe ihn deshalb auch in Heu, dessen Temperatur nicht über 40° gestiegen war, nicht mehr angetroffen.

Ich habe einen frisch aus Kot isolierten echten Colistamm mit meinem aus dem Heu gezüchteten verglichen und als einzige Unterschiede folgende gefunden: Die Darmform wächst auf Heuagar schlechter als die Heuform, bildet aber auch gelben Farbstoff. Die wulstigen Erhebungen fehlen. Diese Unterschiede lassen sich auch durch längere Züchtung auf Heuagar nicht verwischen.<sup>1)</sup> Auf Gelatine ist das Wachstum und das Aussehen absolut identisch. Das Temperaturmaximum liegt für die Darmform etwas höher.

Ich glaube, daß die angegebenen Eigenschaften unseres *Bacillus* ohne weiteres gestatten, ihn in die Gruppe der Colibakterien einzureihen. Von dem typischen Vertreter dieser Gruppe, dem Darmcolibacillus, scheiden ihn jedoch, wenn auch geringe, so doch, so weit ich es untersuchte, konstante Merkmale. Wir bezeichnen ihn, um die enge Zugehörigkeit zum *Bacillus coli* (ESCHERICH) Mig. auszudrücken, als *forma foenicola*. Auch die medizinischen Bakteriologen betrachten die Spezies *Bacillus coli* nur als eine Kollektivspezies, in dessen Formenkreis eine große Anzahl nahe verwandter Formen gehören.

---

<sup>1)</sup> Auch ein Oidium, das ich aus dem Darm gezüchtet habe, wuchs in Heudekokt erheblich langsamer als auf Fleischbouillon.

Colibakterien sind auch sonst mehrfach als Bewohner von Pflanzenstoffen beobachtet worden, wie z. B. von GORDON<sup>1)</sup> und PAPASOTIRIU<sup>2)</sup>, der sie regelmäßig als Hauptbestandteil der Mikrobenflora des Sauerteigs antraf (identisch mit *Bacillus levans*) und sie auch auf den Cerealien nachwies. DÜGGELI<sup>3)</sup> fand stets als sehr charakteristischen Keim auf Samen und Keimpflanzen einen *Bacillus*, den er als *Bacillus heribcola aureum* bezeichnet. Die Art seines Vorkommens, seine auffallenden wulstigen Kolonien, der gelbe Farbstoff (der allerdings bei meiner Form nicht auf Fleischwasser-Pepton auftritt), sowie seine morphologischen Eigenschaften bringen ihn meiner Form sehr nahe. Ein auffallender Unterschied besteht allerdings doch. DÜGGELI's Bakterie vermochte keine Gärung hervorzubringen.

Auch bei der Gärung von Sauerkraut und sauren Gurken wird er regelmäßig angetroffen, wie CONRAD<sup>4)</sup> und ADERHOLD<sup>5)</sup> berichten.

Die Eigenschaft, Kohlehydrate zu vergären, läßt es mir als sehr wahrscheinlich erscheinen, daß die Colibakterien primär dort in der Natur zu finden sind, wo pflanzliche Stoffe faulen. Inwieweit freilich der echte Colibazillus mit diesen Formen zusammenhängt, ist nicht ohne weiteres zu entscheiden.

Wir können ferner annehmen, daß Colibakterien auch beim Sauerfutter eine Rolle spielen.

Da zu den Colibakterien auch solche gehören, die Krankheiten des Viehs, wie z. B. die Kälberruhr und die Enteritis der Rinder hervorrufen<sup>6)</sup>, ist das konstante Vorkommen eines Vertreters der Coligruppe an Futterstoffen nicht ohne Bedeutung, wovon weiterhin noch die Rede sein wird.

## 2. *Oidium lactis* (FRES.)

Dieser Pilz wurde bei meinem ersten Versuch, die Mikroorganismenflora auf den verschiedenen Stufen der Erwärmung des Heus zu studieren, als der auffallendste an Masse alle übrigen übertreffende Keim gefunden. Ich habe ihn auch später wieder gesehen, muß jedoch be-

---

1) GORDON, *Bacillus coli communis* etc. *Journal of Pathology* Bd. IV p. 438 1897.

2) PAPASOTIRIU, J., Untersuchungen über das Vorkommen des *Bacterium coli* in Teig, Mehl und Getreide. *Arch. f. Hyg.* S. 204 1901.

3) DÜGGELI, M., Die Bakterienflora gesunder Samen und daraus gezogener Keimpflanzen. *Zentralblatt f. Bakteriologie*. II. Abt. Bd. XIV S. 602, 61, 198 1904.

4) CONRAD, zitiert nach LEHMANN u. NEUMANN's *Bakterienatlas* S. 232 des Textes.

5) ADERHOLD, Untersuchungen über das Einsauern von Früchten und Gemüsen. *Landwirtschaftl. Jahrb.* Bd. 28 1899.

6) *Handbuch der pathogenen Mikroorganismen* Bd. II S. 433 1903.

merken, daß er mit jener absoluten Dominanz nicht immer aufzutreten scheint. Seine Oidien, d. h. die kleinen ovalen oder etwas eckigen Zellen überziehen alle Teile des Heus mit einer etwas schleimigen Schicht und fallen in der Aufschwemmung, die man von Heu etwa bei 30° macht, ohne weiteres mikroskopisch auf. In dem nur angewelkten Heu des großen Versuches (Seite 4) trat er nicht auf, sondern nur in meinem Versuchen mit totem, angefeuchtetem Dürrhoen, so daß er bei der normalen Heuerwärmung nicht in dem Maße in Frage kommen wird, wie bei der Selbsterhitzung feuchter toter Pflanzenstoffe. Er fand sich auch, wenn ich die Heuprobe 30° in sterilem Wasser bei 30° stehen ließ. Die Flüssigkeit bedeckte sich schon nach einem Tage mit einer schleimigen Kahnhaut, die gänzlich aus Oidien bestand. Bei anderen derartigen Versuchen sah ich den Pilz nicht, besonders trat er auch nicht auf, als ich kürzlich eine Handvoll frischen Grasses in Wasser stehen ließ. Hier trat vielmehr fast ausschließlich, abgesehen von einigen vereinzelt Hefezellen, das kleine bewegliche Stäbchenbakterium, der *Bacillus coli* auf, den wir eben kennen lernten.

In einem Wassertropfen, in dem Heuteilchen abgespült sind resp. in einem solchen, der von der erwähnten Aufschwemmung stammt, findet man etwa die Formen, die die Fig. c, Abbildg. 4 darstellt. Am meisten überwiegen ovale und etwas kurze stäbchenförmige an den Ende abgerundete Formen. Letztere sind meist in lebhafter Versuchungstätigkeit begriffen, sie teilen sich, so daß zwei, drei und mehr aneinander hängen. Daneben findet man auch längere schenkelknochenartige oder gerade Stücke und solche von unregelmäßiger Gestalt.

Was wir so in Flüssigkeiten vor uns sehen, sind die Trümmer eines Pilzmyceliums, welches die Eigentümlichkeit besitzt, sehr leicht in seine einzelnen Bestandteile zu zerfallen, so daß es unmöglich ist, ihren Zusammenhang festzustellen, falls sie nicht unter besonderen Bedingungen vereinigt bleiben. Dies ist der Fall, wenn wir unser Oidium auf festen Substraten züchten, z. B. auf Heugelatine. Wir würden allerdings nicht ohne weiteres, wenn wir von der Aufschwemmung Platten herstellen, das Oidium bekommen, da der *Bac. coli* so stark die Platte überwuchert, daß er trotz der großen Menge des eingesäten Oidiummaterials dieses gänzlich unterdrückt. Setzt man aber etwas Apfelsäure zur Gelatine, so wächst *Bac. coli* schlechter und das Oidium wird nicht gehemmt, so daß bald die Kolonien erscheinen. Sie sind sehr feinstrahlig regelmäßig gebaut und unterscheiden sich von jedem anderen Pilzmycel ohne weiteres dadurch, daß sie nicht im Zentrum flaumig werden, sondern feucht bleiben wenigstens im Anfang. Das rührt daher, daß *Oidium lactis* keine oder nur geringe Mengen sogenannter Luft-hyphen bildet, sondern ganz im Substrat bleibt. Bei schwacher Vergrößerung wird eine weitere Eigentümlichkeit sichtbar. Die strahligen Ausläufer der Kolonien werden gebildet von aneinandergereihten ei-

runden Zellen und sehen wie kleine Perlschnüre aus. Entsprechend der raschen und reichlichen Bildungsweise dieser Elemente und dem Widerstand des festen Substrates, schieben sich oft die ovalen Oidien über- und nebeneinander, so daß unregelmäßige Knoten und Verwerfungen in den Perlschnüren auftreten. Das Mikrophotogramm, das R. FALCK <sup>1)</sup> gibt, gewährt eine ausgezeichnete Vorstellung dieser Verhältnisse.

Wenn man jetzt Teile der Gelatine mit dem darin steckenden Mycel auf dem Objektträger mit einem Deckgläschen bedeckt oder noch besser, wenn man direkt auf einem Objektträger eine Gelatinekultur des Oidiums anlegt, kann man auch bei starken Vergrößerungen den Bau des Mycels beobachten. Es besteht (vgl. Fig. 4 a) aus Achsenfäden, die sich aus langen Zellen zusammensetzen. An ihren oberen Enden, wachsen aus ihnen Seitenzweige hervor, und zwar gewöhnlich abwechselnd nach rechts und links. An den Spitzen aller dieser Mycelfäden findet dann durch rege Zweiteilung die Bildung der eiförmigen Stückchen statt, die reihenweise hintereinander liegen. In Flüssigkeit fallen alle die Teile sofort auseinander, nur in den untergetauchten Teilen bleiben gelegentlich größere Mycelteile erhalten. Alle diese einzelnen Glieder können wieder weiter sprossen,

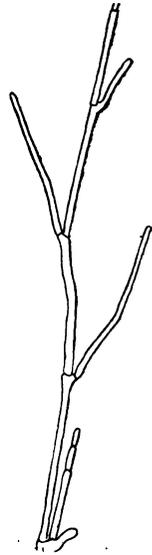


Fig. 4a.

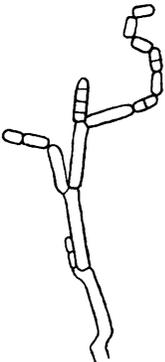


Fig. 4b.

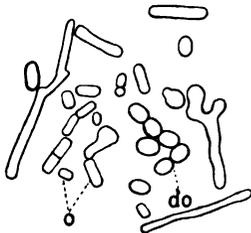


Fig. 4c.

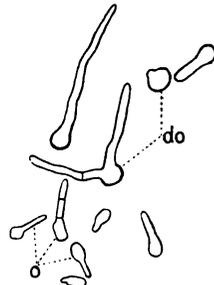


Fig. 4d.

Oidium lactis Fres. Fig. 4a. Stück des Mycels ohne Oidien. Fig. 4b. Ein Mycelstück in Oidienbildung begriffen. Fig. 4c. Oidien und Mycelbruchstücke aus der Kahmbaut. Fig. 4d. Keimende Oidien (o) und Daueroidien (do). Alles 310fach vergrößert.

sich teilen und wieder Oidien bilden, so daß die gewaltige Menge dieser Gebilde ohne weiteres verständlich wird. Das Auskeimen der Oidien ist in Fig. 4d) dargestellt.

<sup>1)</sup> FALCK, R., Die Kultur der Oidien und ihre Rückführung in die höhere Fruchtform bei den Basidiomyceten. Beiträge zur Biologie Bd. 8 1902.

Aus der Querseite oder den Ecken kommt der Keimschlauch hervor und teilt sich gewöhnlich sehr bald wieder. Wenn das Substrat erschöpft ist und demgemäß das Weiterwachsen der Oidien nicht gleich erfolgt, gehen sie in eine Art Dauerzustand (do) über, indem die Membran etwas verdickt wird. Sie halten auch Temperaturen über dem Maximum aus. Erwärmt man z. B. eine Agarkultur von *Oidium lactis* 24 Stunden lang auf 42°, so stirbt alles ab, mit Ausnahme dieser dickwandigen Oidien. Dies wird deutlich, wenn man von solchem erhitzten Material etwas auf neuen Nährboden oder in den hängenden Tropfen überimpft. Man sieht dann bald die dickwandigen Oidien auskeimen (Fig. 4 d) und jetzt wird auch der Unterschied zwischen der dicken Wand des Daueroidiums und der zarten, normalen des Keimschlauches sehr deutlich. Fruchtformen, besonders Asci, die bei dem verwandten *Endomyces* beobachtet sind, habe ich niemals trotz besonderer Aufmerksamkeit entdecken können. Die Gelatine wird nicht verflüssigt. Im Stichkanal wächst es mit abnehmender Üppigkeit bis etwa zur Mitte. Von dem Kanal strahlen sehr feine Härchen in die Gelatine hinein. Gas wird nicht gebildet, wohl aber etwas Alkohol. Charakteristisch ist ein höchst angenehmer fruchtätherartiger Geruch, der in dem Heudekokt auftritt und den ursprünglichen keineswegs angenehmen des letzteren ganz verdrängt. Im Heudekokt bildet sich eine flockige starke Trübung und eine schleimige, an einzelnen Stellen weißliche Haut, die sich leicht verteilen läßt. Strichkulturen auf Agar oder Gelatine zeigen das oben erwähnte strahlige Wachstum des Pilzes. Die Oberfläche erscheint weiß oder gelblich und ist sehr feinstaubig, aber nicht flaumig.

Besonders wichtig für unsere Zwecke sind die Temperaturansprüche. *Oidium lactis* wächst üppig bis 35°. Bei 40° findet kein Wachstum statt. 42° überstehen nur die Daueroidien, 70° tötet auch diese nach einem Tage sicher (wahrscheinlich schon in kürzerer Zeit). In Heu von 40° findet man demgemäß keine lebenden Oidien mehr, sieht überhaupt kaum noch etwas von dieser reichen Vegetation, da die Hitze die Zellen zu unansehnlichen verschrumpften Gebilden umgewandelt hat.

*Oidium lactis* ist ursprünglich, wie der Name sagt, in der Milch gefunden, wo seine ovalen Zellen in der Fettschicht sehr häufig, zum Teil in großer Masse angetroffen werden. (Ich berechnete einmal z. B. 1 000 000 pro ccm 1 Tag alte Milch.) Es wächst jedoch auch sehr gut auf pflanzlichen Substraten. So ist es regelmäßig auf der Brühe der sauren Gurken sowie in der Kohlbrühe bei der Sauerkrautgärung anzutreffen und verdrängt hier im Anfang jede andere Schimmelvegetation. Nach WEHMER<sup>1)</sup> soll es der sicherste Weg sein, *Oidium lactis* zu beschaffen,

---

<sup>1)</sup> WEHMER, Untersuchungen über Sauerkrautgärung. Zentralbl. f. Bakteriologie II. Abt. Bd. 14 S. 691 1905.

wenn man Kohlbrühe ansetzt. Auch auf Pappelholz, Brot, Mist usw. (FALCK) wächst es sehr gut. In menschlichem Kot fand ich eine ähnliche aber größere Form, auch wird man annehmen können, daß es in den Schleimflüssen der Bäume anzutreffen ist, wo verschiedene Arten des verwandten *Endomyces* vorkommen, wenn es nicht gar mit einer dieser Formen identisch ist.

Wir können also annehmen, daß *Oidium lactis* in erster Linie sich auf Pflanzensäften ansiedelt. Sein Vorkommen auf Heu und Mist macht seine weite Verbreitung in der Milch begreiflich, in die ja selbst bei großer Sauberkeit Keime aus dem Stalle hineingelangen können.

Mit diesen beiden bei 40° absterbenden Mikroorganismen haben wir die wichtigsten Vertreter der ersten Erwärmungsstufe erschöpft. Der *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus* und andere zu dieser Gruppe gehörige Formen erscheinen im Anfang gar nicht oder aber an Menge weit hinter *Bacillus coli* zurückstehend. Erst bei 40° begegnen wir ihren Kolonien. Da sie jedoch einerseits oft und genau genug beschrieben sind, andererseits an Bedeutung gegen den zwischen 30 und 40° auftauchenden und dann die Führung übernehmenden *Bacillus calfactor* zurückstehen, habe ich mir ein genaueres Eingehen auf die Bakterien der Heubazillengruppe erspart. Da der Heubacillus sowohl wie besonders der Kartoffelbacillus ein hohes Temperaturmaximum aufweisen, ist es immerhin nicht unmöglich, daß sie an der Erwärmung in bescheidenem Maße teilnehmen. Für sich allein vermögen jedenfalls diese mit sehr resistenten Sporen ausgestatteten Bakterien keine Erwärmung hervorzurufen, da ich mich ja oft genug überzeugen konnte, daß kurze Zeit sterilisiertes Heu sich nicht mehr erwärmte, und daß auch Impfung mit großen Massen von Heubacillussporen eine Erwärmung nicht hervorrief.

Ihr hohes Temperaturmaximum macht es mir übrigens wahrscheinlich, daß diese Bakterien jedenfalls einen ihrer bevorzugten Standorte auch im Mist resp. Heu usw. haben, an dessen mittlere Wärmegrade sie angepaßt sind. Anfänglich dominiert aber der *Bacillus subtilis* nie, wie ich zu meiner Überraschung fand.

Ich wende mich nunmehr zu dem weitaus wichtigsten Mikroben, dem

### 3. *Bacillus calfactor* nova species.

Schwemmt man Heu, welches in der Erwärmung begriffen ist und etwa 50° erreicht hat, in Wasser auf und untersucht die Aufschwemmung mikroskopisch, so findet man unzählige Stäbchenbakterien, von denen viele Sporen an einem Ende tragen. Daneben sind massenhaft Sporen verstreut, die schon frei sind. Die Bakterien sind unbeweglich, wenn wir sie bei Zimmertemperatur betrachten, werden jedoch auf einem

heizbaren Objektisch lebhaft beweglich. Ein ähnliches Bild bekommt man, wenn man etwas gewöhnliches Heu in Wasser tut und 24 Stunden bei 50—60° in einem Thermostaten hält. Der Heuauszug ist dann stark getrübt. Man kann auch einfach etwas Heu in Wasser ausziehen, diesen Auszug filtrieren, noch längere Zeit kochen lassen und dann in den Thermostaten bei 50—60° setzen. Die vorher klare Flüssigkeit ist dann sehr stark getrübt. In beiden Fällen zeigt das Mikroskop dieselben Formen wie oben.

Werden nun von diesem Ausgangsmaterial Platten gegossen<sup>1)</sup>, so gingen zahlreiche Kolonien an, die sich bei genauerem Studium alle als zu einer Bakterienart gehörig erwiesen. Das Koloniebild auf der Agarplatte ist keineswegs sehr charakteristisch und auch keineswegs sehr einförmig. Nach 24 Stunden zeigen sich auf der Oberfläche weißliche saftige, flach erhobene, kreisrunde Kolonien von etwa 0,5 mm Durchmesser. Daneben findet man aber auch, wenn die Platte feuchte Stellen zeigt, ganz besonders in dem Rande große schleierartige Flecke, welche mit lappigen Rändern fortwachsen und nach 24 Stunden oft die ganze Platte überzogen haben. Solche Wanderkolonien, die auch bei anderen beweglichen Bakterien auf dem Agar beobachtet werden, sind natürlich zum Abimpfen nicht tauglich.

Bei schwacher Vergrößerung unter dem Mikroskop sehen die Kolonien folgendermaßen aus. Ein Teil ist nahezu kreisrund mit ganz glatten Rändern. Andere zeigen flache Buchten mit gelegentlichen Einkerbungen oder zackigen Vorsprüngen. In den Kerben und den zackigen Vorsprüngen lösen sich oft einzelne Strähnen von lockenartiger Form los und zeigen Neigung, strähnenartig über die Platte fortzuwachsen, was gelegentlich auch beobachtet wurde (Fig. 5 a). Die parallelen Fäden, die diese Locken zusammensetzen, lösen sich jedoch (abweichend von den Mycoidesfäden) leicht in die einzelnen Bakterien auf, ein fester Zusammenschluß der letzteren hat nicht statt. Die Struktur der Kolonie ist feinkörnig, von dem Rande nach der Mitte wird sie gleichmäßig dunkler. Der Rand ist zart konzentrisch gestreift, d. h. die in Reihen liegenden Bakterien bilden konzentrische Ringe. Doch ist diese Streifung äußerst zart und nur am äußersten Rande erkennbar. Die Kolonien, die im Agar eingeschlossen sind,

<sup>1)</sup> Als Kulturmedium kam hier nur der oben beschriebene 3 % ige Agaragar mit entfärbtem Heudekott in Betracht. Die Platten wurden bei 50—60° gehalten und zwar unter einer Glocke in dampfgesättigtem Raum, da sonst die flache Agarschicht zu stark vertrocknet. Bei Anwendung dieser Vorsichtsmaßregel bekam ich sehr schöne Plattenkulturen, selbst bei hoher Temperatur. Die Reagensglaskulturen wurden in einen Zylinder gestellt, dessen Boden mit feinem wassergetränktem Sand bedeckt war und der durch einen festschließenden Deckel geschlossen wurde. Auf diese Weise hatte ich nie besondere Schwierigkeiten bei der Kultur meiner thermophilen Mikroben.

zeigen eine dichte Struktur und sind entweder rund oder wetzsteinförmig, oft sind auch runde mit wetzsteinförmigen zu einem unregelmäßigen Komplex vereinigt. Diese Formen, die auch bei anderen Bakterien oft wiederkehren, sind offenbar zum guten Teil durch die physikalischen Bedingungen des Agars hervorgerufen. Bei vielen Tiefenkolonien sprossen aus dem glatten Umriß grobfaserige, verworrene Schöpfe hervor und wenn dies in dem ganzen Umkreis geschieht, kommen Tiefenkolonien von grobfaserigen, büscheligen Umrissen zustande.

Schließlich fallen noch ganz abweichende Kolonien auf, die ganz unten auf dem Boden der Petrischale sich ausbreiten. Es sind ziemlich große, sehr zarte runde durchsichtige Kolonien, deren nicht sehr scharf begrenzter Rand eine zackige Flammung zeigt. Auch eine radiale flammenartige Zeichnung fällt auf.

Diese deutlich schwächer entwickelten Tiefenkolonien bilden so gut wie keine Sporen.

Auf schrägem Agar entstehen weißliche glänzende, weiche aber nicht fadenziehende Beläge von uncharakteristischer Form.

Im Impfstich findet nur ein Wachstum im obersten Ende unmitttelbar unter der Oberfläche statt und ist auch hier nur recht schwach, während die Oberfläche des Agars sich sofort mit dem weißlichen Belage überzieht.

Im entfärbten Heudekott entsteht nach 24 Stunden eine sehr starke Trübung, die das Dekott gänzlich undurchsichtig macht. Ein Häutchen auf der Oberfläche wird nicht gebildet, wohl aber sammelt sich unter der Oberfläche ein dichter, fast häutchenartiger Schwarm der sehr sauerstoffbegierigen Bakterien an, der sich aber durch Schütteln momentan wieder verteilen läßt. Nach längerer Zeit sinkt ein freier Bodensatz zu Boden.

Auf der Kartoffel (siehe Fig. 5 b) bildet der Bacillus dicke, schleimige aber nicht fadenziehende, glatte, scharf begrenzte, glänzende, gelbliche Massen.

Auf dem üblichen Fleischwasserpeptonagar versagt der Bacillus calfactor vollständig. Dies ist das hauptsächlichste Unterscheidungsmerkmal gegenüber dem von BLAU<sup>1)</sup> beschriebenen Bacillus robustus, mit dem er sonst große Ähnlichkeiten hat. Ein anderer Unterschied besteht darin, daß der Bacillus calfactor stets polar auskeimt, während Bacillus robustus vorwiegend äquatorial keimen soll. Eine Anpassung an den Fleischwasserpeptonnährboden findet nicht statt, soweit ich dies bisher feststellen konnte. Ich muß also vorderhand meinen Bacillus für eine neue Form halten.

---

<sup>1)</sup> BLAU, O., Über die Temperaturmaxima der Sporenbildung usw. Zentralbl. f. Bakteriologie. II. Abt. Bd. XV S. 126 1905.

Herr Prof. A. MEYER in Marburg hatte die große Liebenswürdigkeit, mir die Originalkulturen der vier BLAU'schen Spezies zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihm aufrichtigen Dank schulde. *Bacillus calidus*

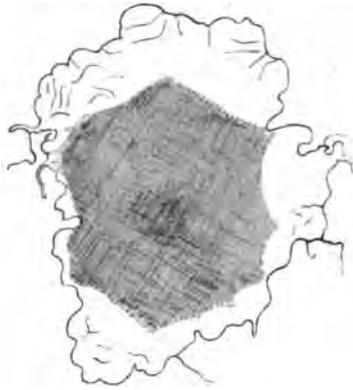


Fig. 5a.

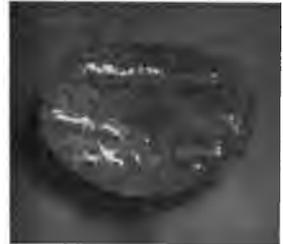


Fig. 5b.



Fig. 5c.



Fig. 5d.



Fig. 5e.



Fig. 5f.



Fig. 5g.



Fig. 5h.

*Bacillus calfactor* n. sp. Fig. 5a. Oberflächenkolonie auf Heuagar; Vergr. 12. Fig. 5b. Drei Impfstiche auf Kartoffel; etwas verkleinert. Fig. 5c. Bakterien mit und ohne Geißeln, aus einer 4 Stunden alten Kultur bei 56°. Fig. 5d. Bakterien mit Sporen aus einer 1 Tag alten Kultur bei 60°, einzelne freie Sporen. Fig. 5e. Bakterien aus einer 4 Tage alten Kultur bei 30°, zum Teil mit Sporen. Die Stäbchen sind kurz und gedunsen. Fig. 5f. Lange und schlanke Stäbchen aus einer 1 Tag alten Kultur bei 70°. Fig. 5g. Blasige Schwellformen aus einer Kultur, die 15 Stunden bei 8—11° verweilt hatte. Fig. 5h. Keimende Sporen, 85 Minuten bei 58°. Fig. 5e—h 800fach vergrößert.

wuchs auf meinem Heuagar nicht, scheidet also aus. *Bacillus cylindricus* und *Bacillus tostus* wuchsen zwar aber etwas weniger gut als *Bacillus calfactor*. Da sie außerdem auf Kartoffeln auf keine Weise zum Wachsen

zu bringen sind, können sie nicht identisch mit meiner Form sein. Der *Bacillus robustus* steht ihr jedenfalls am nächsten.

Die Gelatine kommt wegen des hohen Temperaturminimums ( $30^{\circ}$ ) als Nährsubstrat nicht in Betracht. Ein starker Impfstich läßt bei Zimmertemperatur keine Verflüssigung erkennen. Auch, wenn man in geimpfter Gelatine reichliche Vegetation sich im Brütöfen (wo die Gelatine natürlich flüssig ist) entfalten läßt, wird die Gelatine nachher doch wieder fest; ein Zeichen, daß unser *Bacillus* kein peptonisierendes Ferment ausscheidet. Bevor wir auf weitere physiologische Eigentümlichkeiten eingehen, sei zunächst seine Form beschrieben.

Es sind wie gesagt Stäbchen. Ihre Dimensionen sind, je nach der Temperatur, bei der sie gewachsen sind, verschieden: sie sind dünner und länger bei hoher und kürzer und dicker bei niedriger Temperatur. Bei  $70^{\circ}$  sind sie etwa  $5 \mu$  lang und  $0,4 \mu$  breit (Fig. 5f), bei  $56^{\circ}$  etwa  $5 \mu$  lang und  $0,7 \mu$  breit (Fig. 5c), bei  $30^{\circ}$  ist die Länge nur  $3 \mu$ , die Breite  $0,8 \mu$  (Fig. 5e).

Ganz abweichende Formen erhielt ich in Heudekott, als ich die Kultur bei unterminimaler Temperatur ( $8-11^{\circ}$ ) stehen ließ. In zunehmender Menge traten hier (nach 15 Stunden, vielleicht aber auch schon früher) eigentümliche Kugelformen auf, die in Fig. 5g, skizziert sind. Es waren runde Kugeln oder an einem Ende oder unregelmäßig ballonartig aufgetriebene Stäbchen. Daneben fanden sich normale Stäbchen, die an einem Ende aufgeplatzt waren. Die Ränder der Öffnung waren deutlich ausgezackt. Nach 40stündigem Aufenthalt bei  $8-11^{\circ}$  waren sogar die meisten Stäbchen zu Kugeln umgewandelt.

Diese abnormen Formen stimmen ganz und gar überein mit denen, welche BLAU<sup>1)</sup> und dann genauer A. MEYER<sup>2)</sup> bei einer anderen thermophilen Art (*Bacillus cylindricus*) beschrieben haben. Sie traten jedoch nicht, wie diese Forscher fanden, bei höherer, sondern bei niedriger Temperatur auf. Jedenfalls haben wir es hier mit Absterberscheinungen eigentümlicher Art zu tun, die in unserem Falle durch die niedrige Temperatur an den kälteempfindlichen Bakterien hervorgerufen wurden und die, wie FISCHER<sup>3)</sup> zeigte, durch andere Mittel auch an Cholera-vibrionen zur Erscheinung gebracht werden können. Die aufgetriebenen Formen, die sich allem Anschein nach schon nahe dem Temperaturminimum vorbereiten, deuten auf Störungen im osmotischen Gleichgewicht der Bakterienzellen, bewirkt durch niedere Temperatur.

<sup>1)</sup> BLAU, O., Über die Temperaturmaxima der Sporenkeimung usw. Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. Bd. 15 S. 125 1905.

<sup>2)</sup> MEYER, A., Über Kugelbildung und Plasmoptyse der Bakterien. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 23 S. 349 1905, sowie derselbe, Über ALFRED FISCHER'S Plasmoptyse der Bakterien, ebenda Bd. 24 S. 208 1906.

<sup>3)</sup> FISCHER, A., Über Plasmoptyse der Bakterien. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. 24 S. 55 1906.

Die Stäbchen sind nie zu Ketten vereinigt, sondern fast alle einzeln. Nur gelegentlich, wahrscheinlich nach eben erfolgter Teilung, hängen noch zwei, seltener drei aneinander.

Bei günstigen Temperaturen (oberhalb 30°) sind die Stäbchen beweglich. Die Geißelprüfung ergab dementsprechend die Existenz von Bewegungsorganen.

Wie Fig. 5 c zeigt, sind die Geißeln rings um den Körper des Stäbchens gestellt (die Ausnahmen sind auf Beschädigungen bei der Herstellung des Präparates zurückzuführen); die Stäbchen sind also peritrich begeißelt. Die Zahl der Geißeln ist nicht groß, ihre Länge ist zweimal diejenige der Stäbchen selbst. Die Färbung gelingt gut, wenn ganz junges Material aus Heudekott (das vorher sich nicht abkühlen darf), rasch auf dem Deckgläschen ausgebreitet und rasch hoch über dem Gasbrenner getrocknet wird. Man zieht am besten nicht durch die Flamme nachher.

Der *Bacillus calfactor* färbt sich leicht mit Karbolfuchsin und Methyleneblau und bleibt bei dem GRAM'schen Färbungsverfahren dunkelblau gefärbt.

Schon nach 24 Stunden sind auf dem Agar (weniger allgemein im Dekott) die Mehrzahl der Stäbchen zur Sporenbildung übergegangen. Die Lage der Sporen (Fig. 5 d) ist gewöhnlich endständig; sie treibt das Stäbchen meist etwas auf, so daß eine Trommelschlägerform zustande kommt. Die Beweglichkeit leidet unter der Sporenbildung nicht; wie kleinste Kaulquappen schwimmen solche Sporenträger im warmen Wassertropfen umher. Bei niedrigerer Temperatur treten neben den endständigen Sporen viele zentral gelagerte auf (Fig. 5 e), so daß hier auch Spindelformen zu beobachten sind. Bei 70° werden keine Sporen mehr gebildet, während nach unten zu bis zur Wachstumsgrenze von 30° noch reichlich Sporen auftreten.

Die Sporen sind länglich, etwa halb so breit als lang (1,5  $\mu$  lang und 0,8  $\mu$  breit) und besitzen eine glatte Membran. Sie tragen noch eine Weile Reste des Stäbchens an einem Ende. Die Färbung gelingt gut nach dem üblichen Sporenfärbungsverfahren. Sie sind außerordentlich widerstandsfähig, so daß auch langdauerndes Kochen einen Heudekott nicht steril macht. Im Autoklaven bei 2 Atmosphären Druck genügt jedoch eine halbe Stunde vollständig, um sie abzutöten (Über ihre Abtötung bei langdauernder Selbsterhitzung vgl. Kapitel VIII).

Die Keimung der Sporen erfolgt außerordentlich rasch (viel rascher als BLAU<sup>1)</sup> für seine thermophilen Bakterien angibt). Es ist die kürzeste Zeit, welche überhaupt für die Sporenkeimung bei den Bakterien beobachtet wurde. Bei 60° durchbrechen die jungen Stäbchen schon nach 60 Minuten die Sporenhülle, nach 85 Minuten sind schon Doppel-

<sup>1)</sup> a. a. O.

stäbchen vorhanden. Diese fieberhaft beschleunigte Keimungs- und Wachstumsfähigkeit macht es auch begreiflich, daß man im Thermostaten bei etwa 50° schon nach 6 Stunden starken Belag in den Agarröhrchen, bzw. starke Trübung im Dekokt erhält.

Die Keimung erfolgt in allen Fällen polar (Fig. 5 h). Das Keimstäbchen drängt sich durch eine Öffnung (die mir gelegentlich auch deckelartig aufzuklappen schien) der Schmalseite in der Richtung der Sporenlängsachse hervor. Die leere Sporenhülle bleibt noch eine Weile wie eine Eierschale am unteren Ende des Stäbchens hängen, wird dann aber abgeworfen. Man findet solche leeren Sporenhüllen sehr häufig in jungen Kulturen. Bei 40° erfolgt die Keimung langsamer, erst nach einer Stunde beginnt das Aufquellen der Spore, ein deutlicher Impfbelag ist aber auch bei dieser Temperatur schon nach 6 Stunden entwickelt.

Von besonderem Interesse ist das Verhältnis des *Bacillus calfactor* zur Temperatur. Ich habe dieses an Kulturen im Thermostaten und direkt im hängenden Tropfen in einem heizbaren Mikroskop studiert. Im ersten Falle diente die Entstehung eines Impfbelags, im letzten die Beweglichkeit als Kriterium; beide Beobachtungsreihen ergänzen sich sehr gut.

Die untere Temperaturgrenze des *Bacillus calfactor* ist 30°. Unterhalb dieser Temperatur habe ich ein Wachstum nicht erzielen können. Ich hielt mit Sporen geimpfte Agarröhrchen 10 Tage bei ca. 20°C, dann 7 weitere Tage bei 25°, ohne daß eine Spur von Wachstum eingetreten wäre. Erst bei 30° erschien nach 2 Tagen ein sehr schwacher Belag, der sich langsam vergrößerte und nach 4 Tagen verhältnismäßig üppig war. Bei 37,5° war schon nach 6 Stunden ein ziemlich starker Belag entwickelt, bei 40° dasselbe. Bei 60° trat schon nach 4 Stunden starker Belag auf. Diese Temperatur ist als das Optimum zu bezeichnen. Bei 70° wird nur ein zarter Belag entwickelt, der aber noch sehr deutlich ist. Bei 74° fand keine Entwicklung mehr statt, während zweier Tage. Der *Bacillus calfactor* ist also, was seine Wachstumsfähigkeit anbetrifft, zwischen die Grenzen 30° und 70° eingeschlossen, ist mithin ein echter thermophiler *Bacillus*. Das Optimum dürfte etwa bei 60° liegen, üppiges, rasches Wachstum tritt erst bei ca. 40° ein.

Die obere Grenze 70° wird lange ertragen ohne daß ein Absterben eintritt. Kulturen, die 3 Tage bei 70° gehalten waren, waren bei Überimpfung noch lebensfähig.

Über den Einfluß der unterminimalen Temperatur, bei der also der *Bacillus* in Kältestarre liegt, konnte ich zu einem abschließenden Resultate trotz vielfacher Mühe nicht gelangen. Wie SAMES<sup>1)</sup> angibt, sollen

<sup>1)</sup> SAMES, TH., Zur Kenntnis der bei höherer Temperatur wachsenden Bakterien und Streptothrixarten. Zeitschr. f. Hygiene Bd. 33 S. 342 1900.

einige von ihm isolierte Arten bei Zimmertemperatur nach einer gewissen Zeit absterben, wenigstens die sporenfreien Bakterien. Meine vielfach variierten Versuche brachten sehr widersprechende Resultate; zum Teil war in der Tat durch Überimpfung sporenfreier Kulturen, die bei niederer Temperatur gehalten waren, kein Wachstum mehr zu erzielen, zum Teil erfolgte Wachstum. Die Schwierigkeit wird darauf beruhen, wirklich sporenfrees Material zu bekommen. Daß die niedere Temperatur nicht unbegrenzt ertragen wird, ist wohl wahrscheinlich; einen Anhalt zu dieser Annahme bieten auch die Kugeln, die bei niederer Temperatur sich bilden. Ich glaube jedoch, daß das Absterben verhältnismäßig langsam vor sich geht, jedenfalls nicht so rasch wie es SAMES angibt.

In diese Fragen brachten vor allem auch die Beobachtungen im hängenden warmen Tropfen manches Licht. Ich habe das Verhalten unseres wärmeliebenden *Bacillus calfactor* hier mit besonderem Interesse verfolgt.

Ich bediente mich eines auf Füßen stehenden doppelwandigen Kastens aus Zinkblech, welcher außen mit Filz umkleidet war. An einer Seite war ein Glasfenster, durch das das Licht eines Auerbrenners auf den Spiegel des Mikroskops fallen konnte, welches in diesen Kasten gesetzt wurde. Er wurde oben durch zwei mit Filz bekleidete Deckelstücke so geschlossen, daß nur der Tubus des Mikroskopes etwas herausragte. Außerdem nahm der Deckel ein Thermometer auf, welches die Temperatur im Inneren anzeigte. Der Zwischenraum zwischen den Wänden wurde mit Wasser gefüllt, das durch einen unter den Kasten gesetzten Brenner erhitzt werden konnte. Das Deckgläschen mit dem Hängetropfen wurde auf den hohlgeschliffenen Objektträger mit gewöhnlicher Vaseline gesetzt, die selbst bei den hohen Temperaturen vollständig ausreichte. Das Präparat wurde nun in gleicher Höhe und Entfernung von dem Auerbrenner eingestellt, dann wurde das Mikroskop in den Kasten eingeschlossen. Die Beleuchtung ließ sich leicht durch Verschieben der Lichtquelle so günstig wie möglich machen.

Bei 60° ist der *Bacillus* außerordentlich beweglich. Die Stäbchen schießen mit außerordentlicher Geschwindigkeit<sup>1)</sup> umher; wenige schnellende Bewegungen treiben sie oft ein langes Stück vorwärts. Man hat den Eindruck, als ob der Widerstand des Wassers geringer ist, was ja auch infolge der mit steigender Temperatur abnehmenden inneren Reibung des Wassers physikalisch verständlich wäre. Läßt man nun die Temperatur noch weiter steigen, so bleibt diese starke Beweglichkeit bis 80°, nimmt dann ab und bei 84° tritt momentaner Stillstand ein. 84° würde also als die Temperatur der momentanen Tötung anzusehen sein. Bei 80° bleiben die Bakterien noch 10 Minuten beweglich. Bei 70° hingegen

---

<sup>1)</sup> Die von mir gelegentlich gemessene Geschwindigkeit von 30  $\mu$  in der Sekunde scheint mir noch zu gering.

wurde während einer Beobachtungszeit von  $3\frac{1}{2}$  Stunden keine Abnahme der Beweglichkeit (im Einklang mit den Kulturversuchen) beobachtet.

Wenn man von  $60^{\circ}$  die Temperatur sinken läßt, so war (wenn wir von dem eigentümlichen oben erwähnten Schnellen absehen) die Beweglichkeit bis etwa  $35^{\circ}$  nicht auffällig geringer. Dann wurde sie jedoch deutlich beeinflußt. Die Stäbchen bewegten sich langsamer und machten öfter größere Pausen. Sie fuhren auf, schwammen ein Stück davon und blieben dann liegen; gelegentlich wackelten oder glitten sie auch kurze Strecken weiter. Von  $30^{\circ}$  an nahm dann die Zahl der ruhenden kältestarren Individuen immer mehr zu, aber bei  $25^{\circ}$  war selbst nach  $1\frac{1}{2}$  Stunden noch kein vollkommener Stillstand eingetreten. Es gab immer noch einige kleine Stäbchen, die beweglich waren. Bei  $20^{\circ}$  und  $15^{\circ}$  herrschte vollkommene Ruhe. Wurde dann wieder erwärmt, so setzte etwa bei  $25^{\circ}$  die Bewegung wieder ein. Plötzliche Temperatursprünge von hoher auf niedere Temperaturen wurden meist ohne Schädigung vertragen. Ich brachte Hängetrophenpräparate direkt aus hoher Temperatur unter den kalten Strahl der Wasserleitung. Ich kühlte auf diese Weise plötzlich zu wiederholten Malen von  $60^{\circ}$  auf  $16^{\circ}$  ab, konnte jedoch, wenn das Präparat wieder zurück auf  $60^{\circ}$  gebracht wurde, nach kürzerer oder längerer Zeit ein Erwachen der Beweglichkeit konstatieren. Nur wenn ich von  $60^{\circ}$  plötzlich auf  $8-11^{\circ}$  abkühlte, war in einigen Fällen (aber nicht in allen) die Beweglichkeit definitiv erloschen. Ich variierte dann auch die Dauer des Aufenthaltes bei der niederen Temperatur, indem ich eine Serie von 6 Hängetrophenpräparaten plötzlich auf  $11^{\circ}$  abkühlte, verschieden lange bei dieser Temperatur beließ und dann bei  $60^{\circ}$  beobachtete. War die Einwirkung von  $11^{\circ}$  nur momentan, oder dauerte sie nur 10 Minuten, so kehrte die Bewegung momentan wieder; nach 20 Minuten dauernder Einwirkung dauerte es 5 Minuten, bis die Bakterien wieder beweglich wurden. 30 Minuten bei  $11^{\circ}$  verzögerte die Erholungszeit auf 45 Minuten, doch nahm die Zahl der wiedererweckten Stäbchen ab. Dasselbe Resultat gab 1 stündige Abkühlung. Blieb schließlich das Präparat 15 Stunden bei  $8-11^{\circ}$ , so trat eine Bewegung nicht wieder auf.

Es war jedoch in sämtlichen Präparaten, nachdem sie 15 Stunden darauf bei  $40^{\circ}$  im Thermostaten verweilt hatten, lebhafteste Vermehrung eingetreten.

Es geht aus diesen noch weiterer Ergänzungen bedürftigen Beobachtungen soviel hervor, daß plötzliche Abkühlung und länger dauerndes Verweilen bei niederer Temperatur nicht unbedingt vernichtend wirken, daß aber eine Schädigung doch unverkennbar ist. Ob die Bewegungslosigkeit gleichbedeutend mit Tod ist, läßt sich natürlich ohne weiteres nicht entscheiden.

Von besonderem Interesse war mir die Frage, ob bei niederer Temperatur auch die Atmung still stünde. Auch hier habe ich nur

einige orientierende Versuche gemacht, die aber doch schon so viel erkennen lassen, daß bei 25° in der Tat die Kohlensäureausscheidung auf ein sehr geringes Maß herabgedrückt ist. Ich möchte hier folgenden Versuch mitteilen.

### Versuch 15.

Am 22. März goß ich eine frische bei 56° gezüchtete Kultur des *Bacillus calfactor* in eine Deckelschale auf lose, sterile Fließpapierstückchen, brachte diese Kultur samt einem Schälchen mit Kalilauge unter die Glocke eines Atemapparates, mit dessen genauerer Beschreibung ich mich an dieser Stelle nicht aufhalten möchte und dichtete sie mit hartem Fett auf eine abgeschliffene Glasplatte auf. Die Glocke besaß oben einen Tubus, durch welchen mittels eines Gummistopfens ein zweimal gebogenes, am freien Schenkel graduiertes, Rohr ging. Nachdem ich das ganze bei 40° einige Zeitlang gelassen hatte, brachte ich die Glocke in ein großes Wasserbassin, in welchem konstant die Temperatur von 39,4° herrschte, und zwar so, daß der freie Schenkel des Rohres in einen Zylinder mit Quecksilber tauchte. Nachdem ich 1 Stunde gewartet hatte, las ich den Stand der Quecksilbersäule ab und ermittelte folgende Werte:

Zeit	Quecksilberstand	Temperatur des Bassins
11 <sup>30</sup> Uhr	72	39,4°
12 <sup>20</sup> „	81	39,4°
3 <sup>30</sup> „	104	39,4°

Es war also innerhalb 5 Stunden die Quecksilbersäule um 32 Teilstriche gestiegen, d. h. es war das abgeschlossene Volumen unter der Glocke um denselben Betrag kleiner geworden. Dieser Betrag gibt ohne weiteres die durch die Atmung ausgeschiedene Kohlensäuremenge an, die durch die Kalilauge absorbiert wurde.

Um 4<sup>15</sup> Uhr wurde dann die Glocke herausgenommen und das Wasserbassin auf 25° temperiert. Nachdem die Glocke wieder hineingesenkt war, wartete ich wieder etwa 1 Stunde und las dann ab.

Zeit	Quecksilber- stand	Temperatur des Bassins
22. März 5 <sup>40</sup> Uhr	46	25,7°
7 <sup>30</sup> „	50	25,8°
23. „ 6 <sup>30</sup> „	49	25,8°

In den ersten beiden Stunden war also eine geringe Menge Kohlensäure ausgeschieden, in den folgenden 14 Stunden war der Quecksilberstand nicht weiter gestiegen.

Indem wir auf eine Diskussion der Fehlermöglichkeiten hier verzichten, können wir doch soviel aus diesem Versuche schließen, daß in der Tat die Atmung, die bei 40° recht lebhaft war, bei 25° auf ein sehr geringes Maß herabgesunken ist. Ein vollständig analoges Resultat erhielt ich mit Atmungsversuchen, die ich mit dem später zu beschreibenden thermophilen Schimmelpilz *Thermoascus aurantiacus* anstellte. Doch würden weitere ausführliche Mitteilungen zu sehr aus dem Rahmen dieser Abhandlung fallen. Ich hoffe jedoch, mich später näher mit diesen interessanten Fragen, die die Kältestarre thermophiler Organismen betreffen, beschäftigen zu können.

Da der *Bacillus calfactor* den Hauptanteil an der Erwärmung des Heus hat, wie wir noch zeigen werden, ist die Frage, welche Stoffe er zu seiner Ernährung gebraucht, von besonderem Interesse. Ich suchte zunächst zu bestimmen, welche Kohlenstoffquelle er am besten ausnutzen kann. In einer auf die übliche Weise zusammengesetzten anorganischen, sauer reagierenden Nährlösung (siehe die Angaben auf Seite 36), in welcher als Stickstoffquelle 0,5% Asparagin gegeben war, wurden 9 verschiedene Kohlenstoffverbindungen (1%) zugesetzt, nämlich: Rohrzucker, Traubenzucker, Gummi arabicum, Arabinose, weinsaures Kali, Glycerin, Mannit, Dulcit, Stärke. In sämtlichen Lösungen war kein auch nur annähernd so gutes Wachstum zu beobachten, wie in dem Heudekkt. Leidlich war es in Mannit, weinsaurem Kali, ganz oder fast ganz versagten die übrigen Lösungen. Die Stärke, die ein schwaches Wachstum gestattete, wird merklich nicht verzuckert. Sodann prüfte ich folgende Kombinationen: 0,5% Ammonsulfat als Stickstoffquelle mit Traubenzucker, Rohrzucker, Glycerin, Mannit, Dulcit, Stärke. Auch diese Nahrung wurde fast vollkommen verschmäht, die Lösungen waren selbst nach 3 Tagen kaum merklich getrübt. Wurde Pepton (1%) als Stickstoffnahrung geboten und zwar mit Rohrzucker, Traubenzucker, Arabinose und allein, so wuchs ebenfalls nichts oder so gut wie nichts. Mit diesen Resultaten steht auch die Beobachtung im Einklang, daß Zusatz von Rohrzucker, Traubenzucker, Pepton zu dem Heudekkt

das Gedeihen der Bakterien deutlich hemmt. Es geht also aus dem Obigen hervor, daß *Bacillus calfactor* jedenfalls keine höhere Stickstoffverbindung und keine der üblichen Kohlenstoffverbindungen auch nur einigermaßen so gut ausnutzen kann als die im Heudekokt gegebenen Substanzen. Besser wird Dextrin (1 %) ausgenutzt, besonders, wenn es mit Ammonnitrat (0,5 %) als Stickstoffquelle kombiniert wird. Hier ist das Gedeihen der Bakterien sogar als gut zu bezeichnen. Weniger gut ist es in Dextrin und Asparagin und schlecht in Pepton und Dextrin.

Schließlich erzielte ich mit Holzzucker (Xylose) gutes Wachstum, während eine andere Pentose Arabinose keinen Nährwert hatte. Ich kombinierte 1 % Xylose mit 0,5 % Ammonnitrat, Asparagin Pepton, Kalinitrat. Die Lösungen mit Ammonnitrat und Pepton trübten sich ziemlich stark, während die anderen beiden klar blieben.

Fassen wir die Ergebnisse der Ernährungsversuche zusammen, so ergibt sich, daß ein Wachstum, welches sich mit dem in der natürlichen Nährflüssigkeit vergleichen läßt, nur bei Darbietung von Dextrin oder Xylose beobachtet werden konnte, daß als Stickstoffquelle Ammoniak (eventuell Pepton, falls es nicht zu konzentriert gegeben wird) ausgenutzt werden kann, aber nicht Nitrat oder die Amidoverbindung Asparagin.

Die Tatsache, daß der *Bacillus calfactor* besonders eine Pentose anzugreifen vermag, stimmt gut mit der starken Abnahme der Pentosane, von der in Kapitel III die Rede war.

Gärung ruft der *Bacillus calfactor* nicht hervor. Ich kultivierte ihn in Gärungsröhrchen, die mit Heudekokt (und zwar mit und ohne Zusatz von Traubenzucker) gefüllt waren. Es trat keine Gasbildung ein, trotzdem, wie der entsprechende Versuch mit *Bacillus coli communis* gezeigt hat (siehe S. 44), im Heudekokt gärfähige Substanzen vorhanden sind.

Die Angabe RABINOWITSCH's<sup>1)</sup>, daß für einige der von ihr entdeckten thermophilen Bakterien sich die untere Wachstumsgrenze weit tiefer verschieben läßt, wenn man die Bakterien unter Ausschluß von Sauerstoff kultiviert, machte es notwendig, die Beziehung des *Bacillus calfactor* zum Sauerstoff zu prüfen.

Vier Heuagarröhrchen wurden geimpft und in zylindrische Gläser gesteckt, welche oben mit einem Gummistopfen geschlossen waren. Durch den letzteren ging ein gebogenes Glasrohr. Die Zylinder wurden dann dreimal evakuiert und dreimal mit gereinigtem Wasserstoff angefüllt, wobei sich die Zylinder unter Wasser befanden. Dann wurden folgende Mischungen hergestellt: In Zylinder I reiner Wasserstoff; in Zylinder II  $\frac{3}{4}$  Wasserstoff und  $\frac{1}{4}$  Luft; in Zylinder III  $\frac{1}{2}$  Wasserstoff und  $\frac{1}{2}$  Luft; in Zylinder IV  $\frac{1}{4}$  Wasserstoff und  $\frac{3}{4}$  Luft. Nach dem

<sup>1)</sup> RABINOWITSCH, L., Über die thermophilen Bakterien. Zeitschr. für Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 20 S. 160 1895.

Füllen wurden die Zuleitungsröhren sofort mit Quetschhähnen abgeschlossen, die Zylinder unter Wasser versenkt und bei einer Temperatur von 25° aufgestellt. Keines der Röhrrchen zeigte Wachstum nach 3 Tagen. Dann wurden die Gefäße mit den untergetauchten Zylindern in den Thermostaten bei 56° gebracht. Nach 24 Stunden waren in II, III, IV die Kulturen üppig angegangen, und zwar ohne Unterschied, während das Röhrrchen in Wasserstoffatmosphäre vollständig unbewachsen blieb. Für den *Bacillus calfactor* stimmt also die Behauptung RABINOWITSCH's nicht. Übrigens hat sie die oben erwähnte Beobachtung nicht immer machen können, wie sie selbst angibt, so daß ein Irrtum nicht ausgeschlossen ist. Auch MAC FADYAN und BLAXALL<sup>1)</sup> sowie OPRESCU<sup>2)</sup> vermochten die Angabe von RABINOWITSCH nicht zu bestätigen.

Aus unserem Versuch läßt sich weiter schließen, daß bei Sauerstoffabschluß kein Wachstum erfolgt, daß aber selbst die Verringerung des Sauerstoffgehaltes auf ein Viertel der normalen Menge noch üppige Entwicklung gestattet, die normal bis zur Sporenbildung geht. Der *Bacillus calfactor* vermag also selbst in dem Innern großer Haufen, wo (siehe S. 13) der Sauerstoffgehalt erheblich abgenommen hat, noch gut zu gedeihen.

#### 4. *Actinomyces thermophilus* BERESTNEW.

Auf heißem Heu oder Mist treten oft massenhaft kleine weiße, mehlig-staubige Flecke auf, die gewiß jeder aufmerksame Beobachter schon gesehen hat. Ich fand sie ganz besonders häufig auf heißem, noch frischem, saftigem Grase; dann aber auch in vielen meiner Experimente. Besonders reichlich erschienen die weißen Flecke in dem Versuche, den ich mit Herrn Professor FALKE gemeinsam angestellt hatte und der von letzterem beschrieben wurde. An der Peripherie der Heumasse war das Heu wie mit Kalk bespritzt. Die Figur 6 a gibt eine Abbildung einiger aus jener Heumasse stammender, mit den weißen Flecken besetzter Heuteile. Nesterweise, aber nicht allzu häufig, fand ich die Flecken schließlich auch in dem großen Heuhaufen, von dem auf S. 5 die Rede ist. Wir haben es also hier mit einem Mikroben zu tun, der sehr charakteristisch für gärende, heiße Pflanzenmassen ist.

In meiner vorläufigen Mitteilung<sup>3)</sup> habe ich angegeben, daß diese Flecken aus den Sporen des thermophilen *Bacillus* beständen. Diese Angabe trifft nicht zu. Wohl sind Sporen des *Bacillus calfactor*

---

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> OPRESCU, Studien über thermophile Bakterien. Archiv f. Hygiene Bd. 33 S. 164.

<sup>3)</sup> MIEHE (1905).

stets auch in der mehligten Masse enthalten, aber der Hauptbestandteil sind die Sporen eines Pilzes, der zu der Gruppe der Aktinomycceten gehört. Von den Aktinomycceten sind zuerst pathogene Vertreter bekannt geworden. Der bekannteste dieser Gruppe ist der Aktinomycces bovis, welcher die Strahlenpilzkrankheit der Rinder hervorruft. Auch die menschliche Aktinomykose wird wahrscheinlich von demselben Strahlenpilze hervorgerufen. Andere pathogene Strahlenpilze sind der Actinomycces farcinicus, der eine unter dem Namen „farcin du boeuf“ bekannte Rinderkrankheit bewirkt. Actinomycces Madurae, der Erreger des sogenannten Madurafußes, einer in Indien, aber auch in Oberitalien beobachteten Krankheit u. a. Ein anderer Vertreter, der Actinomycces chromogenes, ist ein im Erdboden sehr verbreiteter Strahlenpilz, den man regelmäßig auf Bodenplatten antrifft. Er kommt nach BEIJERINCK <sup>1)</sup> auf den Wurzeln von vielen Pflanzen vor. Eine andere Art, Actinomycces odoriferus, ist dadurch bemerkenswert, daß er den charakteristischen Erdgeruch erzeugt. Ich konnte mich bei anderer Gelegenheit davon überzeugen, daß er sogar auf Gelatine diesen eigenartigen Geruch entwickelt. <sup>2)</sup>

Die Strahlenpilze sind eine scharf umschriebene, botanisch noch wenig untersuchte Abteilung der Pilze, die sich von allen anderen Pilzen durch ihr außerordentlich dünnfädiges Mycel unterscheiden. Die Dicke der fein verzweigten Mycelfäden ist nicht erheblicher als die der meisten Bakterien. Man hat sie ursprünglich mit diesen zusammengestellt, sie besonders den Cladothrixarten angenähert, doch ohne Grund. Mit den Bakterien haben die Strahlenpilze nichts zu tun. <sup>3)</sup> Sie sind auch nicht etwa, wie FISCHER <sup>4)</sup> ohne Begründung behauptet, verkommene höhere Pilze, vergleichbar denen, die in „verwahrlosten Apothekerlösungen“ wachsen, stellen vielmehr zweifellos eine selbständige und nicht unwichtige Gruppe der niederen Pilze dar.

Zu den Aktinomycceten gehört nun auch jener Mikrobe, der die weißen Flecken verursacht, wie sofort zu erkennen ist, wenn man etwas von dem weißen Staub mit Agar vermischt und Platten gießt. Es gehen dann bei 40° oder 50° bereits nach einem Tage eine Menge von kreisrunden Kolonien an, die sich bei schwacher Vergrößerung sofort

<sup>1)</sup> BEIJERINCK, Über Chinonbildung durch Streptothrix chromogena. Zentralbl. f. Bakteriologie. II. Abt. Bd. 6 S. 2 1900.

<sup>2)</sup> RULLMANN, ref. im Zentralbl. f. Bakteriologie. Bd. XVII S. 884 1895.

<sup>3)</sup> Vgl. zur Nomenklatur und Abgrenzung der ganzen Gruppe SAUVAGEAU, C. et RADAIS, M., Sur les genres Cladothrix, Streptothrix, Actinomycces etc. Annal. de l'Inst. Pasteur Bd. 6 S. 242 1892 [Ihrem Vorschlag; die Gruppe mit dem Namen Oospora zu belegen, kann ich mich nicht anschließen], sowie zur Orientierung über die Strahlenpilze: BERESTNEW, Aktinomycceten und ihre Erreger. (Russisch.) Moskauer Dissertation 1897.

<sup>4)</sup> FISCHER, A., Vorlesungen über Bakterien S. 316, Jena 1903.



Fig. 6a.



Fig. 6b.



Fig. 6c.

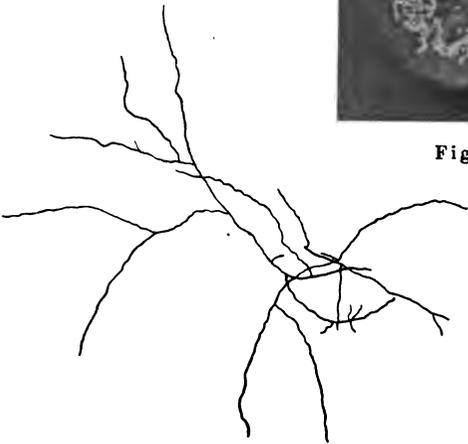


Fig. 6d.

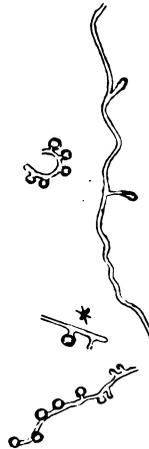


Fig. 6e.

*Actinomyces thermophiles* BERESTNEW. Fig. 6a. Einzelne Heuteilchen aus einer etwa 60° heißen Heumasse, besetzt mit kreidigen Kolonien des Strahlenpilzes; etwas verkleinert. Fig. 6b. Reinkultur im Agarröhrchen. Weiße kreidige Kolonien, zum Teil mit deutlicher konzentrischer Struktur. 1 Tag bei 50°; etwas verkleinert. Fig. 6c. Kolonien auf der Kartoffel, krümlige weißlich-gelbe Massen; etwas verkleinert. Fig. 6d. Junges Mycel aus Heudekokt; Vergr. 350. Fig. 6e. Lufthyphen mit seitlich sitzenden Konidien; Vergr. 800.

als die feinstrahligen Mycelien eines Strahlenpilzes zu erkennen geben. Die Kolonien sind am Rande entsprechend ihrer feinfädigen Struktur sehr zart gefranst. Die Kolonie steckt fest im Agar, läßt sich nicht abschaben, nur die weißlich bestäubte Mitte der Kolonie ist etwas erhaben und ragt aus dem Agar heraus. Es wachsen hier feine Fäden in die Luft, die die Sporen bilden, runde Körperchen von etwas größeren Dimensionen als die Sporen des *Bacillus calfactor*.

Auf der Kartoffel (vgl. Fig. 6 c) entstehen zunächst kalkweiße Flecken, die sich alsbald emporwölben und eine weißlich-gelbe krümelige oder stark gefaltete konsistente Auflagerung bilden, die sich später (wie ich gelegentlich beobachtete) dunkel verfärben kann.

Im Heuagarröhrchen entstehen die schon beschriebenen weißen staubigen Kolonien (wie es Fig. 6 b veranschaulicht), die einen zentralen Nabel und oft eine sehr deutliche konzentrische Schichtung erkennen lassen. Ist die Aussaat sehr reichlich gewesen, so entsteht eine größere weiße staubige Fläche. Knorplige Erhebungen bilden sich auf dem Heuagar nicht. Auf dem Fleischwasser-Peptonagar bildete mein *Aktinomyces* fast gar keine Sporen. Es traten demgemäß auch nur spärliche weiße Fleckchen auf, trotzdem das strahlige Mycel äußerst üppig in dem Agar wucherte. Die Flecken bestanden fast ganz aus sterilen Lufthyphen. Über dem Kondensationswasser hatte sich eine zähe Haut ausgebreitet.

Sehr zierlich repräsentiert sich unser Pilz in dem Heudekokt. Es erscheinen hier flach-konkave, kreisrunde Inselchen mit reinweißem staubigem Zentrum, welche auf der Oberfläche schwimmen und sich leicht ganz herausheben lassen, ohne zu zerreißen. Auf dem Boden sind etwa 5 mm große, kugelrunde Ballen entstanden, die einen äußerst feinen radialstrahligen Bau aufweisen. Es sind untergetauchte Kolonien, die sich leicht ohne Verletzung der Struktur herausnehmen lassen. An ihnen finden sich nur ganz vereinzelte Sporen. In dem Heudekoktröhrchen vereinigen sich die Kolonien bald zu einer weißen festen, aber dünnen Decke, die die ganze Oberfläche überzieht. Mit der Zeit wird ihre Unterseite lehmfarben (gelbbraunlich) und sie zerbricht dann leicht. Auf Bouillon ist das Wachstum ganz ähnlich, nur mit dem Unterschiede, daß auch hier die weißen Lufthyphen nur wenig Sporen bilden. Offenbar ist nur der pflanzliche Nährboden der normale für den *Aktinomyces*. Die Gelatine wird verflüssigt, das Wachstum ist hier nicht charakteristisch, da ja wegen des hohen Temperaturminimums (30 °) die Gelatine flüssig ist. Im Agarstich wächst er nur im obersten Teil.

Bei starker Vergrößerung erscheint das Mycel etwa so, wie es die Fig. 6 d zeigt. Es sind äußerst dünne Fäden, die ein Gewirr bilden. Sie sind verzweigt und scheinen auch Anastomosen zu bilden. Besonders in Flüssigkeiten sind sie stark gewellt. Ihre Dicke ist etwas verschieden, neben den dünnen, nur 0,4  $\mu$  in der Quere

messenden kommen auch etwas stärkere Äste vor. Auffallend sind kurze, oft etwas angeschwollene Seitenäste. Von dem Inhalt der Fäden ist schlechterdings nichts zu erkennen. Ob sie also aus mehreren Zellen bestehen oder (wie die Mucorineen) nur eine einzige darstellen, ist nicht zu entscheiden. Auch wenn wir färben (mit Karbolfuchsin, Methylenblau oder nach GRAM) sind weitere Einzelheiten, den Bau der Fäden betreffend, nicht zu sehen. Es sind homogene Linien. Auffallend ist nur an gefärbten Präparaten, daß sich einzelne Partien nur schwach oder gar nicht tingieren, andere wieder stärker. Es treten so Lücken in den Fäden hervor, die aber wohl nichts anderes bedeuten, als daß an diesen Stellen das Mycel abgestorben ist. Wenn man nämlich ältere untergetauchte Mycelien aus Flüssigkeiten untersucht, kann man sehen, wie es im Zerfall begriffen ist und nur aus Fetzen, isolierten längeren und kürzeren Stücken besteht. Es ist viel diskutiert worden, ob dies eine besondere Art der Vermehrung darstellt, die man als Fragmentation bezeichnet. Ein zwingender Grund liegt meiner Ansicht nach dazu nicht vor. Zerfall des Mycels in älteren Pilzkulturen ist keineswegs etwas auffallendes. Nur da, wo sich auffallend kurze und massenhafte Stücke bilden, wie bei manchen Aktinomyceten unter besonderen Bedingungen, ist vielleicht ein ähnlicher Vorgang anzunehmen, wie der Zerfallsprozeß bei einem Oidium. Wenn sich wirklich die Anzeichen mehren sollten, daß auch der Tuberkelpilz in die Nähe der Aktinomyceten zu stellen ist, so wäre bei ihm diese Neigung zum Zerfall als ganz besonders intensiv anzunehmen. Davon kann natürlich zunächst gar keine Rede sein, daß etwa die einzelnen bakterienähnlichen Zerfallsstücke einen Übergang zu den Bakterien anzeigten. Ich glaube vielmehr, daß die Aktinomyceten mit den Bakterien gar nichts zu tun haben.<sup>1)</sup>

Die eigentlichen Vermehrungsorgane sind die Sporen. Ihre Entstehungsweise genau zu verfolgen, hat mir Mühe gemacht. Auch andere Autoren, die die Sporenbildung zu verfolgen versuchten, scheinen ähnliche Schwierigkeiten gehabt zu haben, denn die Angaben lauten recht verschieden und unsicher, und die Abbildungen sind selbst in den Lehr- und Handbüchern sehr wenig vertrauenerweckend. Es kann nicht meine Absicht sein, die Literatur über die morphologischen Verhältnisse der Aktinomyceten im einzelnen zu diskutieren. Es lohnt sich kaum. Ich verweise auf das „Handbuch der path. Mikroorg.“ sowie auf dasjenige der „Technischen Mykologie“ und auch auf PONCET und BÉRARD.

Beachtenswert sind die Angaben von ISRAËL<sup>2)</sup>, KĘDZIOR<sup>3)</sup> und be-

---

<sup>1)</sup> Ebenso wenig auch mit den Leptothrix- und Cladothrixarten, mit denen sie unzweckmäßigerweise im Handbuch d. pathog. Mikroorganismen zusammenge-  
tetan sind.

<sup>2)</sup> ISRAËL, J., Neue Beobachtungen auf dem Gebiete der Mykosen des Menschen. Virchow's Archiv Bd. 74. Er gibt auf S. 38/39 ganz richtig

Miehe, Die Selbsterhitzung des Heus.

sonders von GILBERT<sup>1)</sup>, weil sie recht gut mit meinen Beobachtungen trotz einzelner Abweichungen in Einklang zu bringen sind.

Ich vermochte in einigen Fällen mit voller Sicherheit festzustellen, daß die Sporen an ganz kurzen Stielchen seitlich an den Hauptästen entstehen. Fig. 6e\* ist nach dem Leben gezeichnet. Man sieht dort eine fast sitzende glänzende fertige Spore und darüber eine junge Anlage. Die übrigen sind nach gefärbten Präparaten und zeigen Ähnliches. Ob auch die längeren keuligen Seitenäste Sporenbildungen darstellen, will ich nicht entscheiden.

Diese Art der Entstehung macht es unzweifelhaft, daß es sich um Gebilde handelt, die man als Konidien bezeichnen muß. Entscheiden konnte ich nicht, ob diese Abschnürung auch reihenweis hintereinander stattfinden kann. Die Beobachtungen und Abbildungen, die GILBERT von *Actinomyces thermophilus* gibt, machen mir dies aber sehr wahrscheinlich.<sup>2)</sup> Es wäre denkbar, daß bei meinen Bildern, die apikalen Konidien schon abgefallen sind und bei \* eine junge Konidienhyphe hervorkommt. So würden sich unsere Beobachtungen in Einklang bringen lassen. Ich habe jedoch solche Bilder nicht zu Gesicht bekommen. Stets scheinen die Konidien recht vergängliche Gebilde zu sein, sie fallen leicht ab, so daß die Art ihrer Entstehung nicht mehr festzustellen ist. Soviel glaube ich aber, ist als sicher anzusehen, daß die Sporen nicht im Innern von Scheiden entstehen und dann frei werden. Auch auf eine Segmentation in kurze Glieder nach Art der Oidienketten deuten weder meine noch GILBERT's Befunde. Am ehesten würde man die seinigen mit der Entstehung etwa von *Penicillium*-Konidien vergleichen können.

Mit den Bakteriensporen haben die Konidien der Aktinomyceten keine Ähnlichkeit. Sie unterscheiden sich außer der Art ihrer Entstehung von ihnen weiterhin noch dadurch, daß sie sich ohne Beizung ebenso wie die Hyphen färben. Sie sind aber widerstandsfähiger als sonst Konidien zu sein pflegen; denn in Agarkulturen überstehen sie noch gut eine 10 Minuten dauernde Erhitzung auf 100°.

Dagegen scheinen sie, wenigstens in den Agarkulturen, ihre Keimkraft sehr bald zu verlieren. Denn diese erwiesen sich beim Abimpfen oft als tot, so daß ich den Pilz öfter von neuem isolieren mußte. An trockenen Heutheilen halten sich die weißlichen Sporenmassen hingegen bedeutend länger.

an, daß die Sporen seitlich abgeschnürt würden, doch läßt sich aus seiner Fig. 8 genaueres nicht ersehen.

<sup>2)</sup> KFDZIOR, Über eine thermophile *Cladotrix*. Arch. f. Hyg. Bd. 27 S. 328 1883. Hier keine Abbildung.

<sup>1)</sup> GILBERT, Über *Actinomyces thermophilus* und andere Aktinomyceten. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 47 S. 384 1904. Vgl. bes. Fig. 8c u. 8d Taf. IX.

<sup>2)</sup> Wie ich neuerdings fand, ist es tatsächlich der Fall, so daß die Fig. 6e nicht typisch ist.

Auch der *Actinomyces thermophilus* ist ein echtes thermophiles Lebewesen. Wie der *Bacillus calfactor* wächst er unterhalb 30° nicht. Erst bei 30° keimt und wächst er, aber sehr langsam. Er bildet hier nach 2 Tagen eben sichtbare, nach 4 Tagen 3 mm große Kolonien. Bei 25° war selbst nach 7 Tagen kein Wachstum zu konstatieren. Einigermaßen flott treibt er erst bei 35°; aber zwischen 40° und 50° ist offenbar das Optimum der Temperatur. Bei 58° wächst er noch sehr gut, hört aber dann bei 60° plötzlich auf.

Die Konidien des *Actinomyces thermophilus* scheinen sehr weit verbreitet zu sein. BERESTNEW<sup>1)</sup> erhielt z. B. regelmäßig weiße Flecke, wenn er Strohstückchen in Thermostaten hielt. Daß sie leicht auf Kartoffeln auftauchen, die man mit Erde impft, geben übereinstimmend GLOBIG<sup>2)</sup>, TSIKLINSKI<sup>3)</sup> und GILBERT<sup>4)</sup> an. Die von ihnen beschriebenen Pilze stehen sicher meinem *Actinomyces* sehr nahe. Selbstverständlich ist die Erde nicht der primäre Standort des Pilzes, er gelangt vielmehr dorthin mit dem Dünger oder durch den Wind. Der heiße Mist, die heiße Stallstreu, heiße Laub- und Komposthaufen sind vielmehr die Orte, wo er sich vermehrt. SEVERIN<sup>5)</sup> hat im Mist einen *Actinomyces* aufgefunden, der wohl ebenfalls meiner Form nahestehen dürfte. Der Autor macht jedoch keine Angaben über die Temperaturansprüche.

Ich habe mich für den Namen *Actinomyces thermophilus* entschieden, weil unser Strahlenpilz am ehesten mit der von KĘDZIOR beschriebenen (aber fälschlicherweise als *Cladotrix* bezeichneten) Form übereinstimmt. KĘDZIOR hat ihn zwar nicht an seinem natürlichen Standort beobachtet, sondern bei Untersuchung von Kloakenwasser gefunden, wohin er natürlich erst sekundär gelangt ist.

GILBERT<sup>6)</sup> hat seinen *Actinomyces*, der sich von meinem hauptsächlich dadurch unterscheidet, daß er auf Agar auch langsam bei 22° und auf Kartoffeln nur bis 35° wachsen soll, ebenfalls als *Actinomyces thermophilus* bezeichnet. Er erhielt ihn oft aus Gartenerde.

## 5. *Thermomyces lanuginosus*. TSIKLINSKY.

In meinen Versuchen<sup>7)</sup> tauchte bei hohen Temperaturen oft ein Pilz auf, der ein sehr feines graugrünliches Mycel auf den Heuteilen

<sup>1)</sup> BERESTNEW, N., *Actinomykose und ihre Erreger*. (Russisch.) Moskauer Dissertation 1897.

<sup>2)</sup> a. a. O.

<sup>3)</sup> TSIKLINSKI, P., *Sur les mucédinées thermophiles*. *Annales de l'Institut Pasteur* Bd. 13 S. 500 1899.

<sup>4)</sup> a. a. O.

<sup>5)</sup> SEVERIN, S. A., *Die im Mist vorkommenden Bakterien usw.*, 3. Mitteilung. *Zentralbl. f. Bakteriologie*. II. Abt. Bd. 3 S. 707 1897.

<sup>6)</sup> a. a. O.

<sup>7)</sup> Z. B. auch in dem von FALKE (l. c. S. 73) beschriebenen Versuch.

bildete. Ich sah ihn besonders regelmäßig auch auf heißem abgefallenem Laub erscheinen und konnte ihn jederzeit hier wieder bekommen, wenn ich trockene Blätter aus warmen Komposthaufen in eine Deckelschale brachte und etwa bis 50° C hielt. Schüttelt man den entstehenden feinen Pilzrasen über eine Agarplatte aus und stellt diese ebenfalls bei 50—55°, so erhält man schon nach 24 Stunden runde strahlige, seidig glänzende Mycelien, die das übliche Aussehen von relativ feinfädigen Pilzkolonien zeigen. Später bedeckt sich die Mitte der Kolonie mit einem zarten schneeweißen Luftmycel, welches aber nicht staubig ist. Jetzt tauchen auch große Mengen von Sporen auf, die die Kolonie graugrünlich oder bräunlich verfärben.

Besonders üppig wächst der Pilz auf der Kartoffel, wo er schon nach 24 Stunden bei 55° einen schönen schneeweißen Flaum bildet. Dieser verfärbt sich weiterhin besonders im Innern graugrünlich.

Auf Heudekokt wuchs er schlecht, sehr gut aber auf einer mit Traubenzucker (2%) und Asparagin (0,5%) versetzten Nährlösung, wo es untergetauchte Mycelien und eine flaumige weiße Decke (bei 40°) bildete. Die Flüssigkeit wurde allmählich rot gefärbt. Fleischwasser-nährböden sagen ihm ebenfalls zu.

Die Hyphen des Pilzes sind ziemlich dünn (1,5—3  $\mu$  im Durchmesser) reich verzweigt und vielzellig. Man kann den Bau des Myceliums am besten beobachten, wenn man ein Stückchen einer mit dem Pilz bewachsenen Kartoffel auf einen sterilen Objektträger legt und im feuchten Raum bei 50° hält. Das Mycel breitet sich dann auf dem Objektträger aus und kann, nachdem man das Kartoffelstückchen entfernt hat, bequem studiert werden.

Sehr charakteristisch an dem im übrigen wenig morphologische Eigentümlichkeiten bietenden Pilze sind die Sporen. Sie entstehen, wie dies Fig. 7 a u. 7 b veranschaulicht, an kurzen Seitenästen, die rechtwinklig von den Hauptästen abstehen. Sie schwellen an der Spitze kuglig an, und diese kuglige Anschwellung gestaltet sich zu einer Konidie, die zunächst noch dünnwandig, durchsichtig und farblos ist, dann aber sich mit einem dicken bräunlichen, höckerigen Exospor bekleidet. Der Durchmesser beträgt 6—10  $\mu$ . In manchen Kulturen sah ich jedoch nur dünnwandige, ziemlich glatte hell gefärbte, kleinere Konidien. Der Stiel schwillt an der Basis der Konidie flaschenförmig auf. Die Loslösung der Spore geschieht häufig, indem der Stiel an dem Hauptaste abreißt, und an der Konidie hängen bleibt (Fig. 7 c). Die Konidien keimen leicht, und zwar mit einem Keimschlauch (Fig. 7 d). Eine andere Fruktifikation als die Konidienbildung habe ich trotz eifrigem Suchens nicht entdecken können, so daß wir den Pilz zu den Fungis imperfectis zu rechnen haben.

Er ist ebenfalls ein echter thermophiler Pilz. Bei 30° fand eine Keimung der Konidien noch nicht statt, aber eine bei 57° angegangene

Kolonie vergrößerte sich bei 30° langsam, indem der Radius in vier Tagen um 2,5 mm zunahm. Bei 40° ist das Wachstum sehr gut, dergleichen bei 50—57°, bei letzterer Temperatur werden auch noch reichlich Sporen gebildet; bei 58° wächst der Pilz langsam und bei 60° hört er ganz auf. 24stündiger Aufenthalt bei 70° tötet ihn ab. Auf Flüssigkeit (Traubenzucker + Asparagin) wird bei 40° eine schöne Decke gebildet, während bei 50° nur untergetauchte Ballen entstehen.

Die Identität unseres Pilzes mit dem von TSIKLINSKY<sup>1)</sup> beschriebenen *Thermomyces lanuginosus* ist trotz der etwas summarischen Beschreibung zweifellos. (Die Sporen sind z. B. nach ihrem Photogramm nicht genau zu erkennen.) Die Autorin fand den Pilz auf Kartoffeln, die sie mit Gartenerde infizierte. Die Sporen scheinen also ziemlich verbreitet zu

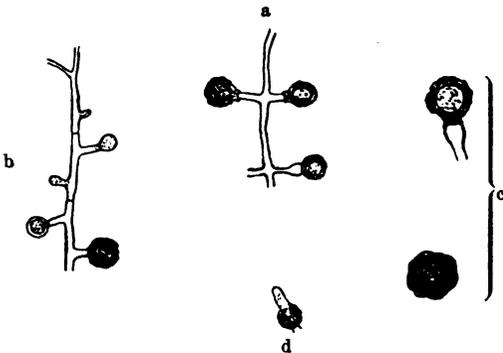


Fig. 7.

*Thermomyces lanuginosus* TSIKLINSKY. Fig. 7 a. Hyphenstück mit den seitlich auf Stielchen sitzenden derbwandigen Konidien. Fig. 7 b. Entstehung der Konidien. Fig. 7 c. Konidien. Fig. 7 d. Keimende Konidien. Fig. 7 a, b, d Vergr. 415, Fig. 7 c Vergr. 470.

sein. Den natürlichen Standort diskutiert sie nicht; er ist selbstverständlich nur in heißen Pflanzenmassen zu suchen. Der einzige Unterschied liegt in den Angaben, die sie über die Kardinalpunkte der Temperatur macht. Ihr *Thermomyces* soll erst bei 37° sehr langsam anfangen zu wachsen und noch bis 63°, wenn auch kümmerlich, gedeihen. BEHRENS<sup>2)</sup> spricht in seinem Referat die Vermutung aus, daß ein von ihm auf Getreide im Thermostaten beobachteter, aber nicht beschriebener Pilz identisch mit dem TSIKLINSKY'schen gewesen sein könne.

Auf etwaige krankheitserregende Eigenschaften habe ich den *Thermomyces lanuginosus* noch nicht geprüft.

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> In Koch's Jahresbericht Bd. 9/10 1898/99.

### 6. *Thermoascus aurantiacus* n. g. n. sp.

Wie ich schon in meiner vorläufigen Mitteilung berichtete, habe ich mehrfach lebhaft orangegelbe Flecke auf stark erhitztem Heu beobachtet, die gewöhnlich in großer Menge auftraten. Ich sah in ihnen eine große Menge elliptischer Sporen, es gelang mir jedoch nicht, diesen Pilz in Reinkultur zu bekommen. Ein Zufall spielte ihn mir schließlich in die Hände, als ich eine größere Serie von Nährflüssigkeiten mit Heuteilchen impfte und bei 50° hielt. Auf einem Kulturkölbchen tauchte eine starke weiße Decke auf, die ich anfangs für den *Thermomyces lanuginosus* hielt, die sich aber späterhin als ein neuer Pilz herausstellte. Ich habe ihn nun rein kultivieren können. Es war ein echter thermophiler Pilz, den ich in keine beschriebene Gattung einzureihen vermochte. Es lag also eine neue Gattung vor, die ich mit dem obigen Namen zu bezeichnen vorschlagen möchte<sup>1)</sup>.

Ich beginne die Beschreibung mit dem Aussehen des Pilzes auf Flüssigkeiten. Auf Traubenzucker-Asparaginlösung entwickelte sich bei 50° nach drei Tagen eine feste weiße Decke, welche mikroskopisch aus sehr fest miteinander verfilzten Hyphen bestand.

Sehr auffällig waren eigentümliche blasige Auftreibungen, die teils endständig lagen, teils in dem Verlauf der Hyphen eingeschaltet waren. Sie waren länglich oder eiförmig, oft bestanden sie aus mehreren Zellen. Gelegentlich lagen auch mehrere länglichkeulige Blaszellen hintereinander. Die Fig. 8d veranschaulicht die verschiedenen Formen, die hier und da in dem Mycelgeflecht zerstreut auftreten. Alle die Blaszellen besitzen stark verdickte Wände, die sogar oft das Zellinnere auf einen kleinen Raum einengen. Im Plasma waren oft kleinere oder größere Kügelchen zu bemerken. Ob diese gemmenartigen Gebilde auskeimen können, habe ich nicht genauer verfolgt. Gesehen habe ich es jedenfalls nie.

---

<sup>1)</sup> Nach Abschluß des Manuskripts fand ich beim Durchblättern des Handbuchs der pathogenen Mikroorganismen in dem Abschnitt: „Die Hyphenpilze oder Eumyceten“ von H. C. PLAUT eine Abbildung (Fig. 15 S. 537 des 1. Bandes), welche die größte Ähnlichkeit mit meiner Fig. 8d hat. Sie stellt ein Stück Mycel eines Mikrosporoponpilzes dar. Die Mikrosporoponarten, die Verwandtschaft mit den Favuspilzen zeigen, sind Erreger von Hautkrankheiten behaarter Teile. Herr Dr. PLAUT hatte die große Liebenswürdigkeit, mir einen Vertreter der Mikrosporopongruppe, das *Mikrosporopon canis* zu senden, wofür ich ihm auch hier noch einmal herzlichst danke. Meine Zeit erlaubte es mir leider nicht, eine genaue Vergleichung dieses Pilzes mit meinem *Thermoascus* vorzunehmen, so daß ich vorläufig hier nur auf diese interessante Ähnlichkeit hinweisen kann. Ich will nur soviel bemerken, daß der Pilz auf meinem Heuagar gut wächst, aber auch schon bei Zimmertemperatur.



Fig. 8a.

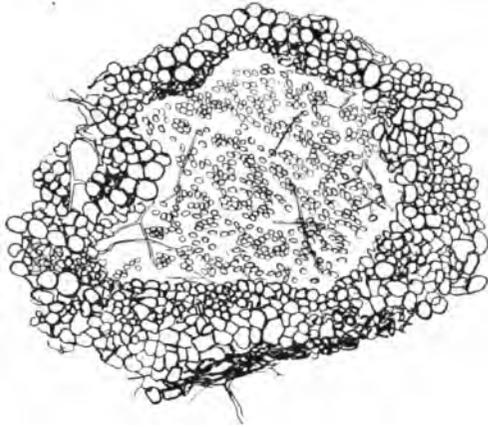


Fig. 8e.



Fig. 8b.

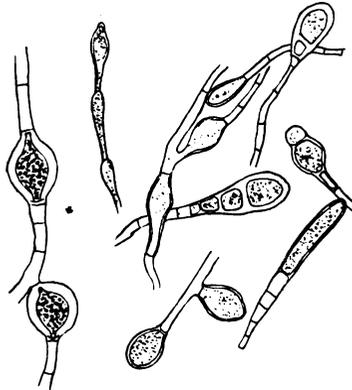


Fig. 8d.

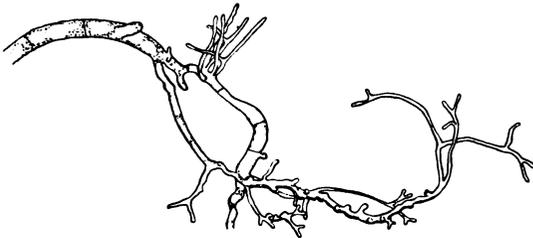


Fig. 8c.

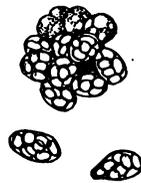


Fig. 8f.

*Thermoascus aurantiacus* n. sp. n. g. Fig. 8a. Reinkultur im Agarröhrchen, 4 Tage bei 40°. Auf der Oberfläche des Agars sind die kleinen Perithezien zu erkennen;  $\frac{5}{8}$  nat. Größe. Fig. 8b. Eine auf zuckerhaltiger Nährflüssigkeit erwachsene Pilzdecke. Die Wülste sind orangefarbig;  $\frac{9}{10}$  nat. Größe. Fig. 8c. Stück des Mycels; 165fach vergrößert. Fig. 8d. Hyphen mit Blasezellen aus einer Kultur bei 50°; Vergr. 345. Fig. 8e. Mikrotomschnitt durch ein Perithecium. Im Hohlraum zahlreiche Sporen; Vergr. 185. Fig. 8f. Sporenschläuche mit je 8 Sporen; Vergr. 415.

Bei 40° fehlen die Blasen fast gänzlich. Hier entsteht zunächst eine dünne zarte häutige Decke, in welcher man den Bau des Myceliums sehr gut erkennen kann, besonders an den Rändern der fortwachsenden Kolonien. Wir haben hier gerade schlanke ziemlich dicke (12,5  $\mu$ ) Hauptäste, die aus länglichen zylindrischen Zellen bestehen (siehe Fig. 8c). Von ihnen gehen dünnere Äste aus, die sich immer feiner verzweigen, knorrige, gewundene Gestalt annehmen und sich fest ineinander verfilzen. Die feinsten Auszweigungen sind sehr dünn, nur 1,5—3  $\mu$  breit. Etwa am zweiten Tage entsteht in der Mitte der Decke eine weiße Körnelung, und alsbald beginnt sich die Decke schön orangerot zu färben. Gleichzeitig wird das Flächenwachstum fortgesetzt, so daß beulige, faltige, wulstige Auftreibungen sich emporwölben. Schließlich bietet die Decke einen Anblick, wie ihn Fig. 8b wiedergibt: eine wulstig-faltige, sehr lebhaft orangerot gefärbte, feste Masse.

Kultiviert man den Pilz auf Heudekott, so ist das Wachstum weniger üppig, dafür aber noch charakteristischer. Es fehlen hier die Auftreibungen und die gleichmäßige orangerote Farbe. Es treten vielmehr scharf umschriebene, unregelmäßige Körnchen von orange Farbe auf, die dicht gesät die Oberfläche bedecken. Ähnliches läßt sich auf dem Heuagar feststellen. Hier wuchert das Mycel hauptsächlich im Agar, nur ein kurzer Rasen von Lufthyphen entsteht. Etwa am zweiten Tage tauchen dann im Zentrum der Kolonien die orangenen Körner auf, die meist einen Tautropfen ausgeschieden haben und so goldähnlich funkeln. Fig. 8a zeigt eine Kultur auf schräg erstarrtem Heuagar, 3 Tage alt, bei 40°.

Die orangenen Körnchen stellen die Perithezien dar. Sie messen etwa 0,25—1 mm im Durchmesser, haben unregelmäßige, eckige Form und keine glatte Oberfläche. Ihre Struktur veranschaulicht Fig. 8e, welche einen Mikrotomschnitt durch ein reifes Perithecium darstellt. Die ziemlich dicke Wandung wird aus einem sehr festen pseudoparenchymatischen Gewebe gebildet, das aus dicht ineinander verfilzten, blasigen rotbraun bis orange gefärbten Hyphen besteht.

Der von der Wandung umschlossene unregelmäßige Hohlraum wird durchzogen von zarten Hyphen, an denen eine große Menge von ovalen Sporenbältern (Asci) befestigt ist. In jedem Ascus befinden sich 8 Sporen, von elliptischer Form, ohne Skulptur und farblos. Sie sind etwa 2,8  $\mu$  breit und 3,2  $\mu$  lang.

Fig. 8f stellt einen Haufen von Asci und zwei isolierte dar. Wenn die Asci ganz reif sind, so zerfließt ihre Membran, die Sporen werden entleert und liegen nun in großen Massen frei in dem Hohlraum des Peritheciums (vgl. Fig. 8e).

Die faltige starke Decke auf zuckerhaltiger Flüssigkeit zeigt einen abweichenden Bau. Ich habe sie ebenfalls an Mikrotom- und Freihandschnitten studiert. Hier bilden sich im Innern der Decke flache, ganz

unregelmäßige spaltenartige Räume, welche ebenfalls von sklerotienartigem, rotbraunem Gewebe eingeschlossen werden. Asci sind jedoch in den Höhlungen äußerst spärlich vertreten, so daß wir diese Wuchsart des Pilzes nicht als die normale ansehen können. Es ist ein mit teilweiser Sterilität, verbundenenes allzüppiges Wachstum, hervorgerufen durch überreiche Ernährung. Normal wächst der Pilz nur auf dem Heudekokt resp. dem Heuagar.

Bei 50° werden keine Sporen mehr gebildet, auch bleibt die Decke weiß. Eine Konidienfruktifikation habe ich auf keinem Nährboden und bei keiner Temperatur bekommen. Trotzdem es also leicht ist, unseren *Thermoascus* als eine Ascomyceten zu erkennen, ist es schwer, ihn in irgend eine Verwandtschaftsgruppe einzureihen. Von den konidienlosen Verwandten des *Aspergillus*, den *Eurotium*arten unterscheidet ihn das sklerotienartige *Perithecium*. Die gelben *Perithecia*, welche BEHRENS<sup>1)</sup> auf den Rippen von Tabakblättern fand und die er für die *Perithecia* des *Aspergillus fumigatus* ansprach, haben vielleicht unserem *Thermoascus* angehört. Von den Mikrosporonarten unterscheidet ihn vor allem der Besitz der *Perithecia* u. a. Ich halte es jedoch nicht für ausgeschlossen, daß vielleicht auch bei ihnen ein geeignetes Substrat solche zur Entwicklung bringt.

Wie schon gesagt wurde, ist der *Thermoascus aurantiacus* ein echter thermophiler Schimmelpilz. Es reiht sich somit dieser interessanten Gruppe von Lebewesen auch ein höherer Pilz, ein Ascomycet als neuer Vertreter an.

Bei 25° kann er eine Woche verweilen ohne auszukeimen, bei 30° war nach 4 Tagen ebenfalls noch kein Wachstum eingetreten. Bei 35° hingegen treibt er sofort aus. Zwischen 40° und 45° gedeiht er äußerst üppig und entfaltet hier alle seine charakteristischen Merkmale. Bei 50° wächst er auch noch sehr gut, bildet aber keine Sporen mehr. Bei 55° ist das Wachstum äußerst schwach und kümmerlich, so daß wir diese Temperatur als die obere Grenze bezeichnen können.

Den Standort des Pilzes stellen in der Fermentation begriffene Pflanzenmassen auf mittleren Stadien der Selbsterhitzung dar. Ob er auch im oder am Tierkörper wachsen kann, habe ich noch nicht festgestellt.

## 7. *Aspergillus fumigatus* FRES.

Die Aufzählung der Pilze, die im warmen feuchten Heu und Mist auftreten können, würde unvollständig sein, wenn dieser sehr verbreitete Pilz nicht hier erwähnt würde. Ich habe ihn in größeren oder geringeren

---

<sup>1)</sup> BEHRENS, Über bemerkenswertes Vorkommen und *Perithecia* des *Aspergillus fumigatus*. Zentrabl. f. Bakteriolog. Bd. 11 1892.

Mengen stets gefunden. Daß COHN<sup>1)</sup> ihn sich selbst erhitzende Gerste durchwuchern sah, ist schon erwähnt. Man kann mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß jeder bläulichgrüne, staubige Schimmelrasen, der an warmen Pflanzenstoffen auftaucht, dem *Aspergillus fumigatus* angehört. Indem ich in bezug auf Einzelheiten auf die genaue Beschreibung und die Abbildungen in WEHMER's<sup>2)</sup> Monographie der *Aspergillus*arten verweise, möchte ich mich hier nur darauf beschränken, mit wenigen Strichen das Bild des Pilzes zu zeichnen.

Auf festem Substrat erscheint zunächst ein bläulichgrüner, zarter, kurzer Rasen, welcher aus etwa 0,2—0,3 mm langen Konidienträgern besteht. Diese (siehe Fig. 9) stellen gerade, aufrechte Hyphen dar,

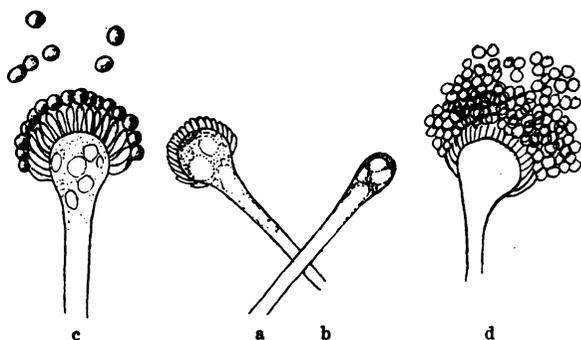


Fig. 9.

*Aspergillus fumigatus* FRES. Konidienträger in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Fig. 9a. Blasige Endanschwellung der jungen Konidienträger. Fig. 9b. Die Sterigmen sprossen aus der Blase hervor und Fig. 9c gliedern Sporen ab. Fig. 9d. Älteres Köpfchen mit großen Mengen von Sporen. Fig. 9a, b, d 415 fach, Fig. 9c 470 fach vergrößert.

welche an ihrem oberen Ende keulig oder blasig angeschwollen sind. Aus den Endanschwellungen, die 10—12  $\mu$  breit sind, wachsen nebeneinanderstehende, dichtgedrängte unverzweigte Sterigmen heraus, welche an ihrem zugespitzten oberen Ende reihenweis hintereinander Konidien von 2,5  $\mu$  Durchmesser abgliedern. Charakteristisch für den *Aspergillus fumigatus* ist erstens, daß diese Sterigmen nicht auf der ganzen Oberfläche des blasigen Hyphenendes hervorsprossen, sondern das basale untere Drittel freilassen, und zweitens, daß die seitlichen Sterigmen sich leicht biegen und sich mehr oder weniger mit den apikalen parallel stellen, so daß sie wie nach oben gekämmt erscheinen, und der ganze

<sup>1)</sup> a. a. O. (1889).

<sup>2)</sup> WEHMER, Die Pilzgattung *Aspergillus* in morphologischer, physiologischer und systematischer Beziehung unter besonderer Berücksichtigung der europäischen Spezies. Mémoires de la société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève Bd. 33 2. Teil Nr. 4, Genf 1901. — Herr Prof. WEHMER hatte die große Liebeshwürdigkeit, mir brieflich die Richtigkeit meiner Bestimmung zu bestätigen, wofür ich ihm aufrichtigen Dank schulde.

Konidienstand das Aussehen eines Besens gewinnt. Askusfrüchte sind nicht sicher nachgewiesen. Ich habe nie welche beobachtet.

Auf Flüssigkeiten bildet sich eine feste flaumige Decke, in welcher ziemlich verwaschene Flecke auftreten.

Besonders schön wächst *Aspergillus fumigatus* auf Brot, welches er ganz mit seinem bläulichgrünen Rasen überzieht. Später verfärbt er sich in rauchbraun, wovon der Pilz auch seinen Namen hat.

Die Sporen sind außerordentlich verbreitet in der Natur. Das sicherste Mittel, um den Pilz einzufangen, ist, feuchtes Brot bei 40° zu halten. Bei gewöhnlicher Temperatur tritt er nur selten spontan auf; ich habe ihn wenigstens früher nie gesehen. Hier überwiegen andere *Aspergillus*- und *Penicillium*-schimmel. Das kommt daher, daß *Aspergillus fumigatus* bei gewöhnlicher Temperatur nur langsam wächst und infolgedessen von anderen bei dieser Temperatur schnellwüchsigen Arten leicht überwuchert wird. Erst bei Bluttemperatur entfaltet er sein üppigstes Wachstum und besiegt hier leicht jede Konkurrenz. Das Maximum der Temperatur liegt etwas über 50°. Er ist kein eigentlicher Thermophile, da er auch bei niedriger Temperatur wächst. Man würde ihn psychrotolerant nennen können (s. S. 95).

Von besonderer Bedeutung ist der *Aspergillus fumigatus* deswegen, weil er der bei weitem gefährlichste der pathogenen Schimmelpilze ist.<sup>1)</sup> Er wurde zuerst von FRESSENIUS aus dem Körper eines Kranken beschrieben. Beim Menschen ruft er hauptsächlich Ohren- und Lungenkrankungen hervor. Besonders gefährlich ist er aber dem Geflügel. Wenn die Sporen des *Aspergillus fumigatus* in ihre Atemwege gelangen, so verfallen sie einer schweren, meist tödlich endenden Krankheit. Die Lungen verschimmeln. Auf die pathogenen Eigenschaften des *Aspergillus fumigatus* werden wir in Kapitel X in allgemeinem Zusammenhange noch zurückkommen. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß der *Aspergillus fumigatus*, dessen eigentlichen Standort in der Natur man noch nicht genügend präzisiert hatte, zweifellos seine hauptsächlich Brutstätte in warmen gärenden Pflanzenmassen hat, vor allem im Mist, im Dünger, in Laubhaufen, in der Stallstreu und in stark feuchtem Heu, wo ich ihn regelmäßig antraf. Ob er vielleicht auch in den Nestern der Vögel günstige Bedingungen für sein Fortkommen findet, ist eine Vermutung, die ich hier nur nebenbei äußern möchte.

---

<sup>1)</sup> Ich verweise hier auf RÉNON, *Études sur l'aspergillose chez les animaux et chez l'homme*, Paris 1897, sowie SAXER, *Pneumonococcosis aspergillina*. Jena 1900.

### 8. *Mucor pusillus* LINDT.

Diesem Pilz begegnete ich ebenso oft als dem vorherigen, so daß er ebenfalls als sehr gemein im warmen Heu bezeichnet werden muß. Nachdem er sich einmal in unserem Laboratorium verbreitet hatte, tauchte er auch da auf, wo er sehr unwillkommen war. Er infizierte mir nämlich sehr oft Agarröhrchen, die ich in dampfgesättigtem Raum bei 40° hielt, indem er durch den Wattepfropfen in das Röhrchen wucherte.

Fig. 10 a zeigt das Aussehen des Pilzes auf Heuteilchen. Sie sind überzogen von grauweißlichem, zartem Mycel, in dem die Sporangien wie kleine weiße oder graue Punkte erkennbar sind. Läßt man ihn in einer verdeckten Schale auf einer Handvoll Heu sich entwickeln, so überzieht er alsbald spinnewebartig die ganze Masse.

Löst man etwas Mycel von den Heuteilchen los, so kann man den Bau des fruktifizierenden Mycels ohne weiteres sehr gut erkennen. Fig. 10 b zeigt ein solches Bild. Es ist ein System von verzweigten Sporangienträgern, an dessen unterem Teil Reste des die Heuteile umklammernden wurzelähnlichen Bodenmycels sich befinden. Die Verzweigung der Sporangienträger ist hier ziemlich regelmäßig. Man kann einige Hauptäste und daran kleinere Seitenäste unterscheiden. Alle schließen mit Sporangien ab. Die Verzweigung kann jedoch sehr verschiedenartig sein, wie die verschiedenen Bilder der Fig. 10 c zeigen, die an einer Reinkultur auf der Agarplatte mit Hilfe eines stereoskopischen Mikroskopes beobachtet wurden. Hier erkennt man überhaupt den Zusammenhang der einzelnen Teile des Pilzkörpers am besten, so daß ich meine genauere Beschreibung bei den Kolonien auf der Agarplatte beginnen möchte.

Bei 40° keimt der Pilz sehr rasch aus. Schon nach 12 Stunden ist ein kleines Mycel entstanden. Querwände treten nicht auf, wie es charakteristisch für die Mucorineen ist. Etwas ältere Kolonien zeigen dann ein dem *Mucor pusillus* eigentümliches Wachstum des Mycels. An dem Umkreis der Pilzkolonie, die sich inzwischen immer reicher verzweigt hat, fallen einzelne Hyphen mit sehr ausgesprochenem Längenzwachstum auf, welche aus der mittleren Masse hervorschießen und über die Platte hinwegzukriechen beginnen (Fig. 10 d). Sie schicken an gewissen Stellen (die aber keine Knoten darstellen) seitliche wurzelähnliche Hyphen aus, die sich gewöhnlich durch eine Querwand vom Hauptstamm abgliedern. Außerdem erheben sich aber noch grade unverzweigte Hyphen in die Luft und zwar wieder an beliebigen Stellen der ausläuferartigen Hauptstämme (siehe auch Fig. 10 c). Dies sind die Lufthyphen, die nach sehr mannigfaltiger weiterer Verzweigung schließlich bestimmt sind, die Sporangien zu tragen, aber nie als typische Ausläufer fungieren wie bei *Rhizopus*. Die Verzweigung ist oft ausge-



Fig. 10a.

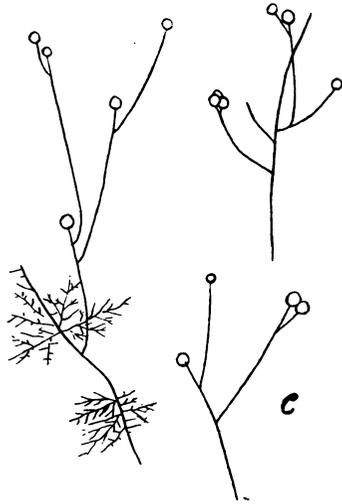


Fig. 10c.

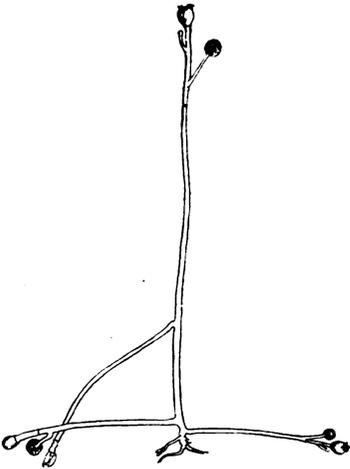


Fig. 10b.

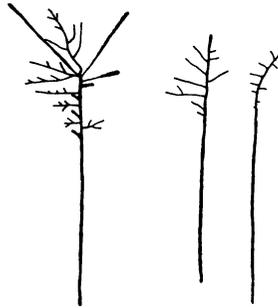


Fig. 10d.

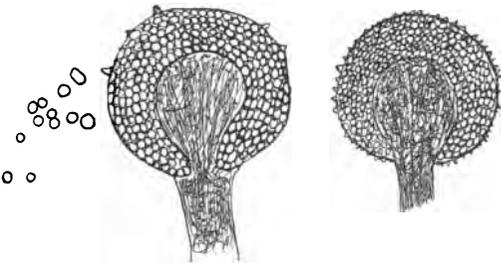


Fig. 10e.

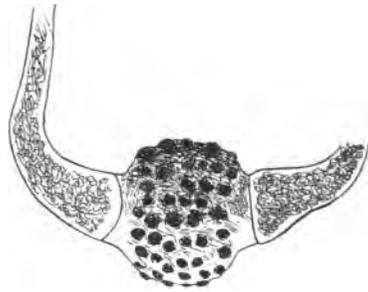


Fig. 10f.

*Mucor pusillus* LINDT. Fig. 10a. Heutheilchen vom Mucorschimmel überzogen. Fig. 10b. Ein Stück direkt vom Heu losgelöst mit verzweigten Sporangienträgern; Vergr. 40. Fig. 10c. Verschiedene Verzweigungsarten der Sporangienträger, links entspringt ein verzweigter Sporangienstand aus einem Ausläufer; aus freier Hand skizziert Fig. 10d. Ausläufer am Rande eines Mycels, über die Agarplatte hin wachsend; an den Enden sind Gruppen von feinverzweigten Rhizoidhyphen entstanden. Außerdem erheben sich gerade Hyphenäste in die Luft; Vergr. ca. 15. Fig. 10e. Zwei Sporangien, und Sporen; Vergr. 415. Fig. 10f. Zygote; Vergr. 380.

sprochen sympodial, indem die Seitenäste die Hauptäste überragen, gelegentlich auch deutlich monopodial; sie läßt sich in ein bestimmtes Schema kaum einordnen. Sie ist stets sehr locker; die Seitenäste entspringen sehr selten dicht nebeneinander und bilden spitze Winkel mit den Hauptästen. Schirmartige Formen kommen nicht vor. Bestimmte Maße für die Länge der Sporangienträger lassen sich kaum angeben, sie können aber ziemlich lang werden. Ein Überspinnen der Agarplatte findet nicht statt. Mikroskopisch betrachtet schreitet die Kolonie an ihrem Rande geschlossen vor. In dem Agarröhrchen sehen wir zunächst einen grauweißlichen Filz, der sich später bräunlich oder grau verfärbt, aber nicht auf die Glaswände übergreift.

Die Sporangien sind kuglig, etwas länger als breit. Die Länge schwankt zwischen 37 und 52  $\mu$ , die Breite zwischen 27 und 50  $\mu$ . Sie haben jung eine weiße, alt eine dunkelgraue oder aschgraue Farbe. Die Sporangiumwand (siehe Fig. 10 b u. 10 c) ist besetzt mit ziemlich kräftigen Stacheln, die teils vereinzelt, teils dicht stehen. Die Kolumella ist oft an der Basis innerhalb des Sporangiums etwas eingeschnürt. Der Stiel ist scharf gegen das Sporangium abgesetzt, eine Verbreiterung (Apophyse) ist nicht vorhanden. Die Sporangienwand zerfließt, wenn das reife Sporangium aufplatzt, vollständig, ohne einen Basalkragen übrig zu lassen. Die vorher etwas zusammengedrückte Kolumella dehnt sich dann aus und bildet eine eiförmige Blase, die später ebenso wie der Stiel die übliche rauchige Verfärbung zeigt. Die runden oder länglichen, glatten, farblosen Sporen sind sehr klein (3—5  $\mu$ ) (siehe Fig. 10 c).

In Mycelteilchen, die direkt von dem Heu entnommen wurden, entdeckte ich auch die bis jetzt unbekanntenen sexuell entstandenen Sporen, die Zygoten. Sie sind 40—50  $\mu$  breit und annähernd kuglig (siehe Fig. 10 f). Das Exospor ist sehr regelmäßig mit stumpfen Höckern besetzt, deren Scheitel tiefschwarz gefärbt ist. Die Zygote ist zwischen den gekrümmten Kopulationsästen aufgehängt. Letztere verbreitern sich tubenartig nach der Zygote zu.

Auf Traubenzucker-Asparaginlösung entsteht eine flaumige weiße Decke, die sich später graubraun verfärbt. Auf die Glaswände greifen nur die dicht anliegenden Hyphen über; typische Ausläufer wie bei *Rhizopus nigricans* fehlen überhaupt unserem *Mucor*. Im Gärröhrchen mit Traubenzuckerlösung wird trotz üppigen Wachstums keine Gärung hervorgerufen. *Mucor pusillus* gehört also nicht zu den alkoholbildenden Mucorineen.

Sehr charakteristisch für ihn ist sein ausgesprochenes Wärmebedürfnis, welches ihn auch biologisch scharf von allen anderen Mucorineen unterscheidet. Bei Zimmertemperatur (16—20°) ist er selbst nach Wochen nicht zum Auskeimen zu bringen. Erst bei 24° beginnt er sehr langsam zu wachsen und bildet nach 4—5 Tagen einen Flaum

auf der Agarfläche. Von da nimmt seine Wachstumsenergie zu, bis 40° ist er äußerst schnellwüchsig. Hier ist nach 24 Stunden bereits ein fruktifizierendes Mycel vorhanden. Ja schon nach 14 Stunden sind Sporangien gebildet mit allerdings noch unreifen Sporen.

Gegen 50° nimmt das Wachstum wieder ab. Bei 50° ist es nur langsam. Auch bildet der Pilz keine Sporangien. Die Hyphen sind blasig aufgeschwollen und führen einen stark lichtbrechenden Inhalt, der sie streckenweis als kompakte oder als körnige Masse ganz ausfüllt. Auf Agar entstehen bei 50° noch einzelne verkümmerte Sporangien. Meist endigen die allmählich bräunlich werdenden Lufthyphen mit einer Spitze. Bei 55° wächst der Pilz nicht mehr.

Die Eigenschaften unseres *Mucor* sind äußerst ähnlich denen des von LINDT<sup>1)</sup> beschriebenen *Mucor pusillus*. Vor allem stimmen genau die Kardinalpunkte der Temperatur; dann auch die stachelige Membran der Sporangien sowie die Verzweigung ihrer Träger, wengleich offenbar auf diese weniger genau geachtet ist. Auch das sehr charakteristische ausläuferartige Wachstum einzelner Hyphen ist nicht genau verfolgt, wengleich es nach einer Bemerkung LINDT's auch bei seinem *Mucor* vorzukommen scheint. Er spricht (S. 10 des Separatabzuges) von Hyphen, die auf dem Substrat hinkriechen. Fast noch besser stimmt unser Pilz aber mit dem von LUCET und CONSTANTIN<sup>2)</sup> beschriebenen und als *Rhizomucor parasiticus* bezeichneten überein, weil hier auf das Wachstum der ausläuferartigen Hyphen speziell Wert gelegt wurde. Auch die übrigen Merkmale stimmen sehr gut bis auf die Form der Sporen, die die Autoren als bohnenförmig beschreiben. Jedenfalls ist auch dieser Pilz, wenn nicht identisch, so doch sehr nahe verwandt mit LINDT's und meinem *Mucor*. Ich wähle den Namen LINDT's als den älteren.

LINDT fand ihn seinerzeit spontan auf Brot auftretend, als er den gleich zu beschreibenden *Mucor corymbifer* einfangen wollte. Wir haben also auch in diesem Falle einen Thermostatenpilz an seinem natürlichen Standort entdeckt. LINDT diskutiert gar nicht, wo sein *Mucor pusillus* in der Natur wachsen könne. Er stellte dann weiterhin fest, daß er auch im Körper des Kaninchens wachsen kann, wenn seine Sporen in die Blutbahn eingeführt werden, und daß er in dem Tier ziemlich schwere Krankheitserscheinungen hervorruft. LUCET und CONSTANTIN isolierten ihren *Rhizomucor* gar aus dem Auswurf einer lungenkranken Frau, in dem sie schon vorher mikroskopisch seine Sporen und Hyphen nachgewiesen hatten. Diese Form ist also sicher eine pathogene, so

---

<sup>1)</sup> LINDT, W., Mitteilungen über einige neue pathogene Schimmelpilze. Arch. f. experimentelle Pathol. und Pharmakol. Bd. 21 S. 272 1886.

<sup>2)</sup> LUCET und CONSTANTIN, *Rhizomucor parasiticus*, espèce pathogène de l'homme. Revue générale de Botanique Bd. 12 S. 81 1900.

daß sich hier wiederum eine interessante Beziehung zwischen Thermophilie und Pathogenität ergibt, auf die wir im Kapitel X noch zu sprechen kommen werden.

### 9. *Mucor corymbifer* COHN.

Auf einzelnen Teilchen einer größeren in Selbsterhitzung geratene Masse Heu fielen mir kleine weiße Schimmelräschen auf, die mir neu vorkamen. Das Mikroskop bestätigte meine Vermutung. Es handelte sich um einen *Mucor* mit corymbischer Verzweigung der Sporangienträger. Durch Aussaat einiger Sporangien auf eine Heuagarplatte erhielt ich nach drei Tagen bei Zimmertemperatur kleine Mycelien, die sehr langsam weiter wuchsen. Ich erhielt so leicht eine Reinkultur, die ich bald mit dem *Mucor corymbifer* identifizieren konnte, so daß auch dieser pathogene Pilz warme Pflanzenmassen bewohnt. Meine schon früher<sup>1)</sup> ausgesprochene Erwartung hatte sich bestätigt.

Sät man auf eine Agarplatte Sporen aus und hält die Platte bei 40°, so erscheinen nach einem Tage bereits 0,5—1 cm große Kolonien, die sich hauptsächlich in oder auf dem Agar ausbreiten, weniger in die Luft wachsen. Die Mycelien zeigen keine Ausläufer, sondern wachsen ganz gleichmäßig an der Peripherie fort. Querwände sind nur an den von den Hauptästen ausgehenden feinverzweigten Seitenästen zu bemerken. Nach weiteren 24 Stunden hat sich ein schneeweißer lockerer Filz gebildet, der aus reich verzweigten Lufthyphen besteht, deren einzelne Äste mit Sporangien enden. Sehr charakteristisch für *Mucor corymbifer* ist es, daß in dem weißen Filz die Sporangien nicht zu erkennen sind. Es ist ein gleichmäßig weißer verworrener Rasen, der wie irgend ein nicht fruktifizierender Schimmel aussieht, während man bei anderen Mucorineen (auch bei *Mucor pusillus*) die Sporangien als schwarze oder braune Pünktchen in dem durch sie mausgrau oder braun gefärbten Schimmelrasen erkennen kann. Bei *Mucor corymbifer* bleibt hingegen die Kultur immer weiß, oder wird höchstens etwas schmutzig.

Das Sporangien tragende Luftmycel besteht aus schlangenförmig durcheinander gewundenen Hyphen, die reichlich verzweigt sind. Die Zweige schließen im allgemeinen mit Sporangien ab; ich beobachtete jedoch auch gelegentlich, daß noch fortwachsende Lufthyphen, wenn sie wieder auf die Agarfläche gelangten, hier typisches Substratmycel bildeten. Eine Art Ausläuferbildung ist also auch hier möglich dadurch, daß die

---

<sup>1)</sup> MIEHE, H., Betrachtungen über die Standorte der Mikroorganismen in der Natur speziell über die der Krankheitserreger. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. XVI S. 435 1906.

Lufthyphen oft in Berührung mit dem Substrat fein verzweigte Äste aussenden können. Daher kommt es auch, daß ältere Kulturen immer mehr ein spinnwebartiges Aussehen annehmen. Doch hängt diese Entwicklung sehr von der Feuchtigkeit ab. In trockener Atmosphäre bleibt der Rasen ganz kurz und filzig.

Die Sporangien (s. Fig. 11 b) sind birnförmig. Der Stiel verbreitert sich unterhalb des Sporangiums, so daß eine ausgeprägte Apophyse zustande kommt. Die Kolumella ist entweder, wie besonders bei den kleineren Sporangien ganz flach gewölbt, oder sie springt als Biase mehr oder weniger weit in das Innere der Sporenmasse vor. Oft erscheint sie auch gleichsam zusammengepreßt durch die letztere (siehe Fig. 11 b rechts). Bei vielen Sporangien ist schließlich vor dem Aufplatzen die Kolumella gänzlich von den Sporenmassen verdeckt. Die Sporangienwand ist vollkommen glatt. Man sieht die Sporen im Innern deutlich durchscheinen. Die Farbe ist hellgrau durchsichtig. Bei dem Aufplatzen zerfließt die Wandung bis auf einen sehr unbedeutenden Rest an der Basis, der aber auch oft fehlt. Es bleibt dann die Kolumella übrig, die mit dem trichterartig erweiterten oberen Ende des Stieles zusammen einen verschiedenartig gestalteten Körper bildet. Er ist teils breit (Fig. 11 c), teils länglich oval, teils kegelförmig. Die größeren haben meist einen breiten flacheren Scheitel, die kleineren sind gewöhnlich ei- oder kegelförmig. Kolumella und Apophyse sowie der obere Teil des Trägers färben sich schließlich rauchgrau.

Die Sporen sind sehr klein, oval oder rund, glatt und farblos. Die Größenverhältnisse sind folgende: Sporen 2,5—5  $\mu$ ; Sporangien, große, 45  $\mu$  breit, 55  $\mu$  lang, kleine 20  $\mu$  breit, 25  $\mu$  lang; Kolumella, große, 37,5  $\mu$  breit, ebenso lang; kleine 20  $\mu$  lang, 12,5—15  $\mu$  breit.

Die Verzweigung der Sporangienträger ist in Fig. 11 a dargestellt. Charakteristisch gegenüber *Mucor pusillus* ist, daß häufig mehrere Seitenäste von einem Punkte entspringen und daß sie fast rechtwinklig zum Hauptast stehen. Meist schließt der Hauptast mit einem großen Sporangium, die Nebenäste mit kleineren ab. Die Verzweigung ist meist monopodial. Die Stände stellen Trauben, Rispen oder Flachrispen dar, oft ist auch eine quirlige Anordnung zu bemerken. Die Länge der Sporangien tragenden Lufthyphen ist sehr verschieden. Zygoten habe ich nicht beobachtet.

In älteren Kulturen zeigt das Mycel eigenartige Bildungen, die ich bei *Mucor pusillus* nicht beobachtete, und die man für Gemmen halten könnte. Einzelne Hyphen schwellen nämlich zu unförmlichen großen Würsten oder Keulen an, die ganz mit glänzenden runden Kügelchen erfüllt sind (vgl. Fig. 11 d). Letztere bestehen aus Fett, sie lösen sich sofort in Alkohol und Äther. Außerdem treten weißliche, große, kugelige Blasen auf, die eine höckerige, etwas verdickte Membran besitzen und ebenfalls die glänzenden Körner in ihrem Innern führen.

HÜCKEL <sup>1)</sup> hat alle diese Formen genauer studiert und ist der Ansicht, daß der Sauerstoffmangel in erster Linie ihre Bildung hervorruft. Über das Auskeimen dieser gemmen- oder chlamydosporenähnlichen Gebilde

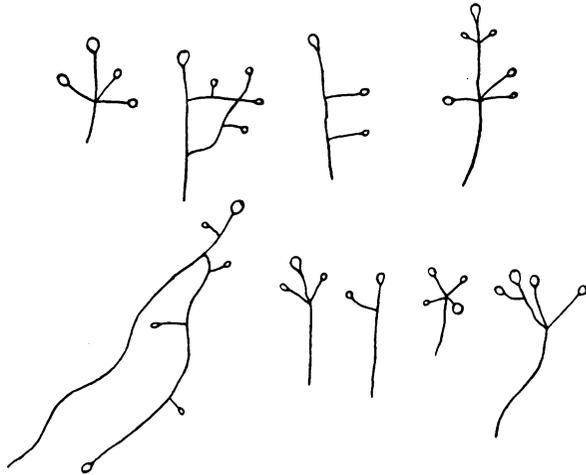


Fig. 11a.

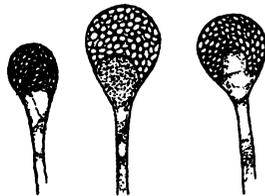


Fig. 11b.

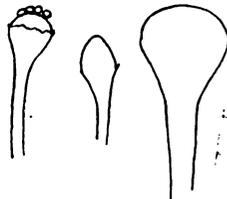


Fig. 11c.

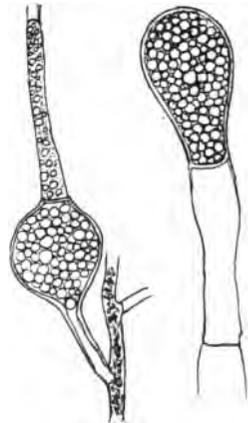


Fig. 11d.

*Mucor corymbifer* COHN. Fig. 11a. Verschiedene Verzweigungsarten der Sporangienträger, aus freier Hand skizziert, schwach vergrößert. Fig. 11b. Sporangien; Vergr. 345. Fig. 11c. Sporangien nach dem Aufplatzen. Die Columella bildet mit der trichterartig erweiterten Basis des Sporangiums einen birn- oder keulenförmigen Körper; Vergr. 345. Fig. 11d. Gemmen aus einer älteren Kultur, dicht erfüllt mit Fettkörnchen; Vergr. 345.

habe ich keine Beobachtungen angestellt. Ich glaube übrigens die Annahme, daß es sich bei den höckerigen Formen um Zygoten handelt,

<sup>1)</sup> HÜCKEL, A., Zur Kenntnis der Biologie des *Mucor corymbifer*. Beiträge zur pathol. Anatomie u. Physiol. von Ziegler und Nauwerk Bd. I S. 115 1886.

nicht ohne weiteres von der Hand weisen zu können, wenngleich es mir leider nicht gelang, die Gebilde genauer zu beobachten.

Wie schon eingangs bemerkt ist, wächst der *Mucor corymbifer* bei 40° sehr lebhaft, wenngleich seine Wachstumsenergie geringer ist, als die des *Mucor pusillus*. Er wächst aber auch bei Zimmertemperatur, wenngleich erheblich langsamer. Es dauert zwei Tage bis die ersten Sporen von jungen Mycelien eben sichtbar werden. Die Entwicklung geht dann in langsamem Tempo weiter, nach etwa 5—6 Tagen ist ein üppiger Rasen entstanden, der reichlichst fruktifiziert. Bei 50° ist das Wachstum nur sehr schwach, über 50° wächst der Pilz nicht mehr.

In Flüssigkeit entwickelt sich *Mucor corymbifer* nur sehr schlecht. Traubenzucker wird nicht vergoren, was ihn z. B. von dem ähnlichen *Mucor racemosus* ohne weiteres unterscheidet.

An der Identität des von mir gefundenen Pilzes mit dem echten *Mucor corymbifer* kann ein Zweifel um so weniger bestehen, als ich ihn mit einer mir von Prof. FICKER aus dem Hygienischen Institut zu Berlin freundlichst gesandten Originalkultur vergleichen konnte. Die beiden Pilze stimmten in allen Eigenschaften vollkommen überein.

Der *Mucor corymbifer* wurde von LICHTHEIM<sup>1)</sup> zusammen mit dem *Mucor rhizopodiformis* in seinem Laboratorium entdeckt, als er angefeuchtetes Brot im Thermostaten hielt. Beide Pilze wurden von COHN genau beschrieben. Beide sind kräftig pathogen, wenn ihre Sporen in die Blutbahn von Kaninchen eingeführt werden. HÜCKEL<sup>2)</sup> und SIEBENMANN<sup>3)</sup> fanden *Mucor corymbifer* dann im äußeren Gehörgang. Er ist ferner bei einer Anzahl von anderen Krankheitsfällen mit größerer oder geringerer Sicherheit nachgewiesen worden (vgl. die zusammenfassende Darstellung von BARTHELAT<sup>4)</sup> sowie das entsprechende Kapitel in KOLLE-WASSERMANN's Handbuch der pathogenen Mikroorganismen), so daß er mit Recht zu den gefährlichen pathogenen Schimmelpilzen zu rechnen ist.

Sehr nah verwandt, wenn nicht identisch mit *Mucor corymbifer* sind *Mucor septatus* LINDT, *Mucor Truchisii* LUCET ET CONSTANTIN und *Mucor Regneri* LUCET ET CONSTANTIN. Auch diese sind sämtlich pathogen für Kaninchen.

Der natürliche Standort, an dem *Mucor corymbifer* gedeiht, war bisher nicht bekannt. Man sah ihn entweder am kranken Körper oder als Laboratoriumspilz spontan im Thermostaten auftauchen. Wie die

---

<sup>1)</sup> LICHTHEIM, L., Über pathogene Mucorineen. Zeitschr. f. klinische Medizin Bd. 7 S. 147 1884.

<sup>2)</sup> a. a. O.

<sup>3)</sup> SIEBENMANN, Die Schimmelmikosen des menschlichen Ohres. Wiesbaden 1889.

<sup>4)</sup> BARTHELAT, H. J., Les mucorinées pathogènes et les mucormycoses chez les animaux et chez l'homme. Pariser Doktorthese, Paris 1903.

beider anderen pathogenen Pilze, der *Aspergillus fumigatus* und der *Mucor pusillus*, sind auch seine Hauptbrütstätten warme Haufen von Pflanzenmassen.

## Kapitel VIII.

### Selbsterhitzung und Selbststerilisierung.

Aus dem großen Versuch (siehe Seite 5) habe ich, auch nachdem der Temperaturhöchststand erreicht worden war, zu verschiedenen Zeiten unter den beschriebenen Vorsichtsmaßregeln Heuproben entnommen und untersucht. Hierbei bestätigte sich die von mir schon geäußerte Vermutung,<sup>1)</sup> daß nämlich das Heu sich schließlich selbst sterilisire, in vollem Umfang. Es stellte sich die überraschende Tatsache heraus, daß das Innere eines Heuhaufens, der eine genügend lange Zeit auf höherer Temperatur gewesen ist, vollständig steril ist. Die gesamte reiche Flora, die wir auf den vorhergehenden Seiten beschrieben haben, verschwindet spurlos und zwar sterben nicht nur die vegetativen Zustände sondern auch für die Dauerformen (Sporen, Konidien) soweit solche gebildet werden, ab.

Es war mir schon früher aufgefallen, daß Heuteilchen aus Proben, die lange erhitzt gewesen waren, bei Impfung in steriles Heudekott keine Trübung ergaben, und zwar nicht nur bei gewöhnlicher Temperatur sondern auch gelegentlich bei 50°, so daß die Vermutung berechtigt war, der *Bac. calfactor* sei ebenfalls abgestorben. Dieselbe Beobachtung habe ich auch bei Plattenkulturen gelegentlich gemacht. Ich habe dann durch zahlreiche Versuche diese Tatsache sicherzustellen gesucht, indem ich einerseits eine Menge langerhitzter Heuproben mikrobiologisch durchforschte, teils für die oben beschriebenen Mykroorganismen die Tötungstemperaturen feststellte. Beide Beobachtungsreihen ergaben ein übereinstimmendes Resultat.

### Versuch 15.

Die im Lauf des Juni aus dem Heuhaufen herausgezogenen Proben waren in sterilen Glasgefäßen aufbewahrt worden. Sie werden zu den folgenden Impfungen verwandt. Die in steriles Heudekott (25 ccm) hineingeimpften Heuteilchen bestanden nur aus kleinen (5—10 cm großen) Bruchstückchen von Halmen und Blättchen. Die geimpften Kölbchen

<sup>1)</sup> MIEHE a. a. O. (1905).

wurden bei 25° und bei 56° beobachtet, mit Ausnahme der ersten, welche nur bei 25° gehalten wurde. Jede Serie bestand aus drei Kölbchen (I, II, III), die vorher bei Zimmertemperatur und bei 60° auf Sterilität geprüft waren.

Heuprobe	Resultat nach 2 Tagen bei 25°	Resultat nach weiteren 2 Tagen bei 56°
A vom 9. Juli *) Temp. 57,5° C	I schöne Kahlhaut, bestehend aus Bac. subtilis mit vielen Sporen	—
	II desgl.	—
	III Trübung. Kahlhaut aus Bac. subt. Penicillium u. Mucorkolonien	—
B vom 17. Juli Temp. 61° C	I vollständig klar	vollständig klar
	II Flüssigkeit klar. Eine untergetauchte Kultur von Mucor	Flüssigkeit klar. Flöckchen von Actinomyces thermophilus
	III Mucor. Kahlhautfetzen eines sporenbildenden Bacillus	—
C vom 23. Juli Temp. 60° C	I Flüssigkeit klar. Etwas Schimmel unbekannter Art	stark getrübt
	II "	klar
	III "	klar. Flöckchen von Actinomyces thermophilus
D vom 29. Juli Temp. 59° C	I vollständig klar	vollständig klar
	II "	"
	III "	"

\*) Vgl. Tabelle S. 6/7.

Die klar gebliebenen Kölbchen B I, II; C II, III; D I, II, III wurden dann mit Bacillus calfactor geimpft. Sie waren nach einem Tage bei 56° stark getrübt.

Aus diesen Kulturversuchen läßt sich folgendes schließen:

20tägige Einwirkung einer Temperatur, die von 57,5° auf 68,5° gestiegen und dann langsam auf 59° gesunken war, hatte das Heu absolut sterilisiert. Selbst der Bacillus calfactor, der anfangs stets in dem Heu auftritt, war verschwunden. Das Oidium lactis und der Bac. coli traten in der ersten Probe (57,5° C) nicht mehr auf. Es entspricht dieser Befund der Tatsache, daß Bac. coli bei 42° nach einem Tage tot ist, und die Daueroidien des Oidium lactis bei ca. 50° nach

einem Tage zugrunde gehen. Dafür erscheint der Heubacillus, dessen widerstandsfähige Sporen ihn auch nach der Überschreitung seines Wachstumsmaximums von 50° noch eine Zeitlang vor dem Absterben schützen. Der Unterschied zwischen gewöhnlichem Heu und solchem, das kurze Zeit fermentiert war, entspricht durchaus dem Unterschied, der in Heuaufschwemmungen bemerklich wird, die man frisch und aufgekocht ansetzt. Im ersten Falle erscheint, wie wir sehen, fast ausschließlich *Bac. coli*, im zweiten Falle, wie eine längst bekannte Erfahrung lehrt, der Heubacillus.

Nachher verschwindet jedoch auch dieser, wie die folgende Probe B zeigte, bei der nur in einem Falle ein sporenbildender Bacillus, der aber nicht *Bac. subtilis* war, auftauchte. Im Einklang damit stehen Versuche, die ich mit Sporenmaterial von *Bacillus subtilis* anstellte, das auf schräg erstarrtem Heuagar ausgestrichen und verschieden lange einer Temperatur von 60—65° C ausgesetzt wurde. Ein Stamm wurde nach 21 Stunden abgetötet, der andere nach 28. Diese Zeiten sind erheblich kürzer, als sie COHN<sup>1)</sup> und BLAU<sup>2)</sup> fanden. Ersterer sah Sporen des Heubacillus in Wasser von 70—80° erst nach 3—4 Tagen absterben; nach letzterem werden Sporen vom Heubacillus erst nach 528—552 Stunden bei 60° vernichtet. Der Unterschied beruht darauf, daß die Sporen in destilliertem Wasser aufgeschwemmt waren, während sie in meinen Versuchen absichtlich den natürlichen Bedingungen entsprechend sich auf Heudekoktagar befanden, dessen Säuregehalt die Abtötungszeit erheblich herabzusetzen vermag. Daß es nicht irgendwelche durch die Erwärmung hervorgerufenen Veränderungen des Nährbodens sind, welche die Keimung und das Wachstum des Bacillus verhindern, ergab der positive Erfolg einer neuen Impfung mit Sporen. Sehr viel länger hielt der auf Kartoffeln so oft spontan auftretende, mit ganz besonders widerstandsfähigen Sporen ausgerüstete *Bacillus mesentericus* Temperaturen von 60—65° stand. Er wurde erst nach 18 Tagen vernichtet.

Eine weitere Bestätigung gibt ein Versuch von MAC FADYEN und BLAXALL,<sup>3)</sup> welche Heu 5 Wochen in einer verschlossenen Büchse bei 60—65° hielten und dann konstatierten, daß bei niedriger Temperatur wachsende Mikroben gänzlich geschwunden waren und sich nur noch Thermophile fanden. Diese ließen sich aber selbst noch nach 2 Monaten nachweisen.

Schimmelpilzsporen gehen sehr bald bei 65° zugrunde. So waren die Sporen der beiden häufigsten Schimmel *Aspergillus niger* und *Penicillium glaucum* nach 6 stündiger Einwirkung von 60° abgestorben

---

<sup>1)</sup> COHN, F., Untersuchungen über Bakterien, IV. Beitr. z. Biologie Bd. 2 S. 271 1877.

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 115.

<sup>3)</sup> a. a. O. S. 182.

(wiederum auf Heudekoktagar). Bei 70° waren die Sporen am *Mucor pusillus*, *Thermomyces lanuginosus*, *Aspergillus fumigatus*, *Thermoascus aurantiacus* nach 20 Stunden tot.<sup>1)</sup> *Aktinomyces* ist widerstandsfähiger, er war wenigstens nach 3 Tagen bei 70° noch nicht abgestorben. *Bacillus calfactor* hielt in meinen Versuchen länger als 20 Tage die Erhitzung auf 65—70° aus. Die Grenze habe ich nicht festgestellt. Es scheinen also im Heu noch kräftigere baktericide Substanzen zu wirken.

Dieser Umstand führt uns auf die Frage, wodurch unter den natürlichen Verhältnissen die Selbststerilisierung des Heus zustande kommt. Die wichtigste Ursache ist zweifellos die langandauernde höhere Temperatur, die bei denjenigen Mikroorganismen, für die sie übermaximal ist, nach längerer oder kürzerer Zeit schließlich zum Tode führen muß, selbst dann, wenn widerstandsfähige Dauerformen gebildet werden. Sterben doch z. B. nach den Angaben HILBRIG's<sup>2)</sup> die Sporen von *Mucor stolonifer* schon ab, wenn sie 18 Tage lang auf einer Temperatur gehalten werden, die das Temperaturmaximum für das Wachstum (34°) nur um einen Grad übersteigt. Bei *Penicillium* waren bei 35° 54 Tage zum Abtöten der Sporen erforderlich. Die Angaben, die für die Resistenz von Sporen usw. gemacht sind, stützen sich meist auf kurzandauernde Versuche mit Temperaturen von 100° oder 80°, langdauernde Einwirkung von mittleren, aber übermaximalen Temperaturen werden meist nicht berücksichtigt. Es ist aber nicht zu vergessen, daß auch diese schließlich fatal werden müssen, wie es aus den Angaben HILBRIG-BLAU's<sup>3)</sup> und auch den meinigen hervorgeht. Man könnte also sehr gut auch solche Substanzen, die gegen hohe Temperatur empfindlich sind, auch bei 60° vollständig sterilisieren, wenn nicht die thermophilen Formen existierten. Sie würden den Erfolg wieder dadurch illusorisch machen, daß sie durch üppiges Wachstum das zu sterilisierende Substrat energisch verändern würden. Jedenfalls würden sich aber systematische Versuche, die sich auf eine Sterilisation bei 60° erstrecken, von großer praktischer Bedeutung sein.

Ob die Wärme der einzige Faktor ist, bleibt jedoch recht zweifelhaft gegenüber dem auffallenden Resultat, daß schließlich auch der *Bacillus calfactor* selbst zugrunde geht, trotzdem sein Temperaturmaximum nicht überschritten wurde. Man könnte nun verschiedenerlei zur Erklärung dieser Tatsache anführen. Es wäre möglich, daß das Maximum von 70° überhaupt nur vorübergehend ertragen werden kann und daß bei langer Einwirkungsdauer die Sporen ähnlich empfindlich sind, wie bei anderen Bakterien. Die vegetativen Stäbchen werden ja

---

<sup>1)</sup> Die genauere Grenze habe ich hier nicht bestimmt.

<sup>2)</sup> HILBRIG, H., Über den Einfluß supramaximaler Temperaturen auf das Wachstum der Pflanzen. Leipziger Dissertation S. 7 u. 9 1900.

<sup>3)</sup> a. a. O.

sicher bei 70° nach einiger Zeit zugrunde gehen müssen, da sie bei dieser Temperatur keine Sporen mehr bilden und sie schließlich vertrocknen. Auf diese Weise wird ein großer Teil der Bakterien vernichtet werden. Nur diejenigen, die rechtzeitig Sporen bilden, bleiben verschont. Aber auch sie ließen sich ja schließlich nicht mehr nachweisen, und dies könnte sehr wohl die Folge von stark bakteriziden Substanzen sein, die während der Fermentation entweder direkt durch die Zersetzungstätigkeit der Bakterien selbst oder indirekt durch die Wärme entstanden sind. Da BOEKHOUT und DE VRIES<sup>1)</sup> Ameisensäure, EMMERLING<sup>2)</sup> Chinon in destilliertem Braunheu nachwiesen, ist diese Möglichkeit sehr wohl denkbar. Ameisensäure ist ein Gift für Lebewesen und besonders auch Hydrochinon (aus dem durch Oxydation das Chinon entstanden wäre).

Einerlei wie die Selbststerilisierung des Heus befriedigend zu erklären ist, so ist doch die Tatsache, daß im Innern des Heuhaufens die gesamte Lebewelt zugrunde geht und schließlich sogar der *Bacillus calfactor* einen wenn auch unfreiwilligen Selbstmord begeht, interessant genug. Sie ist aber auch praktisch von Bedeutung, da steriles Heu zweifellos vom tierhygienischen Standpunkt aus ein besseres Futter darstellt als solches, welches Mikroben enthält. Besonders wichtig ist die Selbststerilisierung deshalb, weil das Heu eine Anzahl Formen beherbergen kann, welche Krankheiten hervorrufen. Die gefährlichen Schimmelpilze (*Mucor pusillus* und *corymbifer*, *Aspergillus fumigatus*), die allerdings in großen Quantitäten nur in sehr feuchtem Heu auftreten, die verdächtigen, stets vorhandenen *Bacillus coli* und *Aktinomyces thermophilus*, werden durch die Temperaturen, die bei der normalen Selbsterhitzung entstehen, sämtlich abgetötet. Für den *Bacillus coli* genügen sogar schon 42°. Da nun gewisse Darmerkrankungen des Viehs sicher durch Bakterien der Coligruppe hervorgerufen werden, beruht vielleicht die bessere Verdaulichkeit gelinde fermentierten Heus auf der Abtötung des *Bacillus coli*. Soviel ich wenigstens erfahren habe, wird es vermieden, Heu direkt nach dem Trocknen zu verfüttern, weil es Darmkrankheiten des Viehs hervorruft. Man läßt es vielmehr vorher in Haufen eine gelinde (aber wohl über 40° steigende) Erwärmung durchmachen, die den *Bacillus coli* auf alle Fälle vernichten würde. Auch diese hiermit angedeutete Vermutung dürfte es sich empfehlen, im Interesse ihrer praktischen Bedeutung genauer zu verfolgen.

Gänzlich wird natürlich das Heu nicht sterilisiert, sondern nur die zentrale Partie. Leider habe ich es verabsäumt, auch Proben in verschiedenen Entfernungen von der Oberfläche zu entnehmen. Schätzungsweise möchte ich jedoch vermuten, daß die Schimmelpilze wohl sicher

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> a. a. O.

schon in 60—80 cm Entfernung von der Oberfläche abgetötet werden, da ja hier sicher einige Tage hindurch Temperaturen von ca. 60° herrschen. *Bacillus coli* wird sogar nur bis 20 oder höchstens 40 cm von der Oberfläche noch vorkommen können. Hier kann man also sicher annehmen, daß der weitaus größte Teil eines größeren Heuhaufens von ihm befreit wird. Am besten würde die Selbststerilisierung dadurch zu unterstützen sein, daß man größere Haufen nach etwa 6 Tagen von neuem umsetzte und die oberflächlichen Partien nach innen brachte. Der *Bacillus calfactor* wird sich natürlich ziemlich tief von der Oberfläche hinein in Sporenform lebend erhalten.

Übrigens wird in nassen Gegenden, wie z. B. in Holland und im Gebirge das Verfahren der Braunheuwerbung auch aus dem Grunde vor dem der gewöhnlichen Dürrheuwerbung bevorzugt, weil selbst relativ feuchtes Heu nicht der Verschimmelung anheimfällt (vgl. BOEKHOUT und DE VRIES<sup>1)</sup>, FALKE<sup>2)</sup>), was nach den von uns mitgeteilten experimentellen Daten vollkommen verständlich ist.

---

## Kapitel IX.

### Die thermophilen Mikroorganismen und ihre Existenzbedingungen in der Natur.

Alle Lebewesen vermögen ihre Lebensfunktionen nur innerhalb eines gewissen Temperaturspielraums zu entfalten. Ihre Lebenstätigkeit beginnt langsam bei einer bestimmten unteren Grenze, dem Minimum, steigert sich dann bis zu einem gewissen Punkte, wo sie auf die Dauer am kräftigsten sich äußert, dem Optimum, und erlischt nach längerer oder kürzerer Zeit, wenn eine obere Grenze, das Maximum, überschritten wird. Diese drei Kardinalpunkte der Temperatur sind für die einzelnen Organismen verschieden, doch kann man für alle höheren Pflanzen und auch für die meisten niederen annehmen, daß ihre Existenzmöglichkeit zwischen die Grenzen 0—10° und 35—45° eingeschlossen sind. Was die obere Grenze anbetrifft, die uns hier besonders interessiert, so gilt für die Tiere das gleiche.<sup>3)</sup> Für die Metazoen liegt die maximale Temperatur meist zwischen 30 und 40°, selten steigt sie auf 45°, wie bei einigen

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> a. a. O.

<sup>3)</sup> Vgl. DAVENPORT, C. B. und CASTLE, W. E., *Studies in Morphogenesis* III. On the acclimatization of organisms to high temperatures. *Archiv f. Entwicklungsmechanik der Organismen* Bd. 2 S. 227 1895.

Wasserinsekten und Süßwasserwürmern. Höher steigt auch hier die obere Lebensgrenze nicht, so daß allgemein für die Hauptmasse der Lebewesen die Existenz oberhalb 45° ausgeschlossen ist.

Als seltene Ausnahmen nur galten verschiedene Lebewesen, die man in heißen Quellen<sup>1)</sup> antraf, wie blaugrüne Algen, Diatomeen, Insekten, Würmer, ja Fische. Doch sind die Angaben hierüber recht ungleich zuverlässig, neben unzweifelhaft richtigen, kritischen Beobachtungen stehen solche, die mit großer Reserve aufzunehmen sind. Mit Sicherheit beobachtete z. B. COHN<sup>2)</sup> am Ausfluß des kleinen Sprudels in Karlsbad an einer Stelle, wo das Thermometer 59° zeigte, mehrere Arten von Oszillarien (blaugrünen Algen). HOPPE-SEYLER<sup>3)</sup> sah in den Thermen von Ischia bei etwa 60° lebende Algen, bei höherer Temperatur nicht. Doch wurden von anderen Autoren noch viel heißere Quellen als Wohnstätten von Lebewesen angegeben.

In ein neues Stadium trat die Erforschung der wärmeliebenden Lebewesen, der sogenannten Thermophilen, als MIQUEL<sup>4)</sup> im Jahre 1879 bei der biologischen Analyse des Seineswassers die überraschende Entdeckung machte, daß ein fadenbildendes unbewegliches Bakterium Temperaturen von 60—70° noch „très supportable“ fand und erst bei 72° abstarb. „Il est curieux“, sagte er, „de voir un être vivant pulluler dans un milieu liquide, où la main est cruellement brûlée en quelques secondes.“ Noch merkwürdiger aber war, daß dieser von ihm als *Bacillus thermophilus* bezeichnete Mikrobe unterhalb 42° überhaupt nicht gedeihen konnte. Bald darauf fand auch VAN TIEGHEM<sup>5)</sup> einen Kettenkokkus und einen Bacillus, welche sich in 74° heißer Bohnenbrühe noch entwickelten. Der Bacillus bildete sogar bei dieser Temperatur Sporen. Erst bei 77° versagte er. Als dann einige Jahre später GLOBIG<sup>6)</sup> systematisch nach Thermophilen suchte, stellte es sich heraus, daß sie sehr verbreitet sein müssen in der Natur und daß die ersten Funde keineswegs allein dastehende Kuriosa sind. Er isolierte aus verschiedenen einheimischen und tropischen Proben von Erde 30 Arten von Bakterien, die bei 58° wuchsen. Auch kreidig weiße Kolonien bekam er auf den ausschließlich als Nährboden benutzten

<sup>1)</sup> DAVENPORT und CASTLE a. a. O. S. 233.

<sup>2)</sup> COHN, F., Über die Algen des Karlsbader Sprudels und deren Anteil an der Bildung des Sprudelsinters Flora, Bd. 45 S. 538 1862; vgl. auch 40. Jahresber. d. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur S. 65.

<sup>3)</sup> HOPPE-SEYLER, Über die obere Temperaturgrenze des Lebens. Pflüger's Archiv Bd. XI S. 113—121 1875.

<sup>4)</sup> MIQUEL, Bulletin de la Statistique municipale de la ville de Paris; décemb. 1879. Annuaire de l'observatoire de Montsouris pour 1881 p. 464.

<sup>5)</sup> VAN TIEGHEM, Ph., Bulletin de la société botanique de France; janv. 1881 p. 35.

<sup>6)</sup> GLOBIG, Über Bakterienwachstum bei 50—70°. Zeitschr. f. Hygiene Bd. 3 S. 294 1887.

Kartoffeln, d. h. er hat höchst wahrscheinlich auch unseren *Actinomyces thermophilus* schon in Händen gehabt. Bei der weiteren Suche fanden MAC FADYEN und BLAXALL<sup>1)</sup> thermophile Bakterien in Fluß-, Kloakenwasser und Seewasser, Jauche, Faeces, Staub, Stroh, Dünger, im Schlamm der Themse und wieder im Boden bis 5 engl. Fuß tief. RABINOWITSCH<sup>2)</sup> durchforschte mit Erfolg Erde, frisch gefallenen Schnee, Hafer, Weizen, Gerste, Milch, Spreewasser, Kot von Pferden, Kühen, Rindern, Ziegen, Kaninchen, Meerschweinchen, Hunden, Mäusen, Tauben, Hühnern, Enten, Papageien, Menschen, Fischen und Fröschen usw. und zog sieben verschiedene Arten ans Licht.

OPRESCU<sup>3)</sup> wies thermophile Bakterien in Blutserum, Roquefortkäse, Kanalwasser nach, MICHAELIS<sup>4)</sup> in verschiedenen Brunnen. LAXA<sup>5)</sup> fand einen Thermophilen bei der sogenannten Schaumgärung des Sirups. SAMES<sup>6)</sup> isolierte seine Arten aus Erde, Luft, Milch, Kehrlicht, Stroh, Jauche, Wasser, Mundschleim, Faeces usw. WEBER macht besonders darauf aufmerksam, daß die Milch stets thermophile Formen enthält, die bei gewöhnlicher Temperatur nicht nachweisbar sind, die aber sich sofort entwickeln und die Milch verändern, wenn sie bei höherer Temperatur längere Zeit verweilt. Auch in Speisen entwickeln sie sich unter den gleichen Bedingungen, wie SCHARDINGER<sup>7)</sup> angibt.

Im menschlichen Darm sind, wie TSIKLINSKY<sup>8)</sup> berichtet, Thermophile stets anzutreffen. Schon 8—10 Stunden nach der Geburt des Kindes haben sie seinen Darm besiedelt. CATTERINA<sup>9)</sup> beschreibt eine Art aus Grabenwasser.

Die meisten der von den verschiedenen Autoren gefundenen Formen sind nur ungenau beschrieben und überhaupt nicht benannt. In rühmlichem Gegensatz zu ihnen stehen die Formen, die O. BLAU<sup>10)</sup> aus Erd-

---

1) a. a. O. sowie Journal of Patho- and Bakteriology Bd. 3 1894.

2) a. a. O.

3) OPRESCU, V., Studien über thermophile Bakterien. Archiv f. Hyg. Bd. 33 S. 164 1898.

4) MICHAELIS, G., Beiträge zur Kenntnis der thermophilen Bakterien. Archiv f. Hygiene Bd. 36 S. 285 1899.

5) LAXA, O., Über einen thermophilen Bazillus aus Zuckerfabrikprodukten. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 4 S. 362 1898.

6) SAMES, Zur Kenntnis der bei höherer Temperatur wachsenden Bakterien und Streptothrixarten. Zeitschr. f. Hygiene Bd. 33 S. 313 1900.

7) SCHARDINGER, FR., Über thermophile Bakterien aus verschiedenen Speisen und Milch usw. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel Bd. 6 S. 865 1903.

8) TSIKLINSKY, P., Sur la flore microbienne thermophile du canal intestinale de l'homme. Annales de l'Institut Pasteur Bd. 13 S. 216 1903.

9) CATTERINA, G., Beitrag zum Studium der thermophilen Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 12 S. 353 1904.

10) a. a. O.

boden isolierte. Sie sind fast die einzigen, die so genau beschrieben sind, daß man sie wiedererkennen kann.

Begreiflicher Weise richtete man bald das Augenmerk auf die heißen Quellen. Es wurde in der Tat auch hier die Existenz von thermophilen Formen nachgewiesen von KARLINSKI<sup>1)</sup>, TEICH<sup>2)</sup> in den Schwefelthermen von Ilidze in Bosnien (51—58°), von TSIKLINSKI<sup>3)</sup> in den Thermen von Ischia im Golf von Neapel, von BENIGNETTI<sup>4)</sup> im Schlamm des Thermalbades Acqui (Piemont). Eine besondere biologische Bedeutung scheinen die Mikroben zu haben, die in verschiedenen Schwefelthermen als Bestandteile von schwefelhaltigen schleimigen Zoogloen und Sedimenten gefunden wurden. So beobachteten CERTES und GARRIGOU<sup>5)</sup> Stäbchen und Fäden in den aus Schleim und reduziertem Schwefel bestehenden Massen (barégine); die bei 50° in den Quellen von Luchon auftreten, und auch im Wasser bei 64°. PERONCITO und VALALDA<sup>6)</sup> fanden Oszillarien und farblose Fäden (Leptothrix?) bei 40—52° in den rötlichen Massen (muffe) die aus schleimiger Kittmasse, Schwefel und Mikroben bestehen. In Yumoto bei Nikko in Japan konstatierte MIYOSHI<sup>7)</sup> bei 51—68° in den Schwefelrasen das Vorkommen eines sichelförmigen, mit Schwefel inkrustierten Bacillus und einer Leptothrix; und in der Eisentherme von Ikao fand er<sup>8)</sup> bei 41—45° üppigste Rasen der Eisenbakterie *Leptothrix ochracea*.

Was dann die physiologischen Eigenschaften der verschiedenen gefundenen Formen anbetrifft, so ist zunächst übereinstimmend bei allen die Fähigkeit bemerkenswert, noch bei hohen Temperaturen zu gedeihen. Die obere Grenze ist verschieden. VAN TIEGHEM's Bacillus bildete noch bei 74° Sporen, einer von den Formen MAC FADYEN's wuchs ebenfalls noch hier, RABINOWITSCH's Bakterien wuchsen zum Teil, aber sehr

<sup>1)</sup> KARLINSKI, Zur Kenntnis der Bakterien der Thermalquellen. Hyg. Rundschau Bd. 6 1895.

<sup>2)</sup> TEICH, Beiträge zur Kenntnis der thermophilen Bakterien. Ebenda Bd. 7 S. 1094 1896.

<sup>3)</sup> TSIKLINSKY, P., Les microbes thermophiles des sources thermales. Annales de l'Institut Pasteur Bd. 13 S. 788 1899.

<sup>4)</sup> BENIGNETTI, D., Di un germe termofilo isolato dai fanghi d'Acqui. Revista d'Igiene e Sanità pubblica 1905.

<sup>5)</sup> CERTES und GARRIGOU, De la presence constante de microorganismes dans les eaux de Luchon recueillés au griffon à la température de 64° et de leur action sur la production de la barégine. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 103 1886.

<sup>6)</sup> PERONCITO, E. und VALALDA, L., Intorno alla così dette muffe delle terme di Valdieri presco Cimeo (Piemonte). Notarisia Bd. 2 S. 333 1887.

<sup>7)</sup> MIYOSHI, M., Studien über die Schwefelrasenbildung und die Schwefelbakterien der Thermen von Yumoto bei Nikko. Journal of the College of Science Imp. Univ. Tokyo Bd. 10 S. 143 1897.

<sup>8)</sup> Derselbe, Über das massenhafte Vorkommen von Eisenbakterien in den Thermen von Ikao. Ebenda Bd. 10 S. 139 1897.

kümmertlich, bei 75°, das gleiche Maximum erreichten zwei Arten SAMES', ein anderer soll sogar hier noch Sporen bilden. Das höchste Temperaturmaximum gibt KARLINSKI für seine beiden Arten *Bacterium Ludwigi* und *Bacillus Jlidzensis capsulatus* an, nämlich 80°. Der *Bacillus tostus* BLAU's wuchs noch bei 74—75° und bildete Sporen noch bei 73—74°. Andere der beschriebenen Formen hatten niedrigere Maxima von 65, 60°. Im allgemeinen kann man also sagen, daß, abgesehen von dem abnorm hohen Maximum der KARLINSKI'schen Formen, bei Temperatur von über 75° die Bakterien nicht mehr wachsen. Daß sie kurze Zeit noch höhere Temperaturen vertragen können, zeigte meine Beobachtung am *Bacillus calfactor*, der bei 80° noch 10 Minuten lebhaft beweglich war (siehe S. 56).

Auch die untere Grenze schwankt. Eine Form GLOBIG's soll zwischen Zimmertemperatur und 68° wachsen, wäre also gar nicht thermophil im strengsten Sinne. Die meisten Arten beginnen ihr Wachstum bei 40°, einer erst bei 50°; von anderen wird angegeben, daß sie schon bei etwa 25° anfangen zu wachsen. Alle sind jedoch unterhalb des Minimums vollkommen untätig und wachsen, wie in vielen Fällen festgestellt wurde, auch nach Wochen nicht. Ja ich konstatierte sogar (siehe S. 58), daß bei niedriger Temperatur die Atmung fast vollständig sistiert ist.

Die meisten Formen sind durch reichliche Sporenbildung ausgezeichnet, die oft endständig erfolgt. Auffällig ist, daß fast ausschließlich Stäbchen die Gruppe der thermophilen zusammensetzen, Kokken fehlen fast ganz, Vibrionen und Spirillen gänzlich. Viele sind beweglich, wahrscheinlich mehr als von denen es angegeben ist, da oft die Beweglichkeit nur bei Zimmertemperatur geprüft wurde.

Was ihr Verhältnis zum Sauerstoff anbetrifft, so sind die meisten aëroben Organismen, d. h. sie bedürfen ihn. Doch sind interessanterweise auch anaëroben gefunden worden (SCHARDINGER fand z. B. ein zwischen 37 und 60° wachsendes Bakterium, welches anaërob lebte und reichlich Gas bildete).

Einige wenige Formen sind Gärungserreger, wie drei der von MICHAELIS studierten Formen, die Traubenzucker, aber nicht Milchzucker angriffen. Nach SCHILLINGER<sup>1)</sup> gerät Milch mit Erde geimpft bei 66° in lebhaftes Gärung (unter Entwicklung von Kohlensäure und Wasserstoff), desgleichen Bouillon mit 5% Dextrose. Die Reinkulturen, die er heranzüchtete, gärten jedoch nicht (sind vielleicht gar nicht die thermophilen Formen gewesen). Ähnliches gibt SAMES an. Auch bei ihm handelte es sich um einen thermotoleranten *Bacillus*, der noch bei 22° wuchs. Daß thermophile Bakterien auch Cellulose zersetzen

<sup>1)</sup> SCHILLINGER, Über thermophile Bakterien. Hygien. Rundschau S. 568 1898.

können, haben MAC FADYEN und BLAXALL<sup>1)</sup> nachgewiesen, indem sie konstatierten, daß Filtrierpapier bei 60° in Flüssigkeiten an zu gären fängt, denen etwas Erde hinzugesetzt ist, und schon nach 3 Wochen vollkommen zersetzt ist.

Besonders interessant ist die Frage, ob sich bei den Thermophilen Fermente finden. Sie mußten besonderer Natur sein, da im allgemeinen Fermente schon bei 60° abgetötet werden. OPRESCU macht einige Angaben über ein stärkelösendes und ein eiweißlösendes Ferment. Das letztere wurde jedoch schon zwischen 60 und 65° unwirksam. Das stärkelösende Ferment, eine Diastase, hielt sich aber 1 Stunde lang bei 80°. Von den MAC FADYEN'schen Bakterien lösten 4 Stärke auf, 8 vermochten Rohzucker zu invertieren.

Eigentliche Fäulnisbakterien sind die thermophilen Bakterien nicht, trotzdem eiweißlösende Fermente bei ihnen vorkommen. Das geht wenigstens aus der Beobachtung MAC FADYEN's und BLAXALL's hervor, daß eine Maus bei 65° keine Fäulniserscheinungen zeigte, sondern allmählich zur Mumie wurde. Doch konstatierte andererseits WEBER<sup>2)</sup> bei seinen Thermophilen energische Schwefelwasserstoffbildung.

Soweit die oben erwähnten thermophilen Bakterien auf krankheits-erregende Eigenschaften geprüft wurden, erwiesen sie sich sämtlich als harmlos.

Schon GLOBIG entdeckte neben Bakterien auch kreideweiße Kolonien, die offenbar einem Actinomyces angehörten. Später haben KĘDZIOR<sup>3)</sup>, SAMES, MAC FADYEN und BLAXALL, TSIKLINSKI, GILBERT und andere ähnliche Funde gemacht. Die Temperaturgrenzen werden verschieden angegeben, doch glaube ich, daß wohl alle die Aktinomycesformen nahe verwandt untereinander und mit meinem Aktinomyces sind (vgl. S. 61). Eine ganze Anzahl Aktinomycceten, über deren untere Temperaturgrenze keine Angaben gemacht sind, erhielt BERESTNEW<sup>4)</sup> stets, wenn er Strohstückchen im Thermostaten bei Bluttemperatur hielt. Es traten dann die charakteristischen staubigen Flecke auf. Auch die „fioritura“ SPLENDORE's<sup>5)</sup> wird durch eine verwandte Form hervorgerufen sein. Jedenfalls haben wir auch unter dieser Pilzgattung eine Anzahl unzweifelhafter Thermophiler.

<sup>1)</sup> a. a. O. (1899).

<sup>2)</sup> WEBER, A., Die Bakterien der sogenannten sterilisierten Milch des Handels usw. Arbeiten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes Bd. 17 S. 108.

<sup>3)</sup> KĘDZIOR, Über eine thermophile Cladothrix. Archiv f. Hyg. Bd. 27 S. 328 1896.

<sup>4)</sup> BERESTNEW, Aktinomykose und ihre Erreger. (Russisch.) Moskauer Dissertation 1897. Vgl. seine Abbildung 13 auf Tafel IV.

<sup>5)</sup> SPLENDORE, Sopra una nuova specie di Oospora den. Oospora nictotianae, quale causa della fioritura nei sigari forti e nelle masse in fermentazione di queste sorte di lavorati. Rivista tecnica e di amministrazione per i servizi delle private finanziarie, Roma 1899.

Sehr interessant war dann schließlich die Entdeckung TSIKLINSKI's<sup>1)</sup>, daß es sogar unter den Pilzen einen echten Thermophilen gibt. Es ist ihr *Thermomyces lanuginosus*, den sie auf Kartoffeln wachsen sah, als sie dieselben mit Erde impfte, und den ich (vgl. S. 67) im Heu direkt beobachtete. Seine Grenzen sind 30 und 58°. An ihn schließen sich weiter der von LINDT entdeckte *Mucor pusillus* mit den Grenzen 24—50° und der *Rhizomucor parasiticus* und zuletzt mein *Thermoascus aurantiacus* (35—55°) an.

Mit der obigen Übersicht, die eine stattliche Zahl von thermophilen Lebewesen ergeben hat, haben wir jedoch noch nicht alle erschöpft. Es gehören vielmehr hierher noch einige Krankheitsbakterien, vor allem der Tuberkelbacillus, der mit seiner unteren Wachstumsgrenze von 30° ein echter Thermophile ist.

Vergleichen wir die Thermophilen mit anderen Bakterien, so sehen wir, daß bei aller Geschlossenheit dieser interessanten Gruppe, doch allmähliche Übergänge nach zwei Seiten vorkommen können. Es gibt nämlich einerseits Bakterien, welche zwar bei Zimmertemperatur wachsen können, die aber ein ziemlich hohes Maximum besitzen. Hierher gehören z. B. der *Bacillus subtilis*, der *Bacillus mesentericus* usw., die bei 50° und mehr noch wachsen. Andererseits gibt es Formen, die unzweifelhaft sehr wärmebedürftig sind, aber doch bei niederen Temperaturen nicht ganz versagen, wie z. B. der *Cholera vibrio*, der *Typhus bacillus*, der *Milzbrand bacillus*, kurz fast alle pathogenen Bakterien, sowie die pathogenen Schimmelpilze *Aspergillus fumigatus*, *Mucor corymbifer* usw.

Unter diesen Umständen ist eine begriffliche Scheidung von Gruppen nach ihrem Wärmebedürfnis eine mißliche Sache. Zunächst müssen wir daran festhalten, daß für die Unterscheidung der Hauptgruppen in erster Linie das Temperaturminimum entscheidend ist. Wir schlagen also vor, als thermophile Organismen diejenigen zu bezeichnen, die bei Zimmertemperatur nicht mehr wachsen. Als Grenze könnten wir zweckmäßig 25° wählen. Die Thermophilen, welche mit ihrem Maximum bis 60 und 70° wachsen (also über die Koagulationstemperatur des Eiweißes hinaus), könnten wir als Orthothermophile aus den gewöhnlichen Thermophilen herausheben. Die Organismen, welche ein hohes Temperaturmaximum (etwa 50—55°) haben, aber auch bei gewöhnlicher Temperatur flott wachsen, nennen wir nach dem Vorgange SCHILLINGER's<sup>2)</sup> thermotolerant und umgekehrt die, welche ihr bestes Gedeihen bei hoher Temperatur finden, aber bei niederer wenn auch langsam wachsen können, psychrotolerant. Diejenigen schließlich — um die Klassifikation vollständig zu machen — die nur bei niederen Temperaturen wachsen, und ihr Maximum

<sup>1)</sup> a. a. O. (1899).

<sup>2)</sup> a. a. O. — Wenn der Autor jedoch auf Grund einiger Beobachtungen alle thermophilen Bakterien nur für thermotolerante hält, so ist das eine unzulässige Verallgemeinerung.

höchstens bei 35° haben, wollen wir psychrophile nennen und hier wieder die extreme Gruppe derjenigen Formen, die noch bei besonders tiefen Temperaturen üppig gedeihen, als orthopsychrophile besonders kennzeichnen. Nach dieser Bezeichnungsweise wären also z. B. orthothermophile Organismen: der *Bacillus calfactor* und die 4 Species BLAU's, allenfalls der *Actinomyces thermophilus* und der *Thermomyces lanuginosus*; thermophile: der Tuberkelbazillus, der Influenzabazillus (Min. 25°), *Thermascus aurantiacus*, *Mucor pusillus*, allenfalls auch der Diphtheriebazillus; thermotolerante: *Bacillus subtilis*, *mesentericus ruber*, *Bacillus parvus* usw.; psychrotolerante sind die meisten pathogenen Bakterien und Pilze, also z. B. *Bacillus anthracis*, *Bacillus typhi*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor corymbifer* usw.; psychrophil sind die Menge der gewöhnlichen, verbreiteten Bakterien und Pilze, wie z. B. *Bacillus fluorescens liquefaciens*, *Bacillus mycoides*, *Penicillium glaucum*, *Bacillus coli* usw.; orthopsychrophil wären schließlich eine Anzahl von Pilzen und Bakterien, die selbst bei 0° und wenig darüber wachsen, wie z. B. *Bacterium phosphoreum*, das selbst im Eis noch leuchtet, sowie die von SCHMIDT-NIELSEN<sup>1)</sup>, FORSTER<sup>2)</sup>, MÜLLER<sup>3)</sup> u. a. erwähnten Mikroorganismen. Eine scharfe Abgrenzung der einzelnen Gruppen ist, wie gesagt, nicht gut möglich, ich glaube aber, daß immerhin die obige Gruppierung einen ganz brauchbaren Überblick über die verschiedenen Ansprüche der Mikroorganismen an die Temperatur gewährt.

Von ganz besonderem Interesse ist nun die Frage, wo eigentlich die thermophilen Mikroorganismen in der Natur existieren können. So emsig man auch nach der Verbreitung der Organismen in den verschiedensten Lokalitäten und Medien geforscht hat, so wenig ist doch dadurch für die Kenntnis der wirklichen Standorte der wärmeliebenden Bakterien gewonnen. Denn daß sie in Seinerwasser, in Fluß-, Meerwasser Jauche, Brunnen usw. nicht wirklich in Lebenstätigkeit sich befanden, ist ja ohne weiteres klar. Die Standorte der thermophilen Bakterien stehen aber gerade in besonderer Beziehung zu unseren Problem der Selbsterhitzung, weshalb auch die ausführlicheren Überlegungen dieses Kapitels sich rechtfertigen.

Im allgemeinen haben die Autoren die Frage, wo thermophile Bakterien in Üppigkeit vorkommen, nur flüchtig behandelt. Wenn wir

---

<sup>1)</sup> SCHMIDT-NIELSEN, S., Über einige psychrophile Organismen. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 9 S. 145 1902.

<sup>2)</sup> FORSTER, Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriol. Bd. 2 S. 337 1887. Derselbe, Über die Entwicklung von Bakterien bei niederen Temperaturen. Ebenda Bd. 12 S. 431 1892.

<sup>3)</sup> MÜLLER, M., Über das Wachstum und die Lebenstätigkeit von Bakterien, sowie den Ablauf fermentativer Prozesse bei niederer Temperatur unter spezieller Berücksichtigung des Fleisches als Nahrungsmittel. Arch. f. Hyg. Bd. 47 S. 127 1903.

an diese Frage von ganz allgemeinen Gesichtspunkten herantreten; so lassen sich etwa folgende Möglichkeiten denken, die das Vorkommen von thermophilen Mikroben erklären könnten.

1. Es gibt gar keine thermophile sondern nur thermotolerante Lebewesen, wie SCHILLINGER behauptet. Diese Ansicht wird durch alles Vorhergehende von selbst widerlegt, so daß wir kein Wort zu verlieren brauchen.

2. Unter besonderen Bedingungen kann das Minimum sich nach unten verschieben, d. h. die thermophilen Mikroorganismen finden vielleicht besondere Bedingungen in der Natur, die sie auch bei Temperaturen unter 30° zum Wachsen veranlassen. Dies schien durch einige Angaben der RABINOWITSCH wahrscheinlich zu werden, welche (allerdings nur vorsichtig) behauptete, daß die Thermophilen anaerobe Organismen seien, die nur bei höherer Temperatur aerob wüchsen, bei niedriger Temperatur jedoch anaerob rascher fortkämen. Diese Ansicht haben MAC FADYEN und BLAXALL, OPRESCU, SAMES und ich selbst nicht bestätigen können. Es ist jedoch immerhin möglich, daß RABINOWITSCH andere Formen in Händen gehabt hat. Wenn nun auch wahrscheinlich die Sauerstofffrage ohne Bedeutung ist, so bleibt immer noch die Möglichkeit, daß eine bestimmte Ernährungsweise oder chemische Faktoren die Bedingungen für das Wachstum von thermophilen auch bei niedriger Temperatur abgeben.

3. Die Sonne ist die Wärmequelle, welche die Thermophilen wachsen läßt. Hieran haben die ersten Beobachter zuerst gedacht und in der Tat kann die Sommerwärme sehr wohl in Betracht kommen, aber nur da, wo gleichzeitig genug Feuchtigkeit vorhanden ist und das intensive Licht abgehalten wird. Die direkt von der Sonne bestrahlte Bodenoberfläche würde allerdings wohl nicht der geeignete Ort sein, weil sie zu trocken ist und das Licht zu intensiv wirken würde (vgl. SAMES). Wohl aber könnten fäulnisfähige Stoffe (Pflanzenreste), wenn sie von der direkten Sonne getroffen werden, warm genug werden, und da sie gleichzeitig Nahrung und Feuchtigkeit spenden, eine thermophile Flora zur Entwicklung bringen. SAMES u. a. haben Versuche gemacht, Kulturen in der Sonnenwärme zur Entwicklung zu bringen. SAMES hielt sie hinter einem schwarzen Schirm und konstatiert in der Tat Wachstum der Kulturen. Die Temperatur erreichte hier im August oft mehr als 40° (gelegentlich 49°, ja 57°) und hielt sich häufig 6 und mehr Stunden hindurch auf 35—45°. Ich gebe hier einige der Temperaturmessungen von SAMES<sup>1)</sup> wieder, die mit Hilfe eines Thermometers mit geschwärzter Kugel gemacht werden. Länger dauernde Erwärmung auf mindestens 40° ist nach meinen Erfahrungen unbedingt erforderlich auch für solche Formen, die schon bei 30° anfangen zu wachsen, denn hier dauert es

<sup>1)</sup> a. a. O. S. 348, 349.

Miehe, Die Selbsterhitzung des Heus.

etwa 3 Tage, bis eben sichtbare Kolonien auftauchen. Bei 40° hingegen ist bei *Bacillus calfactor* schon nach 6 Stunden eine kräftige Kultur entwickelt.

Zeit	Uhr									
	11	12	1	2	3	4	5	6	6 <sup>1/2</sup>	
21. Aug. 1898	48° 38°	59° 46°	54° 44°	51,5° 46°	53° 44°	48,5° 46°	44° 43,5°	34° 36°	34° 36°	direkt unter schwar- zem Papier
22. Aug. 1898	44,5° 38°	45,5° 45°	48° 49°	46° 48°	44,5° 44°	48,5° 44,5°	44,5° 43°	34,5° 35,5°	31,5° 35,5°	direkt unter schwar- zem Papier
7. Sept. 1898	44,5° 40°	48,5° 44°	48° 49°	47° 48°	47,5° 46°	44,5° 44,5°	44,5° 40°			direkt hinterschwar- zem Papier

Noch viel günstiger wird die Sonnenwärme in den Tropen für das Wachstum von Thermophilen sein. Es wäre denkbar, daß viele Arten dort ihre eigentliche Heimat hätten und in anderen Gegenden sich nur kümmerlich erhalten könnten, wenn gelegentlich günstige Temperaturen erreicht würden. Ob der GLOBIG'schen Angabe, nach welcher tropische Erdproben reicher an thermophilen Bakterien sind als solche aus gemäßigten Breiten, eine allgemeine Bedeutung zukommt, wäre erneut zu untersuchen. Überhaupt würde eine von Temperaturmessungen der Sonnenwärme geleitete Nachforschung nach den Standorten thermophiler Lebewesen sehr erwünscht sein, nicht nur in den Tropen, sondern auch in unseren Breiten.

4. Kann der warme Tier- und Menschenkörper als Wohnstätte thermophiler Lebewesen in Frage kommen. Allerdings ist es für die Orthothermophilen mehr als zweifelhaft, ob sie hier in üppiger Vermehrung vorkommen oder vielmehr nur gelegentlich. Daß sie im Darm nachgewiesen sind, beweist noch nicht, daß sie sich auch hier vermehren, wie RABINOWITSCH annimmt. Dies ist sogar deshalb zweifelhaft, weil die meisten thermophilen Bakterien schlechter bei Abwesenheit des Sauerstoffs wachsen und hier meist keine Sporen bilden können, und viele streng aërob sind.

Wohl aber kommt der menschliche Körper für den thermophilen Tuberkelbazillus, sowie die psychrotoleranten Bakterien und Schimmelpilze in Betracht, wie wir noch im einzelnen zu erörtern haben werden (siehe das folgende Kapitel). Zum Teil hausen die Bakterien und Pilze auf der Oberfläche des Körpers, wie z. B. die Favuspilze im Haar, der

Smegmabazillus usw., zum Teil besiedeln sie die Höhlungen (Lunge, Nase, Ohr, Darm, Vagina usw.), zum Teil dringen sie in die Gewebe des Körpers tiefer ein, vermehren sich im Blut usw. Auch die Nester der brütenden Vögel sind hier als Wohnstätten thermophiler und psychrotoleranter Formen in Erwägung zu ziehen.

Selbst wenn wir die Möglichkeit einräumen müssen, daß die Sonnenwärme und die Wärme der Warmblüter orthothermophilen Organismen die Möglichkeit zur Existenz gelegentlich geben kann, so bleibt doch eins noch recht unerklärlich, nämlich das ungewöhnlich weit hinauf reichende Optimum. Denn obwohl viele Thermophile schon bei 40° ganz gut wachsen, so ist doch erst die Temperatur zwischen 50° und 65° im allgemeinen die optimale. Und diese Temperaturen werden im menschlichen resp. tierischen Körper nie und von der Sonnenwärme nur so selten erreicht, daß sich die allgemeine Verbreitung der orthothermophilen Lebewesen kaum erklären läßt, wenn wir nicht einen Transport aus den Tropen annehmen wollen. Halten wir also an dem Bestreben fest, die Eigenschaften der Organismen als Anpassungen aufzufassen, so läßt sich das abnorm hohe Optimum der Orthothermophilen schlechterdings nicht als Anpassungsreaktion auf irgend welche durch die Sonne oder durch den Tierkörper gegebene natürliche Bedingungen erklären.

5. Die Eigenwärme unserer Erde, die sich in vulkanischen Gegenden in den heißen Quellen kund tut, ist als Lebensfaktor nur bei wenigen Thermophilen zu berücksichtigen. Denn die Thermen sind so arm an organischen Stoffen, daß die meisten Bakterien nicht in ihnen fortkommen können. Die Funde, die man gelegentlich in heißen Quellen gemacht hat, sind also ähnlich zu beurteilen wie diejenigen in gutem reinen Trinkwasser oder Quellwasser. Anders ist es mit den von CERTES und GARRIGOU, MIYOSHY u. a. aufgefundenen Schwefelbakterien und Leptothrixarten. Obleich über den Stoffwechsel dieser Formen keine Untersuchungen angestellt sind, so liegt es doch nahe, daß sie ein ähnlich einfaches Nahrungsbedürfnis haben, wie verwandte Organismen aus dem kalten Wasser, und daß sie bei der Bildung der Schwefelmassen beteiligt sind. Dem entspricht auch ihr massenhaftes Vorkommen in den Quellen. Dasselbe gilt auch für die Algen (Cyanophyceen, Diatomeen) die von vielen Beobachtern in heißen Quellen angetroffen wurden. Sie sind ja ganz von organischen Stoffen unabhängig, so daß sie sich auch in derartigen Quellen, die sehr wenig davon enthalten, üppig vermehren können. Merkwürdig ist es nur, wie sie hineingelangt sind.<sup>1)</sup> Da die heißen Quellen nur sehr sporadisch über die Erde verteilt sind, ist kaum anzunehmen, daß es sich überall um dieselben Arten handelt, die vielleicht

---

<sup>1)</sup> Wenigstens ist dies dann einigermaßen merkwürdig, wenn sie orthothermophil sind, was meines Wissens nie festgestellt wurde. LÖWENSTEIN'S Alge ist psychrotolerant.

an einzelnen Quellen zuerst aufgetaucht sind und sich dann über die anderen verbreitet haben. Es ist vielmehr sehr wahrscheinlich, daß es Lokalfloren im strengsten Sinne sind. Die thermophilen Algen und Fadenbakterien (auch die anderen Lebewesen, von denen berichtet wird) werden ganz allmählich, von den kälteren Teilen in die heißen vorge- drungen sein, indem sie sich in langen Zeiträumen allmählich anzupassen vermochten und sich so ein neues Gebiet eroberten. Daß eine derartige Anpassung an höhere Temperaturen möglich ist, haben verschiedene Versuche bewiesen. So scheint sie nach LÖWENSTEIN's<sup>1)</sup> Beobachtungen an einer Alge aus dem Karlsbader Sprudel sehr rasch zustande zu kommen da sie auch sehr rasch wieder verloren gehen. Vor allem sind die schönen Experimente des englischen Geistlichen DALLINGER<sup>2)</sup> bemerkenswert, die er auf Anregung von CHARLES DARWIN unternommen hat. In einem außerordentlich genau funktionierenden Thermostaten ge- wöhnte er Schritt für Schritt drei Arten von Flagellaten an immer höhere Temperaturen. Der höchst wichtige, mühsame Versuch, der von der Geduld und Geschicklichkeit des Reverend ein glänzendes Zeugnis ablegt, dauerte 7 Jahre, nahm aber dann infolge eines unglücklichen Zufalls ein vorzeitiges, im Interesse der Wissenschaft sehr bedauerliches Ende. DALLINGER begann mit 15,5° C, gewöhnte dann die Flagellaten langsam im Verlauf von 4 Monaten bis an 21°, und brachte sie schließ- lich mit langen Erholungspausen und ganz kleinen Steigerungen, die oft zunächst schädlich wurden und dann wieder rückgängig gemacht werden mußten, allmählich auf 25,5° C. (Die ursprüngliche maximale Temperatur lag bei 23°.) Hier blieben sie 8 Monate, ohne daß es gelang, die Tem- peratur auch nur um einen viertel Grad zu erhöhen. Dann glückte die Steigerung wieder besser (offenbar war inzwischen eine Anpassung ein- getreten). In drei Monaten konnten die Mikroben 26,6° vertragen, in weiteren 9 Monaten 34°. Hier war wieder ein kritischer Punkt, nach weiteren 2 Monaten wurde aber glücklich 41,6° erreicht, nach 7 Monaten 58,5° und nach abermaligem Hin- und Herspielen der Temperatur schließ- lich 70°. Hier endete der siebenjährige Versuch. Er bewies, daß sich durch langsame Steigerung der Temperatur das Maximum der Flagellaten von 23° auf 70° verschieben ließ. Ähnliche wenn auch viel geringere Erfolge erzielten DAVENPORT<sup>3)</sup> mit Kaulquappen und DIEUDONNÉ<sup>4)</sup> mit *Bacillus fluorescens*, dessen Maximum sich allmählich von 35° auf 41,5°

<sup>1)</sup> LÖWENSTEIN, A., Über die Temperaturgrenzen des Lebens bei der Thermalalge *Mastigocladus laminosus* COHN. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 21 S. 317 1903.

<sup>2)</sup> DALLINGER, W. H., The presidents adress (9<sup>th</sup> February 1887). Journal of the Royal Mikroskopical Society S. 185 1887.

<sup>3)</sup> a. a. O.

<sup>4)</sup> DIEUDONNÉ, A., Neuere Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Bakterien. Biolog. Zentralbl. Bd. 15 S. 103 1895.

verschieben ließ, sowie mit Milzbrandbakterien, die er einerseits an 10°, andererseits an 42,5° anpaßte.

Man kann sich gut vorstellen, daß auf diesem Wege die allmähliche Besiedelung heißer Quellen mit thermophilen Organismen erfolgen kann. TSIKLINSKI<sup>1)</sup> denkt sich in ähnlicher Weise auch die Entstehung thermophiler Bakterien, gestützt auf die Beobachtung, daß ein Heubazillienstamm nach 30 Umimpfungen und kleinen Temperatursteigerungen bis auf 58° gebracht werden konnte, während sein normales Maximum bei 50° C liegt. Es wäre sehr erwünscht solche Anpassungsversuche zu wiederholen.

Die Möglichkeit, daß auf diesem Wege einmal thermophile Bakterien entstanden sein können, ist ohne weiteres zuzugeben, doch ist es wohl ausgeschlossen, daß an den Orten, wo Thermophile jetzt gefunden werden, es sich immer nur um angepaßte Thermotolerante handelt. Doch kehren wir zu unserer Hauptfrage zurück: wo können thermophile Formen in der Natur wachsen? Die Diskussion über die heißen Quellen hat das Resultat ergeben, daß im allgemeinen im Wasser nur wenig echte Bakterien vorkommen, keinesfalls können heiße Quellen für die Erklärung der großen Verbreitung orthothermophiler Formen herangezogen werden. Übrigens wäre es denkbar, daß zellulosezersetzende Thermophile, deren Vorkommen MACFADYEN und BLAXALL nachgewiesen haben, in den Schlamm heißer Gewässer die abgestorbenen Pflanzenmassen zersetzen.

6. Als letzte und wichtigste Möglichkeit bleiben die Örtlichkeiten, mit denen wir uns in der vorliegenden Abhandlung beschäftigten, nämlich die sich selbst erheizenden Pflanzenmassen. Während wir sämtlichen vorher erörterten Bedingungen nur eine beschränkte Bedeutung zuweisen konnten, sind die in heißem Heu, Mist usw. verwirklichten fraglos diejenigen, die der Lebensweise der Thermophilen am besten entsprechen. Hier ist Feuchtigkeit, Wärme und Nahrung vereinigt, hier werden regelmäßig sehr hohe Temperaturgrade erreicht, hier schließlich haben wir wenigstens einen Orthothermophilen (*Bacillus calfactor*) in ungeheuren Mengen angetroffen. Die Ställe, die Mist- und Heuhaufen der landwirtschaftlichen Betriebe hätten wir also als die Stätten anzusehen, an denen Orthothermophile sich in erster Linie erhalten. Die ungeheuren Sporenmassen, die sich rasch in den heißen Massen bilden, gelangen mit dem Dünger auf den Acker, so daß sich ihre weite Verbreitung hier ohne weiteres erklärt, oder werden durch den Wind zerstreut. Bei der ungewöhnlich kurzen Keimdauer der Sporen (bei *Bacillus calfactor* eine Stunde), der außerordentlichen Vermehrungsgeschwindigkeit der Bakterien ersteht überall binnen kurzem eine üppige Vegetation, wo durch die Gärung feuchter Pflanzenmassen die notwendige Anfangstemperatur geboten wird.

---

<sup>1)</sup> a. a. O. (1899).

Zweifelhaft könnte nur scheinen, ob die durch landwirtschaftliche Betriebe gegebenen Aufhäufungen pflanzlicher Stoffe die einzigen sind, die in Betracht kommen. Doch vermag ich im Augenblick nicht zu übersehen, wo solche ganz spontan in der Natur vorkommen könnten, ob es irgend welche Faktoren gibt, die z. B. abgefallene Blätter, Kräuter usw. in so großen Massen zusammenhäufen, daß ansehnliche Selbsterhitzung eintreten könnte. Es ließe sich vielleicht vorstellen, daß gelegentlich Hagelschläge oder Wolkenbrüche große Massen von Pflanzen zusammenschwemmen könnten, doch wären auch dies wieder nur seltene sporadische Ereignisse. Es muß ferneren Nachforschungen vorbehalten bleiben, noch weitere in der Natur spontan und auch regelmäßig eintretende Prozesse der Selbsterhitzung aufzusuchen.

Vorläufig glauben wir uns berechtigt, daran festzuhalten, daß als Hauptstandorte für die meisten (wenn nicht alle) Orthothermophilen Pflanzenstoffe im Zustande der Selbsterhitzung sind, wobei wir die Möglichkeit ohne weiteres zugeben, daß unter gewissen anderen Bedingungen ein interimistisches Wachstum hier und da eintreten kann. Die thermophilen Lebewesen schaffen sich selber ihre Existenzbedingungen, indem sie durch Atmung die Temperatur fort und fort steigern, bis ein Teil von ihnen selbst daran zugrunde geht, wie wir im Kapitel VIII mitteilten.

Interessant ist übrigens, daß nach SAITO<sup>1)</sup> alle technisch verwendeten Mucorineen ihr Optimum bei höherer Temperatur haben und bei 15° nur sehr langsam wachsen. Auch sie sind, wie es scheint, an die höhere Temperatur der gärenden Substanzen angepaßt. Ein Ähnliches gilt auch für die Hefe.

---

## Kapitel X.

### **Heisse Pflanzenstoffe als Brutstätten von Krankheitskeimen.**

Unter den Mikroorganismen, welche im Kapitel VII beschrieben wurden, befanden sich drei Schimmelpilze, welche als Krankheitserreger bekannt sind. Außerdem ist der Aktinomyces zum mindesten als verdächtig zu bezeichnen.

Diese Entdeckung läßt die Selbsterhitzung von Pflanzenstoffen in einem neuen Lichte erscheinen. Die Wärme, welche durch die Selbst-

---

<sup>1)</sup> SAITO, K., Eine neue Art der chinesischen Hefe. Zentralbl. f. Bakteriologie. II. Abt. Bd. 13 S. 153 1904.

erhitzung erzeugt wird, ist der Faktor, welcher manchen Krankheits-  
erreger eine Entwicklung in der freien Natur ermöglichen könnte.

Ich habe über dieses Ergebnis meiner Untersuchungen bereits im  
Zentralblatt für Bakteriologie<sup>1)</sup> sowie in der „Medizinischen Klinik“<sup>2)</sup>  
berichtet, so daß ich auch hier nur die Hauptpunkte des Gedanken-  
ganges zu wiederholen brauche, welcher eine Beziehung zwischen Ther-  
mophilie und Pathogenität entwickelt.

Die Frage, an welchen Stätten eigentlich die Bakterien bzw. die  
Kleinlebewelt überhaupt in der Natur existiert, d. h. wo sie ihren natür-  
lichen Standort haben, ist unbestreitbar eine der wichtigsten Fragen der  
Bakteriologie, die nicht nur bei dem betrachtenden Naturforscher, sondern  
auch bei dem Praktiker das größte Interesse beanspruchen darf. Wenn  
man die ungeheure Zahl der mühevollen und mit geistreichen Methoden  
durchgeführten Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroben in  
Staub, Luft, Wasser, Boden, an Kleidern und Nahrungsmitteln, sich vergegen-  
wärtigt, so könnte es scheinen, als ob man auf diesem Gebiete sehr gut  
unterrichtet ist. In Wahrheit ist jedoch meistens durch derartige Unter-  
suchungen nicht weiter als die Existenz lebensfähiger Keime nach-  
zuweisen. Ob aber die aufgefundenen Formen wirklich dort, wo man  
sie fand, in üppiger Vermehrung vorkommen und ihren natürlichen  
Standort haben, ist nicht ohne weiteres daraus zu folgern. Wenn z. B.  
die Beobachter die thermophilen Bakterien stets erhielten, wenn sie  
Erdproben untersuchten, so hätten sie doch nicht daraus schließen dürfen,  
daß sie wirklich hier wachsen, wie sie vielfach getan haben. Die unge-  
heuren Mengen von Dauerformen, die viele Bakterien und Pilze bilden,  
die Leichtigkeit, mit der diese durch den Wind oder andere Transport-  
mittel überall hin verbreitet werden können, die große Widerstandskraft,  
die sie befähigt, lange Zeit ungünstigen äußeren Bedingungen zum Trotz  
sich lebensfähig zu erhalten, machen es begreiflich, wie wenig mit dem  
bloßen Nachweis der Existenz isolierter Keime geschehen ist. Erst wenn  
man solche Örtlichkeiten auffände, wo Mikroorganismen in ähnlich  
üppiger Vermehrung vorkommen, wie etwa in den Kulturen der bakte-  
riologischen Laboratorien, so würde dadurch ein wahrer Fortschritt er-  
zielt sein.

Dies ist aber keineswegs leicht. Man könnte einmal die Mikroben  
durch direkte Beobachtung nachweisen, indem man die verschiedenen  
Lokalitäten mikroskopisch und makroskopisch untersuchte. Man würde  
jedoch auf diese Weise nur solche Formen sicher erkennen können, die  
hinreichend auffällige Merkmale besitzen, wie z. B. Pilze, Strahlen-

---

<sup>1)</sup> MIEHE, H., Betrachtungen über die Standorte der Mikroorganismen  
in der Natur speziell über die der Krankheitserreger. Zentralbl. f. Bakteri-  
ol. II. Abt. Bd. 16 S. 430 1906.

<sup>2)</sup> Derselbe, Wo können pathogene Mikroorganismen in der freien Natur  
wachsen? Medizinische Klinik Nr. 36 1906.

pilze, und diejenigen Bakterien, welche sehr charakteristische Kolonierkmale aufweisen. Alle übrigen würden sich unserer Identifizierung entziehen. Oder man könnte mit Berücksichtigung solcher natürlicher Bedingungen, unter denen Mikrobenwachstum erfolgt, besonders zusammengesetzte Nährflüssigkeiten der spontanen Infektion überlassen und nun die Mikroorganismen, welche hier dominieren, genau untersuchen. Das Studium derartiger künstlicher Lokalmikrofloren scheint mir ganz besonders aussichtsvoll zu sein. Dabei müßten auch möglichst verschiedenartige, den natürlichen Bedingungen angepaßte Kulturmedien benützt werden. Denn so praktisch auch der übliche Fleischwasserpeptonnährboden ist, so ungeeignet ist er, wenn es sich um Rückschlüsse auf natürliche Standorte handelt.

Jede sichere Tatsache auf diesem Forschungsgebiete ist wertvoll, ganz besonders wertvoll sind aber zuverlässige Nachweise über das Vorkommen und Wachsen pathogener Mikroorganismen in der Natur. Denn dadurch werden der praktischen Hygiene die Infektionsherde angegeben, gegen welche sie ihre Bekämpfungsmaßregeln richten kann.

Die Frage, ob ein Krankheitskeim auch außerhalb des kranken Tier- oder Menschenkörpers vorkommen kann (d. h. immer in üppiger Vermehrung), ist für keinen mit Sicherheit bewiesen, so daß man momentan der Ansicht zuneigt: der Standort aller Krankheitserreger ist der Organismus und er ist die letzte Infektionsquelle. Einige vermögen ja wohl sicher nicht außerhalb des Tierkörpers zu wachsen, der ihr einziger Standort ist; von anderen ist das aber doch zweifelhaft.

Bei der Entscheidung, ob irgend ein Krankheitserreger ein Berufs- oder ein Gelegenheitsparasit ist (*sit venia verbis*), spielen zwei Punkte eine Rolle, nämlich die Ansprüche an Ernährung und an Temperatur.

Betrachten wir hier nur den letzten Punkt. Wenn wir unsere im vorigen Kapitel vorgeschlagene Bezeichnungsweise anwenden wollen, so gehören die Krankheitserreger entweder zu den psychrotoleranten oder den thermophilen Bakterien, d. h. alle haben ihr Optimum bei höherer Temperatur, nämlich bei der des Blutes, einige vermögen aber auch bei niederer Temperatur zu wachsen, andere versagen hier ganz. Thermophil ist z. B. der Tuberkelbacillus, psychrotolerant der Milzbranderreger usw. Für die thermophilen Krankheitserreger sind Lokalitäten mit gewöhnlichen Temperaturen natürlich ganz ausgeschlossen, aber auch für die psychrotoleranten kommen sie viel weniger in Betracht, als es scheinen möchte. Denn die Tatsache, daß sie in unseren Reinkulturen bei Zimmertemperatur wachsen können, beweist nicht, daß dies auch in der Natur der Fall ist. Denn hier wirkt ein mächtiger Faktor, die Konkurrenz, der Kampf ums Dasein. Nur solche Formen vermögen sich bei einer bestimmten Temperatur zu behaupten, die rasch wachsen, und das können die meisten psychrotoleranten Krankheitserreger nicht bei Zimmertemperatur. Nur sehr langsam vermehren sie sich hier, unver-

gleichlich viel langsamer, als die schnellwüchsigen Psychrophilen. Stoßen beide irgendwo zusammen, so überwuchern die letzteren sofort, nehmen alle Nahrung weg, schädigen durch rasch gebildete Stoffwechselprodukte. Also auch für die Vermehrung der psychrotoleranten Krankheitserreger sind höhere Temperaturen erforderlich, so daß allgemein das Problem der natürlichen Standorte pathogener Mikroben in der Frage gipfelte: wo sind Temperaturen von 40° in der Natur gegeben, und zwar unter den gleichzeitigen anderen Bedingungen für Wachstum und Ernährung?

Hier würden die Erwägungen und Betrachtungen des vorhergehenden Kapitels einfach zu wiederholen sein. Ich verweise deshalb auf sie. Das Resultat der Untersuchung der verschiedenen Existenzmöglichkeiten würde auch hier das sein, daß der Sonnenwärme eine bedingte, der Fermentationswärme feuchter Pflanzenmassen eine bedeutende Rolle zuzusprechen ist.

Ganz besonders würde der Mist in Frage kommen. Hier vereinigen sich die Existenzbedingungen: reichliche organische Nahrung, Feuchtigkeit, Dunkelheit und Wärme in geradezu idealer Weise. Aber auch sehr feuchtes Heu und andere ähnliche Substanzen geben sehr günstige Gelegenheiten. Hier ist nach den Standorten pathogener Mikroorganismen zu suchen.

Diese rein theoretischen, wie ich glaube, schon an und für sich überzeugenden Erwägungen haben eine starke Stütze erhalten durch die Auffindung der pathogenen Schimmelpilze und des verdächtigen Strahlenpilzes.

Der *Aspergillus fumigatus* ist auch für den Menschen als selbständiger Erreger von Krankheiten sehr gefährlich.<sup>1)</sup> Oft hat ihn SIEBENMANN<sup>2)</sup> im Ohr angetroffen, auch in der Lunge wächst er. Besonders häufig ist er bei Vögeln die Ursache von Krankheiten. Er befällt fast alle Vogelarten, so ist er bei Hühnern, Tauben, Gänsen, Schwänen, Papageien, Fasanen, Falken, Dompfaffen, Holzhähern, Schneeeulen, Straußen, Königsadlern, nachgewiesen. Auch größere Haustiere als Kühe und Pferde greift er an. Hunde und Katzen bleiben verschont. Bei Kaninchen gelingt die künstliche Infektion sowohl, wenn man die Versuchstiere Pilzsporen einatmen läßt als auch durch Einführung der Sporen in die Blutbahn. Werden Tauben durch Inhalation infiziert, so zeigen sie schon nach 2—3 Tagen ein schweres Krankheitsbild. Sie sitzen mit gesträubten Federn da und enden bald. Mikroskopisch lassen sich die Konidienträger in der Lunge nachweisen, doch dringen die

<sup>1)</sup> SAXER, Pneumomykosis aspergillina. Jena 1900. RENON, Études sur l'aspergillose chez les animaux et chez l'homme. Paris 1897. LODE, Studien über die Absterbebedingungen einiger Aspergillusarten. Archiv f. Hygiene Bd. XLII, S. 107—152 1902.

<sup>2)</sup> SIEBENMANN, Die Schimmelmikroskopen des menschlichen Ohres. Wiesbaden 1889.

Hyphen auch tief in die Gewebe ein, sind z. B. auch in der Niere erkennbar. Unter den Menschen soll die Krankheit besonders bei den Taubenfütterern (*gaveurs de pigeons*) in Paris verbreitet sein, die die jungen Tauben aus ihrem Munde ätzen, sowie bei Haarkämmern. Der Pilz, den BLUMENTRITT<sup>1)</sup> als *A. bronchialis* beschrieben hat, und der in der Lunge eines Diabetikers in Prag gefunden wurde, ist dem *A. fumigatus* äußerst nah verwandt. Während LODE kein Gift in dem Pilz auffand, wollen BODIN und GAUTIER<sup>2)</sup> ein solches entdeckt haben, das aber merkwürdigerweise auf die Taube nicht wirkte, während es ein starkes Nervengift dem Meerschweinchen und Kaninchen und auch dem Hund und der Katze gegenüber war, die beide unempfindlich gegen den Pilz selbst sind. Da nicht der Versuch gemacht wurde zu entscheiden, ob das aus der Kulturflüssigkeit isolierte Gift wirklich spezifisch für *Aspergillus fumigatus* ist, bleibt vorläufig die Angabe zweifelhaft. In den inneren Schichten an Heu- und Misthaufen fällt der *Aspergillus fumigatus* ebenso wie die anderen Lebewesen der Selbststerilisation zum Opfer. Denn feuchte Hitze von 60° töten seine Sporen nach 15 Stunden (Lode l. c.) Er erhält sich jedoch in den oberflächlichen Schichten sehr wohl. Hier findet man ihn denn auch an etwas feuchten Stellen oft.

Mucormykosen (d. h. Pilzkrankungen, hervorgerufen durch Mucorineen) sind weniger häufig. Eine Zusammenstellung der Fälle findet sich in der Doktorthese BARTHELAT's.<sup>3)</sup> Auch die pathogenen Mucorarten finden sich im Ohr, in der Lunge und in allgemeiner Verbreitung in den Geweben. Der von mir mit dem *Mucor pusillus* LINDT identifizierte Mucor hat die größte Ähnlichkeit mit dem von LUCET und CONSTANTIN<sup>4)</sup> aus dem Auswurf einer kranken Frau isolierten und als *Rhizomucor parasiticus* bezeichneter Pilz. Sämtliche hierhergehörige, bei höherer Temperatur wachsende Mucorineen, wie *Mucor corymbifer* (*Mucor septatus*, *Mucor Regneri*, *Mucor Truchisii*) *Mucor pusillus* (*Rhizomucor parasiticus*) *Rhizopus Cohnii* waren bei künstlicher Infektion an Versuchstieren mehr oder weniger stark pathogen, wie LICHTHEIM, LINDT, BARTHELAT u. a. bewiesen haben. Nahe verwandte psychrophile Arten wie z. B. der sehr gemeine *Rhizopus nigricans* üben hingegen auf die

---

<sup>1)</sup> BLUMENTRITT, Über einen neuen im Menschen gefundenen *Aspergillus* (*Aspergillus bronchialis* n. sp.). Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 19 S. 442 1901. Derselbe, *Aspergillus bronchialis* BLUMENTRITT und sein nächster Verwandter *Aspergillus fumigatus* FRES. Ebenda Bd. 23 S. 419 1905.

<sup>2)</sup> BODIN, E. und GAUTIER, L., Note sur une toxine produite par l'*aspergillus fumigatus*. Annales de l'Institut Pasteur Bd. 20 S. 209 1906.

<sup>3)</sup> BARTHELAT, G. J., Les mucorinées pathogènes et les mucormycoses chez les animaux et chez l'homme. Paris 1903.

<sup>4)</sup> a. a. O.

Tiere keine Wirkungen aus. Der Standort für die pathogenen Mucorineen waren bislang unbekannt. Abgesehen von den Fällen, wo man sie aus dem kranken Körper züchtete, waren es Thermostatenpilze, welche spontan auf ausgelegtem Brot etc. bei Körperwärme zur Entwicklung kamen.

Strahlenpilzkrankungen (Aktinomykosen) sind sehr verbreitet, besonders unter dem Rindvieh. Auch der Mensch wird von ihnen befallen. Außerdem sind Aktinomykosen bei Pferden, Schweinen, Schafen Hirschen, Rehen, Elefanten, Hunden und Katzen beobachtet worden (Handbuch d. pathog. Mikroorg. p. 885). Wie durch zahlreiche Beobachtungen erwiesen ist, erfolgt die Infektion dadurch, daß sich scharfe Fremdkörper, wie z. B. die Grannen von Getreide in den Körper einbohren. Wenn dann Sporen des Aktinomyces mit eingeführt werden, so entwickelt sich bald das Mycel des Pilzes und bildet harte drusenförmige Knoten von sehr charakteristischem anatomischen Bau. Besonders gefährlich ist die Ausbreitung des Pilzes in den Kieferknochen, wohin er ja bei dem Rindvieh sehr leicht durch Verletzungen mit scharfen Futterteilen gelangen kann. Nach dieser Art der Übertragung hat man versucht, den Pilz auf dem Getreide nachzuweisen und sogar gelegentlich<sup>1)</sup> geäußert, daß der Aktinomyces auf dem Getreide wüchse. Diese Ansicht ist ganz unhaltbar; denn der Pilz kann sich gewiß nicht auf Getreidehalmen ernähren, wenn man nicht etwa annehmen wollte, daß er auch hier im Innern der Pflanze selbst als Pflanzenparasit auftritt. Daß aber wirklich auch der echte Aktinomyces auf pflanzlichem Substrat wachsen, geben z. B. PONCET und BÉRARD<sup>2)</sup> an. Sie kultivierten ihn auf Getreidekörnern und erhielten gelblich weißliche staubige Kolonien.

In der Natur kommen nun eine ganze Anzahl von Strahlenpilzen vor. BERESTNEW<sup>3)</sup>, ein ausgezeichneter Kenner dieser Pilzgattung, hat eine Zusammenstellung der aus dem Menschen- resp. dem Tierkörper und der freien Natur bekannten gegeben. Sehr interessant ist, daß er eine Reihe von Strahlenpilzen entdeckte, als er kleine Stückchen von Stroh in feuchten Sand steckte und in den Thermostaten stellte. Es entwickelten sich dann auf dem Stroh staubige Kolonien von verschiedener Farbe. Merkwürdigerweise hat dieser Autor (soweit ich wenigstens sehe) den naheliegenden Schluß auf den natürlichen Standort nicht gezogen. Es ist jedoch kein Zweifel, daß er mit seiner Züchtungs-

---

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. LIEBMANN, V., *L'attinomiche dell' uomo*. Archivio per le scienze mediche Bd. 14 S. 361 1890.

<sup>2)</sup> PONCET, A. und BÉRARD, L., *Traité clinique de l'actinomycose humaine, pseudoactinomycose et botryomykose*. Paris 1898. Vgl. Taf. II Fig. 26 u. c.

<sup>3)</sup> a. a. O.

methode lauter Formen zur Entwicklung brachte, welche warme gärende Pflanzenmassen bewohnen.

Über den Zusammenhang der aus der Natur und der aus dem Körper gezüchteten Aktinomycceten, die alle die engste Verwandtschaft untereinander erkennen lassen, steht sicheres nicht fest. Doch scheint mir BERESTNEW's<sup>1)</sup> Überzeugung sehr wohl begründet, „daß viele der auf Gräsern und überhaupt in der Außenwelt gefundenen Spezies in der Zukunft aus dem Menschen- und Tierkörper werden gezüchtet werden und daß umgekehrt alle bis jetzt in diesen letzteren angetroffenen Arten auch aus der Außenwelt werden kultiviert werden“.

GASPERINI<sup>2)</sup> und SANFELICE<sup>3)</sup> haben in der Tat nachgewiesen, daß einige Aktinomycceten, die in der Natur verbreitet sind, auch bei künstlicher Infektion aktinomykotische Erkrankungen hervorrufen können, und daß andererseits Formen, die aus dem kranken Körper stammten, von wilden Arten nicht zu unterscheiden waren. Analoges für den *Actinomyces thermophilus* habe ich bisher noch nicht gemacht, man wird seine pathogenen Eigenschaften nachzuprüfen haben.

Leider stößt hier das Tierexperiment auf Schwierigkeiten, weil selbst mit „echten“ Reinkulturen die künstliche Infektion sehr unsichere Resultate gibt. Vielleicht ist es jedoch nötig, den richtigen Entwicklungszustand und besonders auch das geeignete Substrat zur Vorzüchtung des Pilzes sowie den Modus der Impfung selbst (möglichst mit Getreidegrannen) besser als früher zu berücksichtigen.

Soviel ist aber wohl sehr wahrscheinlich, daß erhitzte Heu- und Misthaufen als Infektionsherde für die Strahlenpilzkrankung bei Mensch und Vieh in allererster Linie in Frage kommen. Die auf dem Braunheu sich entwickelnden Kolonien können direkt beim Fressen Infektionen hervorrufen, indem durch Verletzungen die Sporen in die Gewebe gelangen.<sup>4)</sup> Die im Mist befindlichen ungeheuren Sporenmassen werden mit dem Dünger erst auf den Acker transportiert und gehen von hier durch den Staub oder durch die wachsende Getreidepflanze selbst auf die Ähren über. Diese fungieren nur als Überträger, indem sie sich samt den an ihnen haftenden Sporen in die Gewebe einbohren; als Wohnstätten des Pilzes kommen sie nicht in Betracht. Wohnstätten

---

<sup>1)</sup> BERESTNEW, N., Zur Aktinomykosefrage. Prager med. Wochenschr. XXIV Nr. 49, 50 (S. 11 des Separatabzuges) 1899.

<sup>2)</sup> GASPERINI, Versuche über das Genus *Actinomyces*. Mitteilungen aus dem XI. internationalen medicin. Kongreß in Rom. Refer. im Zentralbl. f. Bakteriologie. Bd. 15 S. 684 1894.

<sup>3)</sup> SANFELICE, F., Über die pathogene Wirkung einiger *Streptothrix*- (*Actinomyces*-) Arten. Zentralblatt für Bakteriologie. I. Abt. Bd. 36 S. 355 1904.

<sup>4)</sup> Es wäre sehr interessant, zu untersuchen, ob in solchen Gegenden, wo die Braunheuerhebung üblich ist, auch die Aktinomykose verbreitet ist.

des Pilzes sind sehr wahrscheinlich nur Heu- und Misthaufen im Zustand der Selbsterhitzung.<sup>1)</sup>

Welche anderen Krankheitserreger wir noch an diesen Orten zu vermuten haben, ist jetzt noch nicht abzusehen. Auf einen ist meiner Ansicht nach hier besonders zu fahnden, nämlich auf den Tuberkelbacillus.

Augenblicklich gilt der Tuberkelbacillus als ein Krankheitserreger, der ausschließlich an den menschlichen Körper gebunden ist. MAN<sup>2)</sup> hält sein Wachstum in der freien Natur für völlig unmöglich, weil er unter 30° nicht gedeiht. Es liegt nun auf der Hand, daß die Temperaturbedingung überall verwirklicht ist, wo sich warme Mist- und Heumassen befinden. Sogar in der Streu des Stalles, wenigstens wenn sie etwas hoch liegt (im Tiefstallmist), findet der Tuberkelbacillus die ihm zusagende Temperatur überall. Auch ist es keineswegs ausgeschlossen, daß er hier zusagende Nahrung findet, da er gar nicht wählerisch ist, z. B. sogar auf pflanzenreichen Stoffen, wie Kartoffelwasser ausgezeichnet gedeiht. Dazu kommt, daß von MOELLER<sup>3)</sup> u. a. auf Futtergräsern Mikroben nachgewiesen wurden, die morphologisch dem aus dem Körper gezüchteten Tuberkelpilz äußerst ähnlich sind. MOELLER erhielt diese Pseudotuberkelbazillen, wenn er Gräser feucht im Thermostaten hielt. Wir haben auch hier dasselbe aus seinen Beobachtungen zu schließen, wie oben aus denen BERESTNEW'S. Diese Mikroben bewohnen selbstverständlich das Gras nicht unter den natürlichen Bedingungen, wie MOELLER meint, sondern entwickeln sich dann, wenn es in feuchtem Zustand zusammengepreßt sich erwärmt. Die natürlichen Thermostaten sind auch hier die wirklichen Standorte. Das gleiche dürfte wohl für die sogenannten „Säurefesten“ aus Butter und Milch gelten.

Ich brauche hier kaum darauf hinzuweisen, von welcher Tragweite der zweifellose Nachweis des natürlichen Standortes des Erbfeindes der Menschheit sein würde. Am nächsten liegt es ja, den Erreger der Rindertuberkulose in der Stallstreu, im Mist usw. zu vermuten.

Und diese Vermutung würde um so schwerwiegender sein, da ja augenblicklich sich die Ansicht mehr und mehr zu befestigen scheint, daß der Tuberkelbacillus des Menschen und des Rindes ein und dasselbe ist und eine wichtige Infektionsquelle die Milch perlsüchtiger Rinder darstellt. Die mit der Milch in den Darm gelangten Keime durch-

---

<sup>1)</sup> Für diese Ansicht scheint eine Notiz PREUSSE'S (Enzootisches Auftreten der Aktinomykosis, Tierärztl. Wochenschr. Nr. 3 1890) zu sprechen.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. KOLLE und WASSERMANN'S Handbuch der pathogenen Mikroorganismen Bd. II S. 106, 142 1903.

<sup>3)</sup> MOELLER, Mikroorganismen, die den Tuberkelbazillen verwandt sind, und bei Tieren miliäre Tuberkelkrankheit verursachen. [Vorläufige Mitteilung.] Deutsche med. Wochenschr. S. 376 1898.

wuchern die Darmwand, wie es ein Pilzmycel tun würde, und gelangen durch die Blutbahnen in den Körper.<sup>1)</sup>

Gewisse Anhaltspunkte dafür, daß die warme Stallstreu als Brutstätte der Tuberkelpilze zu beargwöhnen wäre, ließen sich schon dadurch gewinnen, daß man zunächst einmal feststellte, ob der Tuberkelbacillus auf einem derartigen Substrat üppig zu wachsen vermag. Da er auch auf Kartoffelwasser gedeiht, liegt die Möglichkeit ja ziemlich nah, daß er auch andere pflanzliche Stoffe nicht verschmäht. Auch sonstige pathogene Mikroorganismen lohnte es sich in Rücksicht auf ihr Wachstum auf Mist, Dünger usw. noch einmal zu prüfen. ALMQUIST<sup>2)</sup> hat z. B. für den Cholera- und den Typhusbacillus gezeigt, daß sie sich in dem Extrakt von altem Dünger gut entwickelten, besonders bei höherer Temperatur. Den Milzbrandbacillus habe ich, nebenbei bemerkt, auf einem Mistdekoktagar zu üppiger Entwicklung gebracht.

Bezüglich der Pathogenität von *Thermoascus* und *Thermomyces* habe ich keine Erfahrung. Doch ist es bei der Ähnlichkeit, die der erste zu den Mikrosporonpilzen hat (siehe Seite 70) möglich, daß er sich als einer der schon bekannten Favuspilze entpuppen wird.

Mancherlei theoretische Diskussionen ließen sich noch an das Thema „Pathogenität und Thermophilie“ knüpfen, so z. B. ob vielleicht ein Teil der pathogenen Mikroorganismen ursprünglich thermophile Formen waren, die nur ihr Wärmebedürfnis gewissermaßen verleitete, sich im menschlichen Körper anzusiedeln; ob es tropische wilde Formen unter ihnen gibt (*Cholera vibrio*?) usw.

Wenn ich hier die Möglichkeit des Gedeihens pathogener Mikroben in der Natur betone, so weiß ich sehr wohl, daß ich damit eine Ansicht ausspreche, die augenblicklich gar nicht populär ist, da man sich meist zu der Überzeugung bekennt, daß die Hauptinfektionsquelle und damit der einzige wirkliche Standort der pathogenen Mikroorganismen der Körper der Tiere und Menschen ist. Zum Teil ist sogar diese Überzeugung, wie beim Tuberkelbacillus zum Dogma geworden. Aber gerade deshalb scheint es mir ganz gerechtfertigt, wenigstens die prinzipielle Möglichkeit eines abweichenden Standpunktes einmal zu entwickeln und darauf hinzuweisen, daß die Frage des Standortes pathogener Mikroben in der Natur, die von jeher als interessant und wichtig empfunden wurde, nicht in Vergessenheit geraten darf.

---

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. RABINOWITSCH, L., Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Tuberkulose des Menschen und der Tiere, Arb. a. d. Pathol. Institut in Berlin 1906, S. 365—436.

<sup>2)</sup> ALMQUIST, F., Zeitschr. f. Hyg. Bd. 52 S. 178 1905.

## Kapitel XI.

### Die Fermentation des Tabaks in ihren Beziehungen zur Selbsterhitzung des Heus.

Die mit Selbsterhitzung verbundene Fermentation des Tabaks ist im Prinzip ganz der gleiche Vorgang, wie er sich etwa bei der Herstellung von Braunheu abspielt. Ja einige charakteristische Gerüche erinnern sogar geradezu an Tabak. Ein Unterschied besteht nur darin, daß es sich beim Tabak von vornherein um die Selbsterwärmung toter Pflanzen handelt.

Nach unseren Erfahrungen über die Ursache der Selbsterhitzung beim Heu können wir mit großer Sicherheit behaupten, daß sich der Vorgang der Tabakfermentation auch unter wesentlicher Hilfe von Mikroorganismen vollzieht, wenigstens, daß sie die Temperatursteigerung selber bewirken.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst die Hauptzüge der Tabakfabrikation.<sup>1)</sup> Der geerntete Tabak wird gewöhnlich in Schuppen aufgehängt und langsam getrocknet. Dabei geht der größte Teil der Stärke und ein geringerer der Eiweißstoffe durch die Atmung der anfänglich noch lebendigen Blätter verloren, ähnlich wie es auch im Heu der Fall ist (vgl. S. 17 ff.). Vielfach wird auch ganz analog dem Braunheuverfahren der leicht angewelkte Tabak in Haufen oder Bänke gesetzt, um die Reife zu verbessern und die Trocknung zu beschleunigen. Der Tabak „schwitzt“ und erhitzt sich bei diesem Verfahren, was auch BEHRENS in erster Linie auf die Atmung der lebenden Blätter selbst zurückführt. Dann werden auch in diesem Falle die Blätter zum Trocknen aufgehängt. Haben sie den erforderlichen Grad von Reife erreicht (Dachreife), so werden sie einem Gärungsprozeß unterworfen. Die zu Büscheln zusammengebundenen Blätter werden zu großen Haufen oder Stöcken zusammengesetzt, die viele Hunderte von Zentnern fassen. Da die Blätter immerhin noch 25—32,74 % Wasser enthalten, entsteht leicht dampfgesättigte Luft im Innern der riesigen Stöcke, und damit sind die Bedingungen für Wärmeentwicklung gegeben. Die Temperatur steigt, wie gelegentliche Messungen ergaben, bis 61 °, im allgemeinen läßt man sie jedoch nur 50 ° erreichen, worauf man die Stöcke umsetzt und dafür Sorge trägt, daß jetzt die Außenpartien nach innen kommen. Dies Umsetzen wird mehrmals wiederholt. Bei dieser Fermentation erlangen die Tabakblätter ihre guten Eigenschaften.

---

<sup>1)</sup> Vgl. J. BEHRENS im Handbuch der technischen Mykologie, herausgegeben von Lafar Bd. V I. Abschn. 1905. Hier ist auch die gesamte in Betracht kommende Literatur angeführt.

Es tauchte nun auch hier die Frage auf, ob die Gärung von Mikroorganismen hervorgerufen wird oder nicht. Sie war in diesem Falle von besonderer Bedeutung, da der Versuch nahe lag, nach Analogie der Hefereinzuchten in der Brauerei, Molkerei und Kelterei auf edle Gärungserreger zu fahnden. Zuerst machte SUCHSLAND<sup>1)</sup> auf diese Möglichkeit aufmerksam, er isolierte auch verschiedene Bakterien aus fermentierenden Edeltabaken und bot sie als Fermente zur Verbesserung einheimischer Sorten an. Doch scheinen seine Bestrebungen ebensowenig wie die A. KOCH's zu praktischen Resultaten geführt zu haben, denn seit etwa 10 Jahren hört man von den Versuchen nichts mehr. Die Physiologie und vor allem die Fähigkeit dieser Formen, Tabak wirklich erhitzen zu können, ist nicht untersucht, auf thermophile Organismen überhaupt nicht Rücksicht genommen.

VERNHOOT<sup>2)</sup> hat dann die Forschung nach Tabakbakterien wieder aufgenommen und in ostjavanischem Tabak besonders auch auf Thermophile geachtet. Er fand einen thermotoleranten Bacillus, den er *Bacillus tabaci fermentationis* benennt (ohne ihn ganz genau zu charakterisieren), und ein anderes ebenfalls thermotolerantes Bakterium (*Bacterium tabaci fermentationis*) mit dem Optimum bei 25°. Echte Thermophile erwähnt er nicht. Seine Impfversuche, die sich auf Impfung einzelner Blattstücke beschränkten, sollen zum Teil günstige Resultate gegeben haben.

In ausgedehntem Maße hat denn auch KONING<sup>3)</sup> nach Mikroorganismen gesucht und auch eine ganze Anzahl von ihnen gefunden. Da er sie jedoch alle auf Gelatine isolierte, also wahrscheinlich nur psychrophile Formen berücksichtigte, so werden sie höchstens für die Anfangsstadien in Betracht kommen. Immerhin will er aber bei Impfversuchen (die wieder im kleinsten Maßstabe an einzelnen Blättern gemacht wurden), gefunden haben, daß einzelne Formen deutliche Verbesserung des Tabaks bewirken konnten. Doch sind auch seine Angaben nicht ganz klar, vor allem vermißt man eine klare Vorstellung von dem Verlauf der Temperatursteigerung und von der Art und Weise, wie die Bakterien daran beteiligt sein können. Versuche, die wärmeentwickelnde Kraft irgend eines seiner Mikroben zu prüfen, hat er ebensowenig gemacht, wie seine Vorgänger. Interessant ist übrigens, daß auch er fand, daß ein Teil der Fermentationsflora während des Erhitzungsprozesses zugrunde geht.

---

<sup>1)</sup> SUCHSLAND, E., Beobachtungen über die Selbsterwärmung des fermentierenden Tabaks. Festschrift d. Latina zur 200jährigen Jubelfeier der Universität Halle-Wittenberg 1894. Derselbe, Über Tabaksfermentation. Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 9 S. 79 1891.

<sup>2)</sup> VERNHOOT, H., Onderzoek over Bakterien bij de fermentation der Tabak. Mededeelingen uit S' Lands Plantentuin Nr. 34 1899 (mir nur nach Referaten bekannt).

<sup>3)</sup> KONING, C. J., Der Tabak. Studien über seine Kultur und Biologie. Amsterdam und Leipzig 1900.

Zu ganz anderen Anschauungen als die Verfechter der biologischen Natur der Tabakfermentation ist LOEW<sup>1)</sup> gekommen. Weil er nämlich auf den fermentierten Blättern viel zu spärliche Mikroorganismen fand und die Wassermenge von 25 %, die noch dazu imbibiert sei, für zu gering hält, um Bakterienwachstum zu gestatten, meint er, daß die Ursache der Selbsterhitzung in oxydierenden Enzymen zu suchen sei<sup>2)</sup>. J. BEHRENS ist dieser Auffassung entgegengetreten und hat mit Nachdruck die biologische Auffassung der Fermentation gegenüber der chemischen verfochten. Auf die ausgedehnten Kontroversen zwischen ihm und LOEW, in die auch andere Tabakforscher eingriffen, kann ich hier nicht eingehen. Ich verweise einfach auf die Darstellung von BEHRENS im Handbuch der technischen Mykologie. Ich möchte aber noch folgendes hinzufügen. Die Tatsache, daß so wenig Mikroorganismen sich nachweisen lassen, kann darauf beruhen, daß eben auch im Tabakfermentationsprozeß ein großer Teil durch die Selbststerilisierung zugrunde gegangen ist. Übrigens ist bei den gewaltigen Dimensionen der Stöcke eine auch mikroskopisch leicht erkennbare massenhafte Entwicklung von Bakterien gar nicht erforderlich. Zweitens ist der Wassergehalt von 25 % dann vollkommen ausreichend, wenn so kolossale Quantitäten von Blättern zusammengehäuft werden, wie es tatsächlich der Fall ist. Es entsteht dann im Innern leicht eine dampfgesättigte Atmosphäre, die ohne weiteres Bakterienwachstum gestatten würde. Das ist ganz übersehen.

Ein ernsthafter Grund gegen die biologische Natur der Tabakfermentation ist jedenfalls nicht vorhanden, so daß man wohl im Hinblick auf unsere Erfahrungen am Braunheu der Ansicht BEHRENS' beipflichten kann.

Unsere Erfahrungen gestatten uns aber auch weiterhin, einige ganz allgemeine Richtungspunkte anzugeben, nach denen fernere biologische Untersuchungen der Tabakfermentation einzurichten wären. Daß sich solche lohnen würden, ist ganz unzweifelhaft. Denn die Entdeckung von Mikroorganismen, welche den Gang der Fermentation in irgend einer Weise günstig beeinflussen können und ihn in ähnlicher Weise in die Hand des Fabrikanten geben, wie bei anderen technischen Anwendungen des Reinzuchtverfahrens, ist gewiß von Bedeutung. Man braucht dabei noch nicht einmal daran zu denken, etwa aus Pfälzer Kraut Havannatabak zu machen.

Da es sich beim Tabak um tote Blätter handelt, so ist auch der Erreger der Anfangserwärmung von Wichtigkeit. Man müßte also auf alle Fälle auf mindestens zwei Mikroben fahnden. In derselben Weise,

---

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. LOEW, Curing and fermentation of cigar-leaf-tobacco. U. S. Departm. of Agricult. Report 59 1899.

<sup>2)</sup> A. FISCHER erkennt seine Gründe an (Vorlesungen über Bakterien II. Aufl. S. 242 1903).

wie ich in Kap. VII beschrieben habe, müßte man auf verschiedenen Stadien der Erwärmung, am zweckmäßigsten bei 30—35° und etwa bei 50° Proben direkt aus der gärenden Masse unter Vermeidung von Sekundärinfektion herausnehmen und sofort bei derselben Temperatur bakteriologisch analysieren, wobei man aus leicht begreiflichen Gründen die jeweilig dominierenden Bakterien speziell zu berücksichtigen und Nährsubstrate zu verwenden hätte, die den Anforderungen der Ernährung und der Temperatur entsprechen müßten (etwa eine Abkochung von unfermentierten Blättern in 3% Agar). Dann müßten die gefundenen Organismen in ähnlicher Weise, wie wir es taten, unbedingt auf ihre Fähigkeiten zu erhitzen geprüft werden. Denn nur diese Probe gäbe die Sicherheit, daß die fraglichen Formen auch wirklich sich in dem Maße vermehren könnten, daß normale Erhitzung eintritt. Daß außerdem auch die chemische Beeinflussung zu kontrollieren ist, ist selbstverständlich.

Sicher ist die Selbsterhitzung auch gleichzeitig der Prozeß, der die Tabakmasse am intensivsten chemisch verändert. Es fragt sich jedoch, ob die mit Wärmeentwicklung verknüpften Zersetzungen der Tabakblattersäfte durch die lebenden Mikroben, die chemischen Reifungsvorgänge darstellen, oder ob sie die Hitze allein zustande bringt. Im letzten Falle spielten die Bakterien als Heizer nur eine sekundäre Rolle, die allerdings auch noch wichtig genug wäre. Immerhin könnten auch in dem letzten Falle geringe Mengen bestimmter Aromastoffe oder ähnlicher Substanzen die Qualität des Tabaks wesentlich beeinflussen, wenn er auch seine Haupteigenschaften durch die Wärme selbst erhielt.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen über die anderen Mikroorganismen, die man im Tabak antraf. Die Hefe, die DÁVALOS<sup>1)</sup> fand und die BEHRENS für identisch mit einer von ihm gefundenen *Monilia* hält, ist vielleicht auch *Oidium lactis* gewesen. Die *Oospora nicotianae* SPLENDORE'S<sup>2)</sup> ist, falls es sich um *Oospora* = *Aktinomyzes* handelt (die Mitteilung war mir im Original nicht zugänglich) vielleicht meinem *Aktinomyzes* an die Seite zu setzen. *Aspergillus fumigatus* wurde auch von BEHRENS<sup>3)</sup> im Tabak gelegentlich angetroffen. Ob die gelben Perithezien, die er einmal fand, wirklich dem *Aspergillus fumigatus* angehören, ist zweifelhaft. Möglich ist es, daß mein *Thermoascus aurantiacus* vorgelegen hat.

---

<sup>1)</sup> DÁVALOS, Notas sobre la fermentación del tabaco. Crónica med.-quirúrgica de la Habana Nr. 15 1892.

<sup>2)</sup> a. a. O.

<sup>3)</sup> BEHRENS, Über bemerkenswertes Vorkommen und Perithezien des *Asperg. fumig.* Zentralbl. f. Bakteriologie. Bd. 11 1892.

## Kapitel XII.

### Atmung und Wärme. Selbsterhitzung und Selbstentzündung. Selbsterhitzung in früheren Erdperioden.

Nach einem allgemeinen Sprachgebrauch in der Physiologie bezeichnet man diejenigen Stoffwechselprozesse im tierischen oder pflanzlichen Organismus, bei denen unter chemischer Zerstörung eines Teils der Körpersubstanz die Energie zur Aufrechterhaltung des Lebensgetriebes gewonnen wird, als Atmung.<sup>1)</sup> Wenn wir hier zunächst die aeroben Organismen ins Auge fassen, so besteht das allgemeine Kennzeichen der Atmung in der Aufnahme von Sauerstoff und der Abgabe von Kohlensäure. Sie ist also ein Verbrennungsprozeß, der oft demjenigen in einer Dampfmaschine verglichen ist. Ein weiteres allgemeines Kennzeichen des Atmungsprozesses, der diesen Vergleich noch mehr rechtfertigt, ist die Entwicklung von Wärme. Am auffälligsten ist diese bei den warmblütigen Tieren oder besser bei den Tieren mit konstanter Temperatur, den gleichwarmen (homoiothermen) Organismen, bei denen eine besondere Einrichtung auf die Erhaltung einer gleichmäßigen Körperwärme abzielt. Bei den anderen Lebewesen, den sogenannten Kaltblütern und sämtlichen Pflanzen, Pilzen, Bakterien, ist die Wärmeentwicklung durch Atmung nicht auffallend. Sie zeigen stets ungefähr die Temperatur der Umgebung und werden deshalb als wechselwarme (poikilotherme) bezeichnet. Sie erzeugen aber gleichwohl Wärme, wenn auch verschiedene Umstände es verhindern, daß sie in merkbarer Menge aufgespeichert wird. Vor allem begünstigt bei den Pflanzen die sehr große Oberfläche eine fast vollständige Ausstrahlung der Wärme in die Umgebung. Dazu kommt, daß die starke Verdunstungstätigkeit Wärme absorbiert, so daß sogar meist die Pflanzen etwas kühler als ihre Umgebung sind. Diese Faktoren bewirken es, daß die Eigenwärme nicht merkbar steigt, trotzdem die Atmung meist (z. B. bei jugendlichen Pflanzen) derjenigen z. B. des Menschen an Intensität nicht nachsteht. Ja bei Pilzen und Bakterien ist sogar die Atmungstätigkeit nach der Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure zu schließen oft viele Male intensiver (bis 200 mal so stark).<sup>2)</sup>

---

<sup>1)</sup> Vgl. PFEFFER, Pflanzenphysiologie Bd. II S. 828 ff. 1904. Hier ist auch die Literatur zitiert.

<sup>2)</sup> PFEFFER, W., Beiträge zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. Nr. 5 des XV. Bandes der Abhandlungen der math.-physikal. Klasse der Königl. Sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften S. 475, 476 1889. VIGNAL, Contribution à l'étude des bactériacées (Le bacillus mesentericus vulgatus). Pariser Dokorthese 1900, referiert in Revue générale de Botanique Bd. 2 S. 510 1896. Vgl. auch SCHEURLEN, E., Zur Kenntnis der

Bei direkter Messung ist, wie gesagt, trotz dieser energischen physiologischen Verbrennung, nur geringe Erhöhung der Temperatur zu bemerken. Immerhin stellte aber z. B. ERRERA<sup>1)</sup> fest, daß in einem Brotwürfel, der von dem Mycel eines Pilzes, des *Phycomyces nitens*, durchwuchert war, die Temperatur um 1° höher war als die der Umgebung. Doch kommen bei einzelnen Pflanzen in fleischigen Organen infolge ganz besonders gesteigerter Atmung erheblichere Wärmegrade zustande, die sich schon dem Gefühl kund tun. Besonders ist dies in verschiedenen Blüten der Fall. LAMARCK entdeckte diese Tatsache in den Blütenkolben des italienischen Aronstabes *Arum italicum*, welcher seither (mit anderen Aroideen) als klassisches Objekt für Wärmeentwicklung bei Pflanzen gilt. Die Keulen erwärmen sich zuweilen sogar um 17,6° über die Temperatur der Umgebung. Werden mehrere Keulen zusammengelegt und mit einem Tuche vor Abkühlung geschützt, so steigt die Temperatur sogar auf 51,3° C, wie KRAUS<sup>2)</sup> angibt. Geringere Temperaturerhöhung wurde auch in anderen Blüten, wie z. B. bei Palmen, Cycadeen, bei der *Victoria regia* u. a., beobachtet.

Derartige Fälle sind immerhin als Ausnahme zu betrachten. Daß aber allgemein bei den Pflanzen Wärme gebildet wird, tritt dann zu Tage, wenn sie in großer Menge zusammengehäuft werden, wie schon GÖPPERT<sup>3)</sup> zeigte. Jetzt halten die äußeren Schichte die Wärme zurück, so daß sie nicht in demselben Maße als sie gebildet wird, nach außen abfließen kann. Die Temperatur muß also steigen. Mit der steigenden Temperatur wächst aber auch die Intensität der Atmung, wodurch wiederum immer mehr Wärme erzeugt wird. Dabei wird ein großer Teil der Kohlenhydrate (Zucker, Stärke etc. veratmet, was mit den Analysen in Kapitel III im Einklang steht. Schließlich wird die Hitze so stark, daß sie die Pflanzen tötet. Sie atmen sich zu Tode. Da für Gräser etwa die Tötungstemperatur bei 45° liegt, wird unter diesen Bedingungen durch die lebenden Pflanzen selbst etwa 45° erreicht. Die Temperatursteigerung müßte hier aufhören, wenn nicht jetzt der *Bacillus calfactor* sich entwickelte.

---

Gasbildung, insbesondere der Kohlensäureproduktion der Bakterien. Internationale Beiträge zur inneren Medizin. Festschrift für v. LEYDEN Bd. 2 S. 203 1902 (ref. in Koch's Jahresbericht etc. Bd. XIII 1902).

<sup>1)</sup> ERRERA, L., Sur l'hygroscopicité comme cause de l'action physiologique à distance découverte par Elfving. Recueil de l'Institut botanique de Bruxelles Bd. 6 Annex II S. 365 1906.

<sup>2)</sup> KRAUS, G., Über die Blütenwärme bei *Arum italicum*, I. 1882, II. 1884. Abhandlungen der naturforschenden Gesellsch. Halle Bd. 16. Derselbe, Physiologisches aus den Tropen: III. Über Blütenwärme bei Cycadeen, Palmen und Araceen. Annales du jardin de Buitenzorg Bd. 13 S. 217 1896.

<sup>3)</sup> GÖPPERT, Über Wärmeentwicklung in der lebenden Pflanze 1832.

Für die Bakterien und Schimmelpilze gilt die obige Darstellung in noch höherem Maße<sup>1)</sup>. Der thermophile *Bacillus* keimt bei 40° rasch aus und vermehrt sich sehr rasch, wie wir in Kapitel VII sahen, zumal ihm jetzt in dem austretenden Saft der sterbenden Pflanzen vorzügliche Nahrung zu Gebote steht. Seine Atmungsenergie wird entsprechend intensiv sein, so daß die Temperatur weiter steigt, bis auch das Maximum dieses *Bacillus*, d. h. eine Temperatur von ungefähr 70° erreicht ist.<sup>2)</sup> Jetzt sterben die vegetativen Individuen ab und nur die Sporen bleiben zunächst übrig. Die Selbsterhitzung hat ihren höchsten Grad erreicht.

So würde der Selbsterhitzungsprozeß dann verlaufen, wenn nur angewelkte, also zum Teil noch lebende und atmende Pflanzen, zu größeren Haufen zusammengeschichtet werden. Sind die Pflanzenteile von vornherein tot, so sind es allein die Mikroorganismen, die den ganzen Vorgang bewirken.

Zunächst vermehrt sich der rasch wachsende *Bacillus coli* auf den feuchten mit Nahrungssäften durchtränkten Pflanzenteilen. Als starker Gärer zersetzt er in erster Linie die Kohlenhydrate, wobei bekanntlich Wärme frei wird. Neben ihm (zum Teil in anderen Fällen vielleicht ihn vollständig ersetzend) atmen auch andere Mikroorganismen mit. So hatten wir ja gezeigt, daß *Oidium lactis* starke Erwärmung hervorrufen kann. Andere Schimmelpilze dürfen bei der normalen Erwärmung nicht mitwirken.<sup>3)</sup> Es wird schließlich das Temperaturmaximum des *Bacillus coli* erreicht, das etwa bei 41° liegt. Er stirbt und verschwindet, da er keine Sporen zu bilden vermag, vollständig. Das gleiche Schicksal ereilt das *Oidium lactis* etwa bei derselben Temperatur, so daß von den Erregern der Anfangserwärmung keine Spur mehr übrig bleibt. Der weitere Verlauf der Erhitzung ist dann derselbe wie oben.

---

<sup>1)</sup> Ich muß mir versagen hier genauer auf die Literatur über Atmung und Wärmeentwicklung von Mikroorganismen einzugehen und verweise auf PFEFFER's Handbuch der Pflanzenphysiologie 2. Aufl., sowie auf RUBNER, M., Energieverbrauch im Leben der Mikroorganismen. Arch. f. Hygiene Bd. 48 S. 260 1903.

<sup>2)</sup> Ob die Atmungsenergie und Wärmeentwicklung bei *Bac. calfactor* und *Bac. coli foenicola* ganz besonders intensiv ist gegenüber derjenigen anderer Bakterien habe ich nicht festgestellt. Die interessante energetische Seite der Frage, wäre am besten im Anschluß an RUBNER's Methodik noch zu untersuchen.

<sup>3)</sup> Sie können natürlich sehr intensiv erhitzen, wenn sie sich in einer größeren porösen Masse wie z. B. Heu entwickeln, wie z. B. aus meinem Versuch 10 (Arbeiten der deutsch. Landwirtsch. Gesellsch. Heft 111, Anhang zu FALKE, Die Braunheubereitung 2. Aufl. S. 85 1905) hervorgeht. Sterilisiertes und mit einer Reinkultur von *Aspergillus niger* geimpftes Heu erhitze sich bis 48°. Daß das Maximum dieses Pilzes (43°) um 5° überstiegen wurde, ist wohl den thermophilen Bakterien zuzuschreiben, die bei der gewöhnlichen Sterilisation nicht abgetötet werden.

Während des ganzen Verlaufs der Selbsterhitzung werden durch die Wärme große Massen des im Heu enthaltenen imbibierten Wassers zur Verdunstung gebracht, so daß das Heu allmählich getrocknet wird. Dabei wird natürlich Wärme verbraucht. Ist die Masse, die der Selbsterhitzung fähig ist, sehr feucht, so wird die Erwärmung verhältnismäßig gering bleiben, weil begreiflicherweise eine große Menge Wärme zur Temperaturerhöhung der größeren Flüssigkeitsmenge verwandt wird. Aus dem Grunde sind z. B. die Misthaufen HOLDEFLEISS' <sup>1)</sup> (vgl. S. 8), die er mit Jauche begoß, viel kühler geblieben. Die auffallende größere Erwärmungsfähigkeit solcher Misthaufen, die mit Kainit und Superphosphatgips durchsetzt wurden, beruht einmal auf ihrer lockeren Struktur und dann auf der partiellen Trocknung, die durch die Wasserabsorption der Salze eintreten mußte.

Wenn wir schließlich noch auf Grund unserer Erfahrungen die Bedingungen, unter denen Selbsterhitzung zustande kommt, kurz präzisieren, so sind zwei Punkte von Wichtigkeit, nämlich erstens die Größe der Haufen und zweitens der Wassergehalt des Heus.

Je größer die Haufen sind, um so rascher wird der Höchststand der Temperatur erreicht und um so länger wird die Wärme zusammengehalten. Denn die große Quantität stellt gleichzeitig eine große reagierende Masse und eine vorzügliche Wärmeisolation dar. Man wird annehmen können, daß in Haufen von mehreren hundert Zentnern die hohe Temperatur sich monatelang im ganzen inneren Kern erhält, so daß der Verkohlungsprozeß sehr weit vorschreitet. Sind die Haufen kleiner (etwa 40—50 Zentner), so wird zwar auch noch der Höchststand erreicht, aber die Temperatur geht rascher zurück. Mit noch weiter abnehmender Größe werden dann schließlich nur geringere Temperaturgrade erreicht und auch die Abkühlung erfolgt noch rascher.

Der zweite ausschlaggebende Faktor ist die Feuchtigkeit. Sie muß unbedingt in genügender Menge vorhanden sein, damit sich die Lebewesen entwickeln können.

Sind die Pflanzen sehr saftig oder aber ist die Masse aus einem anderen Grunde sehr feucht, so wird sie sehr fest zusammensinken und eine abweichende, mehr an Fäulnis erinnernde Art der Gärung erleiden, die wahrscheinlich auch nur unter geringem Sauerstoffzutritt erfolgen wird. Erhitzung wird auch eintreten, aber aus dem oben angegebenen Grunde vergleichsweise gering bleiben. Das Produkt wird mistähnlich sein. Außerdem entwickeln sich bei starker Feuchtigkeit besonders die Schimmelpilze.

Bei einem mittleren Wassergehalt von 30 %, wie er bei angewelktem Heu zutrifft, geht der Selbsterhitzungsprozeß normal vor sich.

Sinkt der Wassergehalt, so wird er nur unvollkommen eintreten, falls nicht sehr große Massen von Heu verwandt werden.

Vollkommen trocknes Heu wird sich gar nicht oder nur unmerklich erhitzen können.

Wird also ein normaler Verlauf der Selbsterhitzung gewünscht, wie z. B. bei der Braunheuwerbung, so muß das Heu einen Wassergehalt von ca. 30 % haben und nur zu Haufen mittlerer Größe aufgeschichtet werden. FALKE hält etwa 40—50 Zentner für die geeignetste Quantität.

Sind die Haufen sehr groß, so stellen sich Übelstände ein, die uns hier zum Schluß noch auf eine praktisch äußerst wichtige Frage führen, nämlich auf die der Selbstentzündung.

Wie hängen Selbsterhitzung und Selbstentzündung zusammen?

Daß beide Prozesse nicht eine gemeinsame Ursache, sondern höchstens indirekte Beziehungen zueinander haben, ist nach unseren voraufgehenden Erörterungen ohne weiteres verständlich. Mikroorganismen können niemals durch eigene Lebenstätigkeit eine höhere Temperatur hervorbringen als sie selbst vertragen. Nun ist aber zur Entflammung von heuartigen Substanzen mindestens eine Temperatur von 300° erforderlich.

Wie kann diese zustände kommen?

Ich möchte hier zunächst mit wenigen Worten einen Fall von Selbstentzündung zitieren, der von H. RANKE<sup>1)</sup> vor 33 Jahren mit aller wünschenswerten Kritik beobachtet und beschrieben worden ist, und der durch die daran geknüpften Experimente (soweit ich sehe, die einzigen ihrer Art), einen besonderen Wert besitzt.

RANKE bemerkte auf seinem Gute Laufzorn bei München, wie ein 450 Zentner fassender und anscheinend gut eingebrachter Heuhaufen nach 2 Monaten anfang brenzlich zu riechen. Er ließ jetzt den Haufen vorsichtig abräumen. Oben schwitzte das Grummet stark, so daß Tropfen an den Halmen hingen, ein Zeichen, daß doch ziemlich viel Feuchtigkeit im Heu gewesen sein mußte. Nachdem die äußeren, vollständig normal aussehenden Schichten entfernt waren, stieß man bei weiterem Vordringen auf immer dunkler gefärbte Schichten und schließlich sprühten in einer gewissen Tiefe die Funken heraus. Auch das bereits abgeräumte Heu aus dieser Tiefe entzündete sich fortwährend auf dem Transport, immer von neuem schlugen hier und da auf dem Wagen, ja selbst auf der Wiese, wo man das Heu ausbreitete, die Flammen heraus, so daß die Arbeiter fortwährend zu löschen hatten. Das Heu war im Innern ganz verkohlt, aber in seiner Struktur vollständig erhalten. Mit dieser Heukohle stellte dann RANKE folgende Versuche an.

Wurde sie im Kölbchen erhitzt, so gab es Nebel von stechendem Geruch und etwas Wasserdampf. Als alle Gase ausgetrieben waren, wurde die Masse der freien Luft ausgesetzt. Es trat aber keine Entflammung ein.

<sup>1)</sup> RANKE, H., Experimenteller Beweis der Möglichkeit der Selbstentzündung des Heus (Grummet). Annalen der Chemie und Pharmakologie Bd. 167. S. 361 1873.

Wurde dann die Erwärmung nicht so weit getrieben, und nun das Grummet ausgeschüttet, so kühlte es sich zunächst so weit ab, daß man die verkohlten Stückchen anfassen konnte. Dann aber begann die Temperatur wieder zu steigen und plötzlich tauchten rotglühende Stellen auf. Die Stückchen verbrannten vollständig.

Dasselbe trat ein, wenn die Heukohle im Ölbad auf 250—300 ° erhitzt wurde.

RANKE nahm dann grünes Grummet und verkohlte es langsam im Reagensröhrchen auf einem Ölbad von etwa 300 °. Als die auf diese künstliche Weise dargestellte Heukohle ausgeschüttet wurde, entzündete sie sich in derselben Weise wie oben.

RANKE schließt nun aus seinen Beobachtungen folgendes:

In dem Heuhaufen hat eine Temperatur von etwa 300 ° geherrscht. Unter ihrem Einfluß ist ebenso wie im Reagensröhrchen Kohle entstanden. Diese entflammt, wenn sie mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommt. Dabei sind die im Innern der Kohle enthaltenen gasförmigen Stoffe von Bedeutung, da die Kohle sich nicht entflammt, wenn sie vorher ausgetrieben werden.

Wie im Innern des Heuhaufens die Temperatur von 300 ° entstehen kann, vermag er sich nicht zu erklären.

Hier hätten vor allem erneute Beobachtungen einzusetzen. Es müßte festgestellt werden, wie hoch in einem vollständig unberührt gelassenen etwa 500 Zentner schweren Heuhaufen die Temperatur im Innern steigen kann. Die Messung dürfte nicht in der sonst üblichen Weise erfolgen, daß man ein Loch hineinbohrt und ein Thermometer hineinschiebt. Es müßte vielmehr von vornherein ein Maximumthermometer im Innern verpackt oder noch besser ein selbstregistrierender Wärmemesser mit Fernleitung benutzt werden.

Werden vorher Löcher hineingebohrt, so ist die Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen, daß durch den zutretenden reichlichen Sauerstoff der eigentliche Entzündungsprozeß beginnt und die Temperatur steigt.

Durch eine solche Messung würde viel zur Klärung des ganzen Vorgangs beigetragen werden. Ich halte es für sehr wohl möglich, daß man überhaupt keine höhere Temperatur als 70, höchstens 80 ° finden wird.

Die Verkohlung allein kann sehr wohl auch bei dieser Temperatur erfolgen, wie ich glaube. Denn man muß bedenken, daß sie sehr lange Zeit, monatelang einwirkt. Es wird so das Heu gewissermaßen trocken destilliert. Dabei setzen sich die Elemente der organischen Verbindungen um, es entstehen neue flüchtige Verbindungen einfacherer Zusammensetzung, welche entweichen, und die zurückbleibende Masse nähert sich immer mehr der reinen Kohle. Daß noch Oxydationen fortlaufen oberhalb 75 und 80 °, haben ja die Versuche SCHLÖSING's (siehe S. 14) und BOEKHOUT und DE VRIES' (siehe S. 25) gezeigt. Die Kohle ist von einer

außerordentlich feinporösen Struktur, da ja jede Zelle erhalten bleibt. Es wäre wohl denkbar, daß sie in ähnlicher Weise, wie sehr fein verteiltes Platin (Platinmohr) Sauerstoff verdichten könnte. Sie würde dann vielleicht ähnlich dem Platinmohr starke Oxydationskraft gewinnen und Oxydationen ausführen, die normal erst bei viel höherer Temperatur möglich wären. Sie könnte entweder sich selbst direkt oxydieren oder aber andere adsorbierte, bei der langsamen Destillation oder der Zersetzung der organischen Bestandteile des Heus entstandene leicht oxydable Gase, als z. B. Wasserstoff, Phosphorwasserstoff, flüchtige Kohlenwasserstoffe (Methan, Äthylen usw.). Derartige Oxydationen könnten vielleicht schon im unberührten Heuhaufen nach gewisser Zeit bei beschränktem Sauerstoffzutritt sich vollziehen. Dann würde schon jetzt die Temperatur langsam weiter steigern. Oder aber, was das wahrscheinlichere ist, sie treten erst auf, wenn reichlich Sauerstoff hinzutreten kann, mit anderen Worten, wenn der Haufen auseinander geworfen wird oder Luftzüge, absichtlich oder unabsichtlich, geschaffen sind. In der Tat wird übereinstimmend angegeben (vgl. MEDEM a. a. O.), daß erst eine Entflammung eintritt, wenn durch Einstoßen von Stangen, Anlegen von Luftschächten, Auseinanderwerfen der Luft freier Zutritt gewährt wird.

So würde man sich ein ungefähres Bild von der Selbstentzündung machen können. Um es zu voller Deutlichkeit zu bringen, müßte aber, um es noch einmal zu wiederholen, erstens festgestellt werden, wie hoch in einem unberührten Heuhaufen größter Dimensionen überhaupt die Temperatur steigen und wie lange sich in ihm eine Temperatur von etwa 70° erhalten kann. Zweitens wäre experimentell zu prüfen, ob Pflanzenstoffe bei dieser Temperatur und innerhalb dieser Zeit in eine kohleähnliche Masse übergehen können, ob also sich mit mittleren Temperaturen, aber langer Reaktionszeit dasselbe erreichen läßt, was etwa bei der trockenen Destillation des Holzes bei höherer Temperatur in kürzerer Zeit erzielbar ist. Drittens müßte gezeigt werden, daß eine solche Masse auch bei etwa 70° sich entzündet, wenn reichlich Sauerstoff zutreten kann.

Diese Versuche müßten schließlich mit und ohne Vorbereitung durch Mikroorganismen gemacht werden, um zu entscheiden, ob letztere nur die Hitze liefern oder auch schon leicht oxydable Verbindungen, die auf eine oder andere Weise an dem Zustandekommen der Selbstentzündung teilnehmen können.

Über alle diese Fragen sind neue Versuche anzustellen, die sich am ehesten an die RANKE'schen anzulehnen hätten. Da ich mich nur auf die Selbsterhitzungsfrage beschränkt habe, fielen sie außerhalb des Rahmens meiner Untersuchungen, so daß ich mich mit diesen Hinweisen begnüge.

Für die Praxis ist zunächst nur so viel zu entnehmen, daß stark und seit langem erhitzte, sehr große Heuhaufen nicht angerührt werden

sollten ohne große Vorsichtsmaßregeln und so angelegt werden müssen, daß die Luft keine leichten Zugänge nach innen findet. Hierauf hat auch MEDEM<sup>1)</sup> nachdrücklichst hingewiesen.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen allgemein interessanter Natur. Es liegt nahe, die Entstehung von Heukohle auf dem Wege der Selbsterhitzung großer, festgepackter Pflanzenmassen in Verbindung zu bringen mit der Entstehung von Kohlenlagern in früheren Erdperioden. Schon RANKE<sup>2)</sup> hat hierauf hingewiesen, ohne daß jedoch seine Idee, so viel ich weiß, einer ernsthafteren Prüfung unterzogen worden ist.

Gleichwohl sprechen viele Tatsachen für diese Ansicht. Einmal sind zweifellos die Bedingungen für Selbsterhitzung im Zeitalter des Carbons in großartigstem Umfange verwirklicht gewesen. In erstaunlicher Fülle und Üppigkeit, begünstigt durch Wärme und höheren Kohlen säuregehalt der Luft, bedeckte damals eine Pflanzendecke unsere Erde, wie sie sich seitdem nie wieder entwickeln konnte. Windbrüche, Wasserkräfte, Wolkenbrüche häuften zeitweilig Pflanzenhaufen riesigster Dimensionen zusammen. Sie erhitzen sich durch Atmung, starben und auf ihnen siedelten sich Bakterien an. Daß damals schon diese Lebewesen existierten, hat RENAULT<sup>3)</sup> durch eine umfangreiche Untersuchung nachgewiesen. Er fand sogar eine Anzahl von Formen grade an und in fossilen Pflanzen. Die carbonischen Bakterien erhitzen weiter und es entstand so allmählich durch lang dauernde trockene Destillation<sup>4)</sup> eine kohlige Masse, die dann weiter im Laufe der Schicksale unserer Erde verändert und schließlich zu Steinkohle umgewandelt wurde.

Ich betone ausdrücklich, daß mit dieser Darstellung nur eine Möglichkeit der Entstehung von Kohlenflözen skizziert ist, die an gewissen Orten und unter besonderen Bedingungen eine Rolle in der Geschichte unserer Erdrinde gespielt haben kann. Daß außerdem sicher noch andere Bildungsprozesse von Steinkohle vor sich gegangen sind, unterliegt keinem Zweifel.

---

<sup>1)</sup> a. a. O.

<sup>2)</sup> l. c. p. 368.

<sup>3)</sup> RENAULT, B., Recherches sur les bacteriacées fossiles. Annales des sciences naturelles 8. Serie. Botanique Bd. II S. 275 1896.

<sup>4)</sup> Die aber doch viel rascher verlief, als man sonst annimmt.

## Literaturverzeichnis.

- 1) ADERHOLD, Untersuchungen über das Einsäuern von Früchten und Gemüsen. Landwirtschaftl. Jahrb. Bd. 28 1899.
- 2) ALMQUIST, Zeitschr. f. Hygiene Bd. 52 S. 178 1905.
- 3) BARTHELAT, G. J., Les mucorinées pathogènes et les mucormycoses chez les animaux et chez l'homme. Pariser Doktorthese, Paris 1903.
- 4) BEHRENS, Über den Ursprung des Trimethylamins im Hopfen und die Selbsterhitzung desselben. Karlsruhe 1894.
- 5) —, Über das Erwärmen und das Konservieren des Hopfens. Wochenschr. d. Landwirtschaftl. Vereins im Großherzogtum Baden 1894.
- 6) —, Studien über die Konservierung und Zusammensetzung des Hopfens, I. Mikroorganismen des Handelhopfens. Wochenschr. f. Brauerei S. 802 1896.
- 7) —, Über bemerkenswertes Vorkommen und Perithezien des *Aspergillus fumigatus*. Zentralbl. f. Bakteriol. Bd. 15 1892.
- 8) —, Mykologie der Tabakfabrikation. Handbuch der technischen Mykologie Bd. V S. 1 1905.
- 9) BELJERINCK, Über Chinonbildung durch *Streptothrix chromogena*. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. VI S. 2 1900.
- 10) BENVIGNETTI, D., Di un germo termofilo isolato dai fanghi d'Acqui. Rivista d'Igiena e Sanità pubblica 1905.
- 11) BERESTNEW, N., Aktinomykose und ihre Erreger. (Russisch.) Moskauer Dissertation 1897.
- 12) —, Über Pseudoaktinomykose. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh. Bd. 29 S. 94 1898.
- 13) —, Zur Aktinomykosefrage. Prager Med. Wochenschr. Bd. 24 Nr. 49, 50 1899.
- 14) BERTHELOT, Remarques sur l'échauffement et l'inflammation spontanée des foin. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 117 S. 1039 1893.
- 15) —, Recherches sur les échanges gazeux entre l'atmosphère et les plantes séparées de leurs racines et maintenues dans l'obscurité. Ebenda Bd. 138 S. 602 1904.
- 16) BLAU, O., Über die Temperaturmaxima der Sporenceimung und der Sporenbildung, sowie die supramaximalen Tötungszeiten der Sporen der Bakterien, auch derjenigen mit hohen Temperaturmaxima. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 15 S. 116 1905.
- 17) BLUMENTRITT, Über einen neuen, im Menschen gefundenen *Aspergillus* (*Aspergillus bronchialis* n. sp.). Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 19 S. 442 1901.
- 18) —, *Aspergillus bronchialis* BLUMENTRITT und sein nächster Verwandter *Aspergillus fumigatus* FRES. Ebenda Bd. 23 S. 419 1905.
- 19) BODIN, E. und GAUTIER, L., Note sur une toxine produite par l'*aspergillus fumigatus*. Annales de l'Institut Pasteur Bd. 20 S. 209 1906.
- 20) BOEKHOUT und DE VRIES, Über die Selbsterhitzung des Heus. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 12 S. 675 1904.
- 21) CATERINA, G., Beitrag zum Studium der thermophilen Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 12 S. 353 1904.
- 22) CERTES et GARRIGOU, De la présence constante de microorganismes dans les eaux de Louchon recueillés au griffon à la température de 64°, et de leur action sur la production de la barégine. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 103 1886.

- 23) Chemisches Zentralbl. III. Folge XVII. Jahrg. S. 316 1886. Kleine Mitteilungen.
- 24) COHN, F., Untersuchungen über Bakterien, IV. Beitr. z. Biologie der Bazillen. Beitr. z. Biologie Bd. 2 S. 249 1877.
- 25) —, Über die Algen des Karlsbader Sprudels und deren Anteil an der Bildung des Sprudelsinters. Flora Bd. 45 S. 538 1862.
- 26) —, Über thermogene Wirkung von Pilzen. 66. Jahresber. d. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur S. 150 1889.
- 27) —, Über Wärmezeugung durch Schimmelpilze und Bakterien. Ebenda 68. Jahresbericht, Allgem. Bericht S. 23 1891.
- 28) —, Über thermogene Bakterien. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. 11 S. 66 des Generalversammlungsheftes 1893.
- 29) CONRAD, Bakteriologische und chem. Studien über Sauerkrautgärung. Arch. f. Hyg. Bd. 29 S. 56 1897.
- 30) DALLINGER, W. H., The presidents adress (9th February 1887). Journal of the Royal Microscopical Society S. 185 1887.
- 31) DÁVALOS, Notas sobre la fermentación del tabaco, Crónica med. quirurgica de la Habana Nr. 15 1892.
- 32) DAVENPORT, C. B. and CASTLE, W. E., Studies in Morphogenesis, III. On the acclimatization of organisms to high temperatures. Arch. f. Entwicklungsmechanik d. Org. Bd. 2 S. 227 1895.
- 33) DÉHÉRAIN, Annales agronomiques Bd. 10 S. 395 1885.
- 34) DIEUDONNÉ, A., Beiträge zur Kenntnis der Anpassungsfähigkeit der Bakterien an ursprünglich ungünstige Temperaturverhältnisse. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1894.
- 35) —, Neuere Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Bakterien. Biolog. Zentralbl. Bd. 15 S. 103 1895.
- 36) DUBRUNFAUT, Note sur la chaleur et le travail mécanique produits par la fermentation vineuse. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 42 S. 945 1856.
- 37) DUCLAUX, Traité de Microbiologie. Paris 1901.
- 38) DÜGGELI, M., Die Bakterienflora gesunder Samen und daraus gezogener Keimpflanzen. Zentralbl. f. Bakteriologie II. Abt. Bd. 14 S. 602 1904.
- 39) DUPONT, C., Sur les fermentations aérobies du fumier de ferme. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 184 S. 1449 1902.
- 40) EMMERLING, O., Chemische und bakteriologische Untersuchung der Gärung des frischen Grases. Ber. der Deutsch. Chem. Gesellsch. Bd. 30 S. 1869 1897.
- 41) ERREERA, L., Sur l'hygroscopicité comme cause de l'action physiologique à distance découverte par Elfving. Recueil de l'institut botanique de Bruxelles Bd. 6 Annex II S. 365 1906.
- 42) FALCK, R., Die Kultur der Oidien und ihre Rückführung in die höhere Fruchtförm bei den Basidiomyceten. Cohn's Beiträge zur Biologie Bd. 8 1902.
- 43) FALKE, F., Die Braunheubereitung, zugleich eine Schilderung der gebräuchlichsten Heubereitungsarten. Arbeiten der Deutsch. Landwirtschaftsgesellsch. II. Aufl. Heft 111 1905.
- 44) FISCHER, A., Vorlesungen über Bakterien II. Aufl., Jena 1903.
- 45) —, Über Plasmoptyse der Bakterien. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 24 S. 55 1906.
- 46) FORSTER, Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriologie Bd. 2 S. 337 1887.
- 47) —, Über die Entwicklung von Bakterien bei niederen Temperaturen. Ebenda Bd. 12 S. 481 1892.
- 48) GASPERINI, Versuche über das Genus Actinomyces. Mitteilungen a. d. XI. internationalen medicin. Kongreß in Rom. Ref. im Zentralbl. f. Bakteriologie Bd. 15 S. 684 1894.
- 49) GAYON, U., Recherches sur la fermentation du fumier. Compt. rend. de l'Acad. Paris Bd. 98 S. 528 1884.
- 50) GILBERT, Über Actinomyces thermophilus und andere Aktinomyceten. Zeitschr. f. Hygiene Bd. 47 S. 383 1904.
- 51) GLOBIG, Über Bakterienwachstum bei 50—70°. Zeitschr. f. Hygiene Bd. 3 S. 294 1887.
- 52) GÖPPELT, H. R., Über die Wärmeentwicklung in den Pflanzen usw. Breslau 1830.
- 53) —, Über Wärmeentwicklung in der lebenden Pflanze. Ein Vortrag, gehalten zu Wien am 18. Sept. 1832 in der Versammlung deutsch. Naturforscher u. Ärzte.
- 54) HANSEN, J. und GÜNTHER, A., Versuche über Stallmistbehandlung. Arbeiten d. Deutsch. Landwirtsch. Gesellsch. Heft 30, Berlin 1898.

- 55) HÄPKE, L., Über Selbstentzündung, insbesondere von Schiffsladungen, Baumwolle und anderen Faserstoffen, Steinkohlen und Heuhaufen. Abhandlungen, herausgegeben vom naturwissenschaftl. Verein zu Bremen Bd. 12 S. 439 1891.
- 56) HILBRIG, H., Über den Einfluß supramaximaler Temperaturen auf das Wachstum der Pflanzen. Leipziger Dissertation 1900.
- 57) HOLDEFLEISS, F., Weitere Untersuchungen über den Einfluß der Gärung auf den Wert des Heus. Mitteilungen d. Landwirtschaftl. Instituts d. Königl. Univ. Breslau S. 294 1899.
- 58) —, Neue Versuche über das Lagern des Stalldüngers. Mitteilungen ebenda 2. Heft S. 237 1899.
- 59) —, Untersuchungen über den Stallmist. Breslau 1889.
- 60) HOPPE-SEYLKE, Über die obere Temperaturgrenze des Lebens. Pflüger's Archiv Bd. 11 S. 113 1875.
- 61) HÜCKEL, A., Zur Kenntnis der Biologie des *Mucor corymbifer*. Beitr. z. pathol. Anatomie u. Physiol. v. Ziegler u. Nauwerk Bd. 1 S. 115 1886.
- 62) VAN DER JAGD, G., Das Treiben von Bungkil. Mededeel. van het proefst. voor zuckerriet in Westjava „Kajok te Pekalongan“ no. 66 1903 (ref. im chem. Zentralbl. 1903).
- 63) ISRAEL, J., Neue Beobachtungen auf dem Gebiet der Mykosen des Menschen. Virchow's Archiv Bd. 74 S. 15 1878.
- 64) KARLINSKI, Zur Kenntnis der Bakterien der Thermalquellen. Hygien. Rundschau 1895.
- 65) KEDZIOR, Über eine thermophile Cladothrix. Arch. f. Hyg. Bd. 27 S. 328.
- 66) KOLLE und WASSERMANN, Handbuch der pathogenen Mikroorganismen, Jena 1903.
- 67) KONING, C. J., Der Tabak. Studien über seine Kultur und Biologie. Amsterdam und Leipzig 1900.
- 68) KRAUS, GR., Über die Blütenwärme bei *Arum italicum*, I. 1882, II. 1884. Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle Bd. 16.
- 69) —, Physiologisches aus den Tropen, III. Über Blütenwärme bei Cycadeen, Palmen und Araceen. Annales du jardin de Buitenzorg Bd. 13 S. 217 1896.
- 70) LAXA, O., Über einen thermophilen Bazillus aus Zuckerfabrikprodukten. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 4 S. 362 1898.
- 71) LICHTHEIM, Über pathogene Mucorineen und die durch sie erzeugten Mykosen des Kaninchens. Zeitschr. f. klin. Medizin Bd. 7 S. 140 1884.
- 72) LIEBMANN, V., L'attinomicie del uomo. Archivio per le scienze mediche Bd. 14 S. 361 1890.
- 73) LINDT, Mitteilungen über einige neue pathogene Schimmelpilze. Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 21 S. 273 1886.
- 74) LODÉ, Studien über die Absterbebedingungen einiger Aspergillusarten. Arch. f. Hyg. Bd. 42 S. 107 1902.
- 75) LOEW, Curing and fermentation of cigar-leaf-tobacco. U. S. Departm. of Agriculture. Report 59 1899.
- 76) LÖWENSTEIN, A., Über die Temperaturgrenzen des Lebens bei der Thermalalge *Mastigocladus laminosus* COHN. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 21 S. 317 1903.
- 77) LUCHT et CONSTANTIN, *Rhizomucor parasiticus*, espèce pathogène de l'homme. Revue générale de Botanique Bd. 12 S. 81 1900.
- 78) MACFADYEN, A. and BLAXALL, F. R., Journal of Patho- and Bakteriology Bd. 3 1894.
- 79) —, Thermophilic bacteria. Transactions of the Jenner Institut of preventiv medicine London Bd. II S. 162 1899.
- 80) MEDERM, Heuselstentzündung und deren Verhütung. Vortrag gehalten auf der Winterversammlung d. Deutsch. Landwirtschaftsgesellsch. (Sitzg. d. Ackerbauabtlg.). Jahrbuch d. Deutsch. Landwirtschaftsgesellsch. Bd. 9 S. 10 1894.
- 81) MEYER, A., Über Kugelbildung und Plasmoptyse der Bakterien. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 23 S. 349 1905.
- 82) —, Über A. FISCHER's Plasmoptyse der Bakterien. Ebenda Bd. 24 S. 208 1906.
- 83) MICHAELIS, G., Beiträge zur Kenntnis der thermophilen Bakterien. Archiv für Hygiene Bd. 36 S. 285 1899.
- 84) MIEHE, H., Über die Selbsterhitzung des Heus, Anhang zu FALKE, F. (s. d.). Arb. d. Deutsch. Landwirtschaftsgesellsch. Heft 111 S. 1905 1905.
- 85) —, Betrachtungen über die Standorte der Mikroorganismen in der Natur, speziell über die der Krankheitsreger. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 16 S. 430 1906.

- 86) MIEHE, H., Wo können pathogene Mikroorganismen, in der freien Natur wachsen? Medizinische Klinik, Wochenschr. f. prakt. Ärzte Nr. 36 1906.
- 87) MIQUEL, Bulletin de la statistique municipale de la ville de Paris decemb. 1879. Annuaire de l'observatoire de Montsouris pour 1881 S. 464.
- 88) MIYOSHI, M., Über das massenhafte Vorkommen von Eisenbakterien in den Thermen von Ikao. Journal of the college of science. Imp. University Tokyo Bd. X S. 189 1897.
- 89) —, Studien über die Schwefelrasenbildung und die Schwefelbakterien der Thermen von Yumoto bei Nikko. Ebenda S. 143.
- 90) MOELLER, Mikroorganismen, die den Tuberkelbazillen verwandt sind und bei Tieren miliare Tuberkelkrankheit verursachen (vorl. Mitteilung). Deutsche med. Wochenschr. S. 376 1898.
- 91) MÜLLER, M., Über das Wachstum und die Lebenstätigkeit von Bakterien sowie den Ablauf fermentativer Prozesse bei niederer Temperatur, unter spezieller Berücksichtigung des Fleisches als Nahrungsmittel. Arch. f. Hyg. Bd. 47 S. 89 1903.
- 92) OPRESCU, O., Studien über thermophile Bakterien. Arch. f. Hyg. Bd. 33 S. 164 1898.
- 93) PAPASOTIRIU, J., Untersuchungen über das Vorkommen des Bact. coli in Teig, Mehl und Getreide. Arch. f. Hyg. 1902.
- 94) PERRONCITO, E. und L. VARALDA, Intorno alle cose dette mufte delle terme di Valdieri presso Cimeo (Piemonte). Notarisia Bd. 2 S. 333 1887.
- 95) PEFFER, W., Beiträge zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. Abhandl. d. Math.-Physikal. Klasse d. Kgl. Sächs. Akad. d. Wissensch. Bd. 15 S. 475 1889.
- 96) —, Pflanzenphysiologie 2 Bde. Leipzig, 1897—1904.
- 97) PONCET, A. et BÉRARD, L., Traité clinique de l'actinomycose humaine, pseudo-actinomycose et botryomycose Paris 1898.
- 98) PREUSSE, Enzootisches Auftreten der Aktinomykosis. Tierärztl. Wochenschrift Nr. 8 S. 167 1890.
- 99) RABINOWITSCH, L., Über die thermophilen Bakterien. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf.-Krankh. Bd. 20 S. 154 1895.
- 100) —, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Tuberkulose des Menschen und der Tiere. Arb. a. d. Pathol. Institut in Berlin 1906 S. 365—436
- 101) RANKE, H., Experimenteller Beweis der Möglichkeit der Selbstentzündung des Heues (Grummet). Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 167 S. 361 1873.
- 102) RENAULT, B., Recherches sur les Bactériacées fossiles. Annales des sciences naturelles 8 Serie Botanique Bd. 2 S. 275 1896.
- 103) RENON, Études sur l'aspergillose chez les animaux et chez l'homme Paris 1897.
- 104) RUBNER, M., Energieverbrauch im Leben der Mikroorganismen. Arch. f. Hyg. Bd. 48 S. 260 1904.
- 105) RUSSEL, H. L. and BABCOCK, S. M., Concerning the theories of silage formation. Zentralbl. f. Bacteriol. I Bd. 29 S. 448.
- 106) SAITO, K., Eine neue Art der chinesischen Hefe. Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. Bd. 13 S. 153 1904.
- 107) SAMES, TH., Zur Kenntnis der bei höherer Temperatur wachsenden Bakterien und Streptothrixarten. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 33 S. 313 1900.
- 108) SANFELICE, F., Über die pathogene Wirkung einiger Streptothrix (Aktinomyces)-Arten. Zentralbl. f. Bakt. I. Abt. Bd. 36 O. S. 355 1904.
- 109) SAVAGEAU, C. et BÉRAIS, M., Sur les genres Cladothrix, Streptothrix, Actinomyces etc. Description de deux streptothrix nouveaux. Annales de l'Institut Pasteur Bd. 6 S. 242 1892.
- 110) SAXER, Pneumonomycosis aspergillina, Jena 1900.
- 111) SCHARDINGER, FR., Über thermophile Bakterien aus verschiedenen Speisen und Getränken usw. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel Bd. 6 S. 865 1903.
- 112) SCHILLINGER, A., Über thermophile Bakterien. Hygien. Rundschau S. 568 1898.
- 113) SCHEURLEN, E., Zur Kenntnis der Gasbildung insbesondere der Kohlensäureproduktion der Bakterien. Internationale Beiträge zur inneren Medizin (Festschrift für v. LEYDEN) Bd. 2 S. 203 1902.
- 114) SCHLÖSING, TH. (FILS), Sur la combustion lente de certaines matières organiques. Comptes rend. de l'Acad. Paris, Bd. 106 S. 1293 1888.
- 115) — Sur la combustion lente de certaines matières organiques ebenda Bd. 108 S. 527 1889.
- 116) SCHMID-NIELSEN, S., Über einige psychrophile Organismen. Zentralbl. f. Bacteriol. II. Abt. Bd. 9 S. 145 1902.

- 117) SEVERIN, S. A., Die im Mist vorkommenden Bakterien usw. 3. Mitteil. Zentralbl. f. Bakteriolog. II. Abt. Bd. 3 S. 707 1897.
- 118) SIEBENMANN, Die Schimmelmikroskopen des menschlichen Ohres. Wiesbaden 1889.
- 119) SPLENDORE, Sopra una nuova specie di Oospora den. O. nicotianae quale causa della fioritura nei sigari forti e nelle masse in fermentazione di queste sorte di lavorati. Rivista tecnica e di amministrazione per i servizi delle private finanziarie e Roma 1899.
- 120) SUCHSLAND, E., Über Tabakfermentation. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. 9 S. 79 1891.
- 121) — Beobachtungen über die Selbsterwärmung des fermentierenden Tabaks, Festschrift der Latina 1894.
- 122) TEICH, Beiträge zur Kenntnis der thermophilen Bakterien. Hygienische Rundschau S. 1094 1896.
- 123) VAN TIEGHEM, PH., Bulletin de la Société botanique de France. Janv. 1881 S. 35.
- 124) THIELE, Temperaturgrenzen der Schimmelpilze, Leipziger Dissertation 1896.
- 125) TSIKLINSKY, P., Sur les mucédinées thermophiles. Annales de l'Institut Pasteur. Bd. 13 S. 500 1899.
- 126) — Les microbes thermophiles des sources thermales, ebenda Bd. 18 S. 788 1899.
- 127) — Sur la flore microbienne thermophile du canal intestinale de l'homme, ebenda Bd. 17 S. 216 1903.
- 128) VERKHOUT, H., Onderzoek over Bakterien bij de fermentation der Tabak Mededeelingen uit S'Lands Plantentuin Nr. 34 1899.
- 129) VIGNAL, Contribution à l'étude des bacteriacées (Le bacillus mesentericus vulgaris) Doktorthese, Paris 1900.
- 130) WARRINGTON, British Medic. Journal Bd. 2 S. 644 1894.
- 131) WEBER, A., Die Bakterien der sogenannten sterilen Milch des Handels usw. Arbeiten d. Kaiserl. Gesundheitsamtes Bd. 17 S. 108 1895.
- 132) WEHMER, Die Pilzgattung Aspergillus in morphologischer, physiologischer und systematischer Beziehung unter besonderer Berücksichtigung der europäischen Spezies. Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève Bd. 33 2. Teil Nr. 4 1901.
- 133) — Kleinere mykologische Mitteilungen. Zentralbl. f. Bakteriolog. II. Abt. Bd. 3 S. 102 1897.
- 134) — Untersuchungen über Sauerkrautgärung, ebenda Bd. 14 S. 691 1905.
- 135) WHITNEY, M. and MEANS, TH. H., Temperature changes in fermenting piles of cigar leaf tobacco. U. S. Departm. of Agricult. Report Nr. 60 1899.

~~~~~  
**Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdruckerei), Naumburg a/S.**  
~~~~~

Verlag von **Gustav Fischer** in **Jena**.

# CENTRALBLATT

für

**Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten.**

**Zweite Abteilung:**

**Allgemeine, landwirtschaftlich-technologische Bakteriologie, Gärungsphysiologie, Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz.**

Herausgegeben von

Prof. Dr. **O. Uhlworm** in **Berlin W. 15**, Nachodstr. No. 17 II, u. Prof. Dr. **Emil Christian Hansen** in **Kopenhagen**.

Die hohe Bedeutung der verschiedenen Fächer der Bakteriologie für die Wissenschaft und Praxis des Mediziners, Zoologen, Botanikers, Gärungschemikers, Landwirts etc. ist heute allgemein anerkannt. In den letzten Jahren hat aber die Bakteriologie, Gärungsphysiologie und Parasitenkunde nicht nur für die Medizin, sondern ganz besonders auch für die Landwirtschaft und viele Zweige der Technologie so ausserordentlich an Bedeutung gewonnen, dass sie in einer besonderen Abteilung der Zeitschrift gepflegt werden muss.

Die zweite Abteilung enthält:

- 1) **Wissenschaftliche Originalarbeiten.**
- 2) **Originalberichte aus Instituten und Laboratorien.**
- 3) **Zusammenfassende Uebersichten.**

Diese Uebersichten haben den Zweck, den nicht auf diesen Gebieten selbsttätigen Lesern ein möglichst getreues Bild der historischen Entwicklung unserer gegenwärtigen Kenntnis über bestimmte einschlagende wichtige Fragen zu geben.

4) **Referate.**

Diese bilden den Hauptteil des Blattes, und es ist die Aufgabe derselben, den Inhalt aller diesbezüglichen im In- und Auslande selbständig oder in periodischen Schriften erscheinenden Arbeiten über allgemeine Bakteriologie, sowie die des Bodens und des Düngers, der Milch-, Butter- und Käsefabrikation, Bierbrauerei, Brennerei, des Weinbaues, der chemischen Technologie und Pflanzenkrankheiten in knapper, streng wissenschaftlicher Form wiederzugeben.

5) **Berichte über Untersuchungsmethoden, Instrumente etc.**

6) **Berichte über die in das Gebiet der Bakteriologie und Parasitologie einschlagenden Vorträge und Verhandlungen auf Naturforscherversammlungen und sonstigen Kongressen.**

7) **Berichte und Beschreibungen der für bakteriologische und parasitologische Forschungen eingerichteten Institute und sonstigen Anstalten.**

8) **Systematisch geordnete wöchentliche Uebersichten über die neueste gärungsphysiologische und phytopathologische, bakteriologische, landwirtschaftlich-technologische Literatur aller Länder.**

Um zu erreichen, dass eingehende Beiträge sofort zur Veröffentlichung gelangen, erscheinen die Nummern wöchentlich.

Jährlich gelangen 2 Bände zum Preise von je 15 Mark zur Ausgabe. Die Abonnenten der ersten Abteilung des Centralblatts erhalten die zweite Abteilung zum Vorzugspreise von 12 Mark 50 Pf. für den Band.

---

## **Pathologische Pflanzenanatomie.**

In ihren Grundzügen dargestellt.

Von

**Dr. Ernst Küster,**

Dozent für Botanik an der Universität zu Halle a. S.

Mit 121 Abbildungen im Text. 1903. — Preis: 8 Mark.

Botanische Zeitung Nr. 17 v. 1. September 1903:

Das vorliegende Buch wird jedermann zur Orientierung in dem behandelten Gebiet erwünscht und angenehm sein, weil es eine Reihe von Dingen im Zusammenhang bespricht, über die man sonst nur sehr zerstreute Einzeluntersuchungen findet und weil es eine ausgedehnte und sorgfältige Verarbeitung der einschlägigen Literatur enthält. Es kann als ein unentbehrliches Handbuch bezeichnet werden.

# Der rote Brenner des Weinstockes.

(Aus der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädensweil.)

Von

**Hermann Müller-Thurgau.**

(Abdruck aus dem Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten, II. Abteilung, Bd. X.)

**Preis: 3.60 Mark.**

Naturw. Zeitschr. für Land- und Forstwirtschaft, 1904, Heft 4/5:

Eine weitverbreitete, dem Rebmann wohlbekannte Erkrankung bildet den Gegenstand der ersten Arbeit, die aus der vom Bund übernommenen Schweizerischen Versuchsanstalt in Wädensweil seit ihrer Neuorganisation hervorgeht, einer Arbeit, die, wie schon der Name des Verf. verbürgt, würdig ist, die Reihe derer zu eröffnen, welche die angewandte Botanik noch von derselben und ihrem hochverdienten Direktor erwarten darf.

Müller-Thurgau hat die Ursache einer Erkrankung enträtselt, welche den bisherigen Erforschern ungelöste Rätsel aufgab, des sog. Rotbrenners, auch Sang, Rauschbrand usw. geheißen.

---

## Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung.

Früher herausgegeben von der Königl. Bayer. Botanischen Gesellschaft in Regensburg.

**96. Band. Jahrgang 1906.**

Herausgeber:

**Dr. K. Goebel,**

Professor der Botanik in München.

**Mit 5 Tafeln und 258 Textfiguren. — Preis: 20 Mark.**

Inhalt:

Archegoniatenstudien. Von K. Goebel. Mit 144 Textfiguren.

Ueber das Prothallium und die Sporenpflanze von *Botrychium Lunaria* Sw. Von H. Bruchmann. Mit 2 Tafeln.

Ueber das postflorale Wachstum der Kelchblätter einiger *Convolvulaceen*. Von Nils Svedelius. Mit 31 Textfiguren.

Zur Lebensgeschichte von *Neottia Nidus avis* L. Von Jaroslav Peklo. Mit 2 Textfiguren.

Beiträge zur Kenntnis der Keimung der Laubmoossporen und zur Biologie der Laubmoosrhizoiden. Von Kurt Schoene. Mit 12 Textfiguren.

Ueber Wirtzöpfe an *Salix*. Von Otto Renner. Mit 9 Textfiguren.

Ueber die Bedeutung des Palisadenparenchyms für die Transpiration der Blätter. Von F. W. C. Areschoug.

Ueber Knospenbildung an Farnblättern. Von Walter Kupper. Mit 47 Textfiguren.

Die Wachstumsrichtungen einiger Lebermoose. Von B. Němec. Mit 9 Textfiguren.

Ergänzungen zur Morphologie und Anatomie der Ausläufer von *Nephrolepis*. Von Adolf Sperlich. Mit 2 Tafeln.

Untersuchungen über den Einfluss der Salze auf die Wachstumsrichtung der Wurzeln, zunächst an der Erbsenwurzel. Von H. C. Schellenberg. Mit 2 Textfiguren.

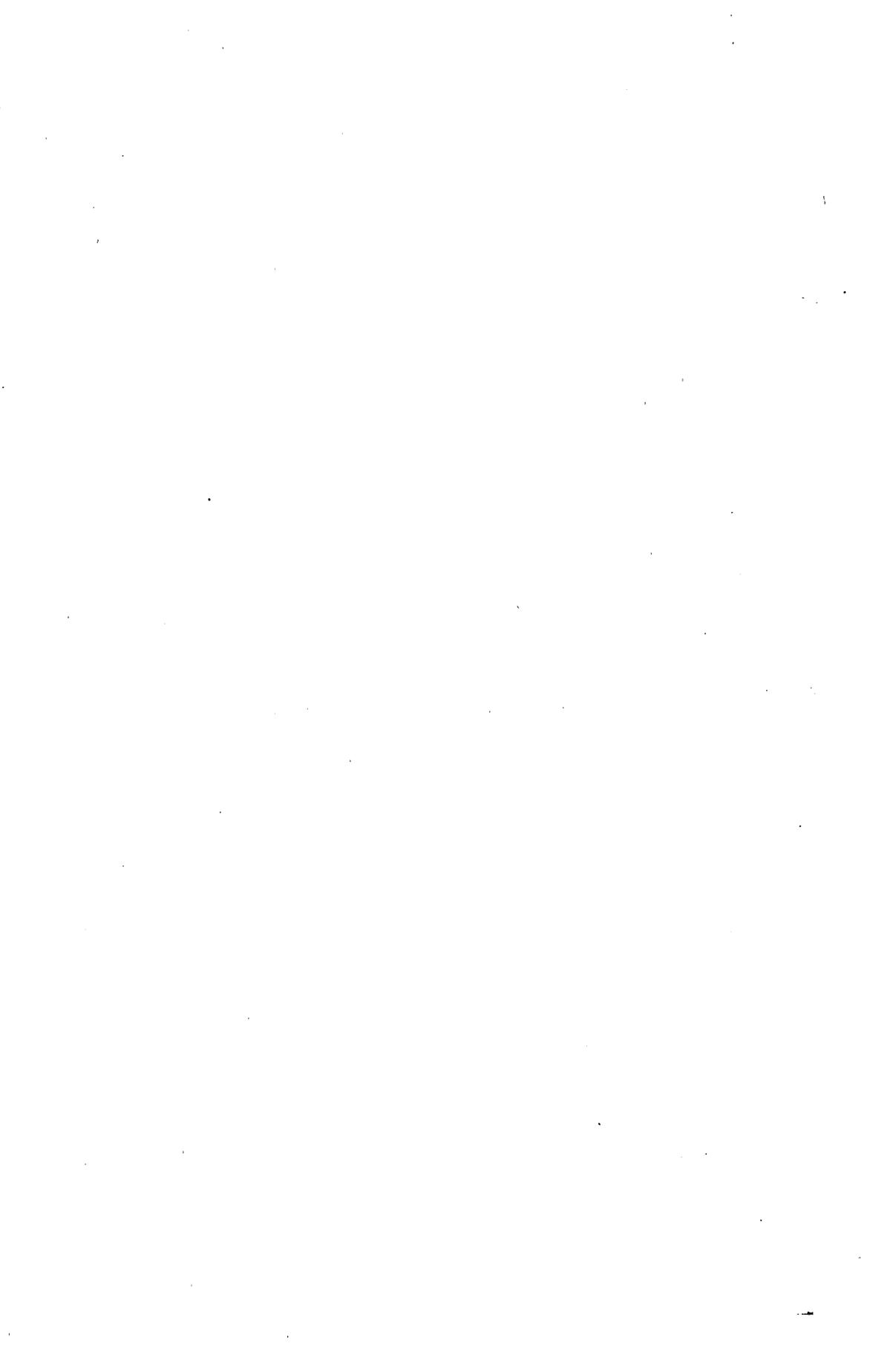
Zentrosomen bei Angiospermen. Von Max Koernicke. Mit 1 Tafel.

Ueber das Erfrieren der Pflanzen. Von Raphael Ed. Liesegang.

Ein Apparat zur schnellen Reinigung beliebig grosser Mengen von Sand und Kies. Von Wilhelm Lorch. Mit 2 Textfiguren.

Histologische und experimentelle Untersuchungen über Intumescenzen. Von Ernst Küster.

Zur Frage nach der Homologie der Blepharoplasten. Von S. Ikeno.



14 DAY USE  
 RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED  
**BIOLOGY LIBRARY**

TEL. NO. 642-2531

This book is due on the last date stamped below, or  
 on the date to which renewed.  
 Renewed books are subject to immediate recall.

FEB - 3 1972	DUE
<i>North Carolina St Univ</i>	JAN - 9 1978 Subject to Recall Immediately
<del>INTER-LIBRARY DUE</del>	
LBAN	
JAN 10 1972	APR 3 1978 Subject to Recall Immediately
FEB 10 1972	2
<del>MAR 15 1972</del>	
<i>April 3</i>	JUN 18 1996
MAR 28 1972	
<del>NOV 17 1975</del>	

LD 21A-15m-2,'69  
 (J6057s10)476-A-82

General Library  
 University of California  
 Berkeley

U. C. BERKELEY LIBRARIES



C056098639