

Bakterien in einen Ruhezustand (Sporen) übergehen, sei es, dass sie durch die von ihnen selbst erzeugte und gespeicherte Hitze getötet werden. Wenn dagegen der atmosphärische Sauerstoff nur einseitig von der Oberfläche in das Innere der gährenden Masse gelangen kann, wie bei Versuchen in offenen Flaschen und auch in den Heizkästen des Augsburger Gewächshauses, so verläuft die Fermentation sehr langsam, und die mit derselben verbundene Temperatursteigerung erreicht ein bei Weitem niedrigeres Maximum (ca. 35°), hält sich dagegen wochenlang auf nahezu gleicher Höhe.

Es ist anzunehmen, dass eine thermogene Wirkung auch anderen Bakterien und Pilzen zukommt, wenn dieselben sich rapid vermehren und entsprechende Gährung erregen; für einzelne Fälle (Hefepilze, Essigbakterien, *Aspergillus Oryzae*, *Aspergillus fumigatus*) ist eine bedeutende Temperatursteigerung auch nachweisbar, wenngleich im Allgemeinen die Bedingungen für eine Wärmespeicherung, nämlich Umhüllung mit einem sehr schlechten, gleichwohl aber für Gaswechsel vollkommen permeablen Medium, nur ausnahmsweise gegeben sind.

---

### 3. Emil Chr. Hansen: Botanische Untersuchungen über Essigsäurebakterien<sup>1)</sup>.

Eingegangen am 12. September 1893.

---

Die ersten Untersuchungen über Essigsäurebakterien verdanken wir KÜTZING.

In dem Journal für praktische Chemie von 1837 beschrieb er und bildete die Zellen der sogenannten Essigmutter ab und spricht die Anschauung aus, dass sie es sind, welche die Essigsäurebildung hervorgerufen.

In seinen „Études sur le vinaigre“, 1868, unterwarf PASTEUR die Frage einer experimentellen Behandlung. Rücksichtlich der dabei be-

---

1) Die nachfolgenden Untersuchungen bilden ein Bruchstück einer grösseren Abhandlung, welche mit den nöthigen Abbildungen in der nächsten Zeit in den „Mittheilungen des Carlsberger Laboratoriums“ in Kopenhagen veröffentlicht werden wird. Sie wurden zuerst der Naturforscher-Versammlung zu Nürnberg im September 1893 vorgelegt.

theiligten Zellen nahm er wie KÜTZING an, dass es eine einzige Species ist, welche diese Gährung zur Stande bringt. KÜTZING hatte sie mit dem Namen *Ulvina aceti* bezeichnet, PASTEUR tauschte den Genus-Namen gegen den von *Mycoderma* aus. Sowohl für KÜTZING wie für PASTEUR besteht die Species nur aus kleinen Stäbchenbakterien, die oft in Ketten geordnet sind. Von Anwendung reiner Culturen war zu jener Zeit noch nicht die Rede.

Die Untersuchungen, die ich im Jahre 1879 in den „Mittheilungen des Carlsberger Laboratoriums“ veröffentlichte, gaben neue Erläuterungen in zwei Richtungen; durch sie wurde nämlich erstens gezeigt, dass wenigstens zwei Species unter dem alten Namen *Mycoderma aceti* inbegriffen, und zweitens, dass diese Species durch einen sehr grossen Formenreichthum ausgezeichnet sind.

Ausser den von meinen Vorgängern beobachteten Ketten von kurzen, oft stundenglasförmigen Stäbchenbakterien fand ich zugleich Langstäbchen und sehr lange Fäden, welche gerade oder in verschiedener Weise gekrümmt waren, und endlich aufgeschwollene Formen der verschiedensten Art, kurz die grösste Mannichfaltigkeit.

Wenn wir sterilisirtes Bier oder sterilisirte Würze mit einer der genannten Arten inficiren und dann diese Flüssigkeiten bei gewöhnlicher Zimmertemperatur hinstellen, so werden sich an deren Oberflächen Häute entwickeln, in welchen wir, obzwar nicht immer, die erwähnten verschiedenen Zellformen finden können. Unter den beschriebenen Umständen ist die in Ketten gereihte Kurzstäbchenform die typische und tritt beständig und in überwiegender Anzahl auf; nicht selten finden wir nur diese Form, das Auftreten der anderen Formen ist ein unregelmässiges.

Es war das Verhalten der Häute Jod oder Jod-Jodkalium gegenüber, welches mir zeigte, dass mindestens zwei Species vorhanden sein müssten; sie gaben nämlich eine gelbe oder aber eine blaue Reaction. Die Vegetationen, welche in der erst genannten Weise reagirten, bezeichnete ich in meiner oben genannten Abhandlung mit dem alten Namen *Mycod. aceti*, die anderen dagegen mit dem neuen Speciesnamen *Mycod. Pasteurianum*. Später hat ZOPF in seinem System diese Species der Gattung *Bacterium* eingereiht, eine Bezeichnungsweise, die der früheren vorzuziehen ist. Meine neuen Untersuchungen haben nun dargethan, dass sich eine grössere Anzahl von Arten finden, welche die oben beschriebenen Reactionen zeigen. Eine neue, von mir aufgefundene Art, die auch die blaue Reaction giebt, schlage ich vor, mit dem Namen *Bact. Kützingianum* zu bezeichnen, nach dem am Anfang dieser Mittheilung genannten berühmten Forscher. Es ist der die Zellen umhüllende und die Glieder der Ketten zusammenhaltende Schleim, der durch die genannten Reagentien blau gefärbt wird. Ob die Zellen selbst auch unter Umständen blau gefärbt werden können,

vermochte ich bisher nicht zu entscheiden. Rücksichtlich der grossen, stark aufgeschwollenen Zellen sieht man deutlich, dass ihr Inhalt bei allen Species gelb gefärbt wird. Die Schleimeinhüllung tritt nicht mit bestimmtem Umriss auf, und man ist daher nicht im Stande, sie in einem gewöhnlichen mikroskopischen Präparate zu entdecken. Bei passender Behandlung gelingt es aber, sie deutlich zu machen, und man kann dann auch mittelst Druck die darin ursprünglich eingelagerten Zellen entfernen, so dass ihnen entsprechende Hohlräume entstehen.

Betrachten wir die so verschiedenen Gestaltungsweisen, in welchen die Essigsäurebakterien auftreten, so sehen wir, dass sie sich um drei Hauptformen gruppieren: Die langen Fäden, die aufgeschwollenen Formen und die Ketten.

Die neuen Untersuchungen, welche ich mir erlauben werde hier vorzulegen, haben zur Aufgabe, die Factoren ausfindig zu machen, welche die Entwicklung dieser Formen bedingen, und ferner darzulegen, wie die eine Form sich aus der anderen entwickelt.

In meinen Experimenten habe ich selbstverständlich immer mit sterilen Nährsubstraten und absoluten Reinculturen gearbeitet. Die entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen wurden durch directe und continuirliche Beobachtungen an Culturen in feuchten Kammern unter dem Mikroskope ausgeführt. Indem ich eine grosse Anzahl von festen sowie flüssigen Nährsubstraten prüfte, zeigte das Doppelbier sich als das günstigste. Es ist ein obergähriges Bier, welches reich an Extract und arm an Alkohol ist. Von festen Nährböden wendete ich vorzugsweise eine Mischung der genannten Flüssigkeit mit 2 pCt. Agar-Agar an. Wenn im Nachfolgenden nichts Anderes bemerkt wird, so sind die Versuche mit *Bacterium Pasteurianum* und *Bacterium aceti* in Doppelbier ausgeführt worden.

Das Temperatur-Minimum für die Entwicklung von *Bact. aceti* ist 4—5° C. und für die von *Bact. Pasteurianum* 5—6° C.; das Temperatur-Maximum der beiden Arten liegt bei 42—43° C. und das Temperatur-Optimum bei 34° C.

Bei 34° C. erhält man schon binnen 20 Stunden eine kräftige Hautbildung, in welcher nur ausnahmsweise andere Formen, als die in Ketten gereihten Kurzstäbchen vorhanden sind. Die Kettenform ist überhaupt die typische unter den Umständen, wo die Hautbildung energisch vor sich geht. Hiermit haben wir also die für das Auftreten der Kettenform günstigen Bedingungen kennen gelernt.

In meinen „Untersuchungen über die Physiologie und Morphologie der Alkoholgährungspilze“ habe ich an mehreren Stellen Beispiele für die formbildende Macht der Temperatur herangezogen (Compte rendu des travaux du laborat. de Carlsberg, 1883 S. 42; 1886 S. 114 u. flg.). Diese Resultate aus einem ganz anderen Gebiete wurden der Aus-

gangspunkt meiner Experimente mit den Essigbakterien. Um Klarheit in der genannten Richtung zu erhalten, habe ich Versuchsreihen in Bezug auf die zwischen den genannten Grenzen liegenden Temperaturen angestellt.

Es zeigte sich, dass bei  $40-40\frac{1}{2}^{\circ}$  C. noch eine ziemlich kräftige Entwicklung stattfindet; während derselben werden aber die neugebildeten Zellen länger und länger, und mehr und mehr Glieder der ausgesäeten Ketten betheiligen sich an dieser Umbildung. Es entstehen Ketten, deren Glieder sehr lang sind; bei *Bact. aceti* trennen die Glieder sich frühzeitig, bei *Bact. Pasteurianum* bleiben sie längere Zeit in Verbindung mit einander. Nach ungefähr 24 Stunden hat sich eine aus der typischen Fadenform bestehende Vegetation gebildet. Falls wir nicht wüssten, dass sie sich aus der Kettenform entwickelt hat, würden wir sie als einer ganz anderen Species angehörend auffassen, so verschieden sind die beiden Formen von einander. Die Fäden können eine Länge von  $200\ \mu$  und darüber erreichen, während die Glieder der Ketten, von welchen sie stammen, je nur  $2-3\ \mu$  messen.

Stellen wir nun eine Cultur von solchen langen Fäden in den Thermostaten bei  $34^{\circ}$  C., so bilden sie sich wieder zur Kettenform um; man hat es folglich in seiner Macht, je nach Belieben die eine oder die andere Form hervorzurufen; die formbildenden Factors in dem vorliegenden Falle sind die Temperaturen von  $34$  bis  $40\frac{1}{2}^{\circ}$  C.

Indem wir schrittweise die Entwicklung verfolgen, welche die langen Fäden bei  $34^{\circ}$  C. durchmachen, sehen wir, dass sie, bevor sie sich theilen, nicht nur in der Länge, sondern auch in der Dicke zunehmen, und zwar in hohem Grade. Durch die Dickenzunahme werden sie mehr oder weniger spindelförmig, die Regel ist aber, dass sie zugleich an einer oder mehreren Stellen stark anschwellen. In den ersten Stadien der Entwicklung bilden sich in obiger Weise sehr eigenthümliche Aufschwellungen von verschiedener Form; oft sind sie kugelförmig, und in diesem Falle erreicht ihr Durchmesser eine Grösse bis  $11\ \mu$ . Sie enthalten gleichförmiges Protoplasma. Erst nachdem diese vorbereitenden Stadien durchlaufen sind, gliedern sich die Fäden, so dass sie sich wieder zu typischen Ketten von Kurzstäbchen umbilden. Es kann sich sowohl der ganze fädige Theil gliedern, als selbst auch ein Theil der dicken Aufschwellungen. Die dicksten Partien bleiben jedoch ungetheilt und lösen sich zuletzt auf. Von der Fadenform ausgehend sind wir also wieder zu der Kettenform von Kurzstäbchen zurückgelangt, und wir haben gelernt, dass die Aufschwellung der Fäden ein regelmässiges Zwischenglied dieses Entwicklungszyclus bildet.

Die Umbildung der Fadenform zur Kettenform kann auch bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, obzwar mit geringer Kraft, stattfinden;

dies ist auch der Fall, wenn wir statt Doppelbier Würze oder den oben genannten festen Nährboden benutzen.

Solche aufgeschwollenen Fäden wie die beschriebenen werden nach NÄGELI als abnorme Bildungen betrachtet, die nicht in den normalen Entwicklungskreis gehören, sondern als Erscheinungen des Krankseins und Absterbens aufzufassen sind. Eine genauere Untersuchung darüber, welche Bedeutung man ihnen zuzuschreiben habe, wurde jedoch bisher nicht gegeben. (Siehe die Handbücher von DE BARY, ZOPF u. A.). Schon in meiner vorhin genannten Abhandlung vom Jahre 1879 hatte ich sowohl im Texte wie in den Abbildungen betont, dass die aufgeschwollenen Fäden gerade dann auftreten, während die Entwicklung in kräftigem Gange ist, und dass sie sich durch Theilung vermehren. Meine jetzigen Untersuchungen haben in Uebereinstimmung hiermit dargethan, dass die Aufschwellungen in Folge des kräftigen Wachstums sich entwickeln, und dass sie die regelmässigen Vorläufer des Theilungsprocesses der Fäden sind.

Es dürfte hier nicht überflüssig sein, daran zu erinnern, dass die vorliegenden Studien sich darauf beschränken, den Entwicklungsgang mit seinem grossen Formenreichthum, wie er durch die angegebenen Temperaturen und ein extractreiches Nährsubstrat bestimmt wird, zu ermitteln. Wir haben schon gehört, dass sowohl die Fadenform wie auch die angeschwollenen Formen auch unter anderen Bedingungen, obschon in sehr unregelmässiger Weise, auftreten können; von diesen Bedingungen haben wir aber noch keine Kenntniss.

Die in unseren Experimenten für *Bact. Pasteurianum* und *Bact. aceti* gefundene Gesetzmässigkeit scheint nicht nur für Essigsäurebakterien, sondern zugleich für andere, verschiedenen Gruppen angehörende Bacterienarten Gültigkeit zu haben. In einer anderen Abhandlung beabsichtige ich daher die Frage von einem mehr allgemeinen Gesichtspunkte aus zu behandeln.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Hansen Emil Chr.

Artikel/Article: [Botanische Untersuchungen über Essigsäurebakterien  
1069-1073](#)