

Über chemisch nachweisbare Lebensprozesse an Mikroorganismen.

Von

Dr. med. **F. Blum.**

Vortrag,

gehalten in der wissenschaftlichen Sitzung vom 25. März 1893.

Meine Herren! Der Stoffwechsel der Mikroorganismen (Bakterien, Sproß- und Schimmelpilze) übt einen mächtigen Einfluß auf die Entwicklung aller Lebewesen unserer Erde, ja auf die Gestaltung der Erdoberfläche selbst aus. Für die mannigfaltigsten Wissenschaften und Betriebe werden die Stoffumsetzungen dieser niedersten, dem Pflanzenreiche angehörigen Gebilde von Wichtigkeit: die Geologen und Mineralogen wissen von Gesteinsarten, die vor Jahrtausenden abgelaufenen Lebensprozessen von Mikroorganismen ihre Entstehung verdanken; hier und dort entsteigen den Spalten der Tiefe Gase, die durch Einwirkung niederster Lebewesen auf organische Stoffe allmählich frei geworden sind. Die Landwirtschaft beschäftigt sich seit langer Zeit mit dem Studium der Fäulnisumwandlungen des Düngers; denn von ihnen hängt die Fruchtbarkeit des Bodens ab. Die für das Gedeihen der Pflanzen so notwendigen salpetersauren Salze, um nur ein Beispiel anzuführen, werden dem Acker dadurch geliefert, daß bestimmte Mikroorganismen aus Ammoniak vermittlems Oxydation Salpetersäure fabrizieren; Ammoniak aber entsteht bei der Zerlegung von vielen stickstoffhaltigen Verbindungen unter dem Einflusse von niedersten Lebewesen. Unter den Fabrikationszweigen, die auf Ausnützung der chemischen Umsetzungen der Spalt-, Sproß- und Schimmelpilze beruhen, sei nur die Wein- und Bierbereitung angeführt. Zu der Erkenntnis der vergärenden Kraft der Hefe und zur Differen-

zierung der einzelnen Hefearten mit ihren verschiedenen chemischen Leistungen haben Arbeiten von Fachleuten dieser Betriebe viel beigetragen. Aber erst seitdem die physiologische Chemie und die Heilkunde — speziell die Bakteriologie — sich mit der Erforschung der Lebensweise der Mikroorganismen befassen, beginnt sich allmählich eine einheitliche physiologische Chemie der Mikroorganismen herauszubilden.

Sie gründet sich auf den heute wohl von keinem Forscher mehr bezweifelten Satz, daß die Lebensprozesse der Mikroorganismen je nach der Art des betreffenden Pilzes und nach dem Nährboden verschieden sind.

So teilen manche Lehrbücher die Bakterien in zwei große Gruppen ein: solche, die die Gelatine zu verflüssigen vermögen, und andere, die wenigstens für das Auge den festen Nährboden intakt lassen. Hier ist eine Lebensäußerung, die Absonderung eines proteolytischen verdauenden Fermentes, als Unterscheidungsmerkmal einzelner Arten genommen. Genauere Studien¹⁾ aber haben ergeben, daß selbst dies Ferment nicht bei allen Arten das gleiche sein kann. So vermag das Ferment des *Spirillum* der Cholera nicht nur Leim, sondern auch Fibrin zu lösen, während dasjenige von *Bacillus prodigiosus* zwar Gelatine und Blutserum, aber nicht Fibrin zu lösen imstande ist. Man könnte mit der gleichen Berechtigung die Erzeugung von Gasen als Unterscheidungsmerkmal der Pilze nach verschiedenen Spezies aufstellen. Auch hier würde man Bakterien finden, die bei ihrem Wachstum auf Gelatine gasförmige Körper fabrizieren. Die eine Art spaltet aus dem Nährboden ein Gas ab, das den eingefügten Streifen Bleipapier zu schwärzen vermag (Schwefelwasserstoff), eine zweite Art läßt Ammoniak entstehen und wieder andere Bakterien bereiten sonstige flüchtige Verbindungen.

Alle diese Beobachtungen aber sind nur Einzelheiten aus dem Stoffwechsel der Mikroorganismen; sie zeigen, daß selbst bei gleichem Nährboden die Lebensprozesse je nach der Art des Pilzes verschieden verlaufen können; aber sie weisen gleichzeitig darauf hin, daß eine richtige und vollkommene Erkenntnis

¹⁾ Fermi, Archiv für Hygiene Bd. X, S. 1 1890, Bd. XI, S. 240 1890, Bd. XIV, S. 1 1892. Dort auch Litteraturangabe!

des Lebens der Mikroorganismen nur durch ein genaues Studium der physikalischen und chemischen Lebensbedingungen und der Umsetzungen der Materie bei jeder einzelnen Pilzart möglich sein wird. Hier ist der Forschung noch ein weites Gebiet offen; denn diese vergleichenden chemischen Untersuchungen sind erst seit wenigen Jahren aufgenommen worden und brach liegt noch der größte Teil dieses sicherlich fruchtbaren Gebietes.

Wenn ich aber dennoch heute Ihnen, meine Herren, einen Vortrag über chemisch nachweisbare Lebensprozesse an Mikroorganismen zu halten unternehme, so geschieht das im Hinblick darauf, daß die physiologische Chemie eine große Reihe von Umsetzungen der verschiedensten Körper unter der Lebensthätigkeit von allerdings nicht näher charakterisierten Mikroorganismen aufgedeckt hat.

Die Prozesse, die wir unter der Bezeichnung „Fäulnis“, „Gärung“, „Ranzigwerden“ kennen, sind Umwandlungen von organischen Stoffen durch die chemische Energie der niedersten Pilze. Die Erkenntnis dieser wichtigen Vorgänge, an denen zumeist Pilzgemenge und nicht Reinkulturen beteiligt sind, hat schon eine gewisse Vollkommenheit erreicht, sodaß wir heute über die hauptsächlichsten Produkte der Lebensthätigkeit der Mikroorganismen bei ihrem Wachstum auf Nährböden von Eiweiß, Kohlehydraten, Fetten und verwandten Stoffen unterrichtet sind.

Es handelt sich dabei um Spaltungen, Reduktionen, Oxydationen und Synthesen an der „verfütterten“ Materie. Von den Oxydationen hat Hoppe-Seyler¹⁾ gezeigt, daß sie durch indirekte Wirkung des Wasserstoffs, d. i. durch Reduktion und Spaltung des atmosphärischen Sauerstoffmoleküls und dadurch Activierung des Sauerstoffs (frei gewordenes Atom!) entstehen. Manche Reaktionen, die durch Mikroorganismen hervorgerufen werden, ergeben ähnliche Produkte, wie die Einwirkung von Alkalien oder auch Säuren beim Erwärmen. Auch durch hochgespannte Wasserdämpfe hat Munk²⁾ einzelne den bakteriischen verwandte Umwandlungen hervorgerufen. Neben diesen

¹⁾ Archiv f. d. ges. Phys. Bd. XII S. 1 1876 und Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. II S. 1.

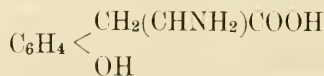
²⁾ Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. I S. 347.

tiefer eingreifenden Prozessen stehen dann noch diejenigen, die auf die Wirkung mancher Pilzfermente zurückzuführen sind und in einer einfachen Überführung des schwerlöslichen Nährmaterials in eine leichter lösliche Form bestehen. Das ist eine hydrolytische Wirkung ähnlich derjenigen, die lösliche Fermente im Tierorganismus hervorrufen.

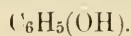
Die Erfahrungen über die Zersetzungen durch Pilze sind teils aus den bei Zimmer- oder Bruttemperatur vorkommenden Fäulnis- und Gärungsprozessen, teils aus den Vorgängen im Darmrohre von Menschen und Tieren erschlossen worden. Zweifellos stellen sich der letzteren Art des Studiums weit größere Schwierigkeiten entgegen, als der ersteren; denn die Fäulnisprodukte, soweit sie nicht in den Faeces aufgesucht werden, haben den Körperkreislauf zu passieren und erleiden dabei mannigfaltige Veränderungen; aber auf der anderen Seite dürfte die Bearbeitung der intestinalen Fäulnis- und Gärungsprozesse deshalb besonders lohnend sein, weil die einzelnen Phasen der Fäulnis, dank der Resorption der jeweiligen Produkte, leicht verfolgt werden können und wir die auch für die Heilkunde wichtigen Verhältnisse bei dieser Art der Forschung am besten kennen lernen.

Der bekannteste Nährboden für die Mikroorganismen sind die Eiweißkörper. Wie schon oben erwähnt, vermag ein Teil der Pilze vermittels eines isolirbaren¹⁾ Fermentes dieselben zu lösen und auch zu peptonisieren, eine Umsetzung, die derjenigen des Trypsins des menschlichen Pancreas entspricht. Aus dem gelösten Eiweiß werden nun eine ganze Reihe von Verbindungen abgespalten:

In erster Linie sei hier das Tyrosin



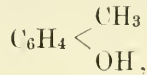
(Paraoxyphenylamidopropionsäure) genannt. Baumann²⁾ fand als Eiweißfäulnisprodukt das Phenol



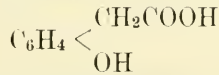
¹⁾ Fermi l. c.

²⁾ Pflüger's Archiv Bd. XIII S. 235 und Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. I S. 60, (s. hier auch Litteratur!).

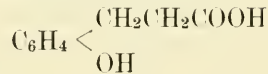
Mit diesem Befunde war der Anfangs- und Endpunkt einer Abbaureihe der Eiweißkörper bei der Fäulnis gegeben. Als Zwischenglieder wurden dann dargestellt das Parakresol¹⁾



die Paraoxyphenyllessigsäure²⁾

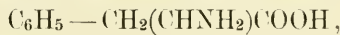


und die Paraoxyphenylpropionsäure³⁾

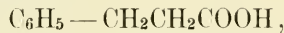


(Hydroparacumarsäure).

Eine ganz analoge Reihe von Verbindungen, der nur die Hydroxylgruppe fehlt, ließ sich aus dem faulenden Eiweiß isolieren; es ist die Phenylamidopropionsäure⁴⁾



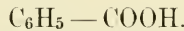
die Phenylpropionsäure⁵⁾



die Phenyllessigsäure



und die Benzoësäure



In beiden vorstehenden Reihen spielen Reduktions-, Spaltungs- und Oxydationsprozesse eine wesentliche Rolle. Ob die einzelnen Glieder der zweiten Reihe nur von der erstgenannten Verbindung, der Phenylamidopropionsäure, sich ableiten⁶⁾ oder

¹⁾ Baumann und Brieger, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. III S. 149 und Weyl, ibidem S. 312.

²⁾ E. und H. Salkowski, Ber. d. chem. Gesellschaft. Bd. XII, S. 1438.

³⁾ Baumann, Ber. d. Deutschen chem. Gesellschaft. Bd. XII, S. 1452 und Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. IV, S. 304 (hier Litteraturangabe!).

⁴⁾ Schultze und Barbieri, Ber. d. Deutschen chem. Gesellschaft Bd. XIV, S. 1785.

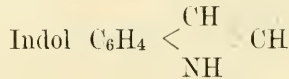
⁵⁾ E. Salkowski, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. IX S. 508. Dort auch chronologische Litteraturangabe.

⁶⁾ Baumann, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. VII, S. 282.

auch durch eine eigentümliche Reduktion aus dem Tyrosin entstehen¹⁾ können, dürfte heute noch eine offene Frage sein.

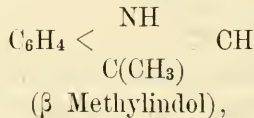
Eine fernere dem Eiweiß entstammende Gruppe von Fäulnisprodukten, ebenfalls mit dem Benzolkern versehen, bildet das Indol, Skatol und die Skatolcarbonsäure.

Die Bedingungen der Indolbildung bei der Fäulnis



sind in ausgiebiger Weise studiert²⁾ worden.

Spaltungsprodukte dieses Körpers hat man ebensowenig aufgefunden, wie bei dem Skatol³⁾ und der Skatolcarbonsäure. Dem Skatol kommt die Konstitutionsformel zu:



während die von E. und H. Salkowski entdeckte Skatolcarbonsäure⁴⁾ eine Carboxylgruppe trägt. Die beiden erstgenannten Verbindungen besitzen einen widerlichen, faeculenten Geruch, wodurch sie leicht ihre Gegenwart in Fäulnisgemischen verraten.

Neuerdings hat Kuhn⁵⁾ als einen energischen Indolbildner den *Proteus vulgaris* geschildert. Er fand bei seinen Untersuchungen keinen anderen Pilz, der diese Substanz aus Eiweiß abzuspalten vermochte. Wenn es auch nicht wahrscheinlich ist, daß die genannte Proteusart auf die Dauer die einzige in dieser Richtung thätige Species bleibt, so wird wohl doch das Indol zumeist auf die Gegenwart dieses Pilzes zurückgeführt werden dürfen.

¹⁾ E. und H. Salkowski, Bd. VII, S. 450. Vgl. auch Wolkow und Baumann, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. XV, S. 228.

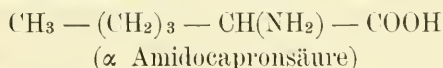
²⁾ Baumann, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. I, S. 60. — Odermatt, J. D., Bern 1878. — Brieger, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. III, S. 134. — E. Salkowski (mit H. Salkowski), Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. VIII, S. 417. — Brieger, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. IV, S. 414. Der Teil des Eiweißmoleküls, der Indol abspaltet, scheint bei der Behandlung mit Schwefelsäure zerstört zu werden; es tritt dann nur Skatol auf.

³⁾ Nencki, Zentralblatt f. die med. Wissenschaften 1878. Brieger, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellschaft Bd. X, S. 1027.

⁴⁾ Ber. d. Deutsch. chem. Ges. Bd. XIII, S. 191 u. 2217 und Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. IX, S. 8.

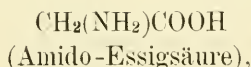
⁵⁾ Archiv f. Hygiene Bd. 13, S. 40.

Ein anderes nicht seltenes Fäulnisprodukt des Eiweißes, das im menschlichen Organismus auch unabhängig von Pilzen durch eine weitgehende Wirkung der Verdauungsfermente entstehen kann, wird durch das Leucin



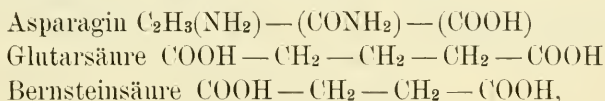
dargestellt.

Das Glycocoll



ebenfalls ein bakteritisches Eiweißspaltungsprodukt, steht zu der vorgenannten Verbindung in einem ähnlichen Verhältnis, wie die Anfangsglieder der Abbaureihe der Phenylamidopropionsäure zu den Endgliedern derselben.

Von dem Eiweiß lassen sich das Asparagin,¹⁾ die Bernsteinsäure²⁾ und die Glutarsäure ableiten. — Sie treten bei der Lebensthätigkeit von Mikroorganismen auf,



und zwar kann die letztgenannte Säure die beiden anderen Verbindungen zu Vorstufen haben.

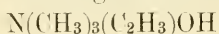
In faulendem Fleische oder anderen Nahrungsmitteln, die im Zerfall durch Spaltpilze begriffen sind, kommen außer den oben genannten noch eine große Anzahl von chemisch wohl charakterisierten krystallisierbaren Verbindungen vor, die zum Teil die Eiweißkörper des Fleisches etc., zum anderen Teil noch höher zusammengesetzte Komplexe, dann aber auch einfachere in den Geweben vorkommende organische (sogenannte intermediäre) Körper als Muttersubstanzen besitzen.

Es handelt sich um die Ptomaine, stickstoffhaltige, basische mehrweniger giftige Körper, die teils unter der Thätigkeit eines Gemenges von Fäulnisbakterien, teils auch durch bestimmte Pilzarten auftreten.

¹⁾ Brieger, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. V, S. 366 (mit Litteratur!)

²⁾ E. und H. Salkowski, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. Bd. XII, S. 649.
Ekunina, Journ. f. prakt. Chemie Bd. 21, S. 479.

Nencki¹⁾ konnte zuerst eine hierhergehörige Verbindung, das Collidin, analysieren und fand für sie die Formel $C_8H_{11}N$. Brieger hat eine größere Anzahl von Ptomainen aus faulenden tierischen Geweben abtrennen und von einigen die Konstitutionsformel aufstellen können; so fand er in faulendem Fleische eine ungiftige Base von der Zusammensetzung $C_5H_{14}N_2$, das Neuridin, das durch Alkalien beim Erhitzen in Trimethylamin $N(CH_3)_3$ und Dimethylamin $NH(CH_3)_2$ sich spalten ließ. Ferner isolierte derselbe Forscher aus faulendem Fleische das Neurin, eine exquisit giftige Substanz von folgender Konstitution:



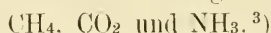
Trimethylvinylammoniumoxyhydrat.

Sehr häufig trifft man das nahe verwandte, aber wesentlich ungiftigere Cholin

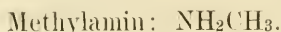
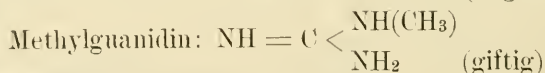
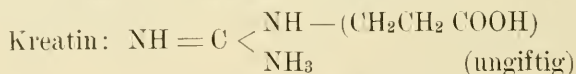


das Trimethyloxaethylammoniumhydroxyd.

Dieses Ptomain entsteht bei der einfachen Spaltung des Lecithins²⁾ durch Mikroorganismen. Wirkt die Fäulnis längere Zeit auf die Verbindung ein, so wird sie vollständig in Sumpfgas, Kohlensäure und Ammoniak zerlegt:



Aus dem Kreatin, einem weitverbreiteten Körper des intermediären Stoffwechsels, vermögen Mikroorganismen ebenfalls Ptomaine abzuspalten: das Methylguanidin und das Methylamin.



Wie das Cholin verschwinden auch diese Ptomaine bei langdauernder Pilzeinwirkung unter reichlicher Ammoniakentwicklung⁴⁾.

¹⁾ S. einschlägige Litteratur über Ptomaine in Brieger, „Über Ptomaine“ Berlin 1885 (Hirschwald). „Weitere Untersuchungen über Ptomaine“ 1885 und dritter Teil 1886. Dann Garcia, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. XVII. 6. Heft.

²⁾ Lecithin wird in Cholin, Glycerinphosphorsäure und Stearinsäure gespalten.

³⁾ Hasebrock, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. XII, S. 148.

⁴⁾ Schiffer, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. IV, S. 237.

Von den vielen anderen teils aus faulendem Fleische, teils aus altem Käse, vergifteter Wurst, schlecht gewordenen Miesmuscheln etc., teils auch aus Nährböden bestimmter Reinkulturen dargestellten Ptomainen¹⁾ seien nur die folgenden erwähnt, die einerseits homologe Verbindungen repräsentieren, andererseits zum Teil eine gewisse Rolle bei Erkrankungen des Menschen zu spielen scheinen:

Methylamin $\text{NH}_2(\text{C}'\text{H}_3)$
 Dimethylamin $\text{NH}(\text{C}'\text{H}_3)_2$
 Trimethylamin $\text{N}(\text{C}'\text{H}_3)_3$
 Aethylamin $\text{NH}_2(\text{C}'_2\text{H}_5)$
 Diaethylamin $\text{NH}(\text{C}'_2\text{H}_5)_2$
 Triaethylamin $\text{N}(\text{C}'_2\text{H}_5)_3$

In jüngster Zeit fand Garcia das Hexamethyldiamin²⁾; Brieger hatte früher das Cadaverin und Putrescin dargestellt, von denen ersteres durch Ladenburg³⁾ als Pentamethyldiamin und letzteres durch Baumann und v. Udránszki⁴⁾ als Tetramethyldiamin erkannt wurde. Außerdem wurde von Brieger ein Aethylendiamin analysiert. Auch hier liegt also eine fast vollständige homologe Reihe vor:

$(\text{CH}_2)_6(\text{NH}_2)_2$ Hexamethyldiamin.
 $(\text{CH}_2)_5(\text{NH}_2)_2$ Pentamethyldiamin (Cadaverin).
 $(\text{CH}_2)_4(\text{NH}_2)_2$ Tetramethyldiamin (Putrescin).
 $(\text{CH}_2)_2(\text{NH}_2)_2$ Aethylendiamin.

Das Putrescin und Cadaverin wurde von Baumann und von Udránszki⁵⁾ und nach ihnen von anderen Untersuchern im Darminhalt (und dem Urin) eines Cystinkranken aufgefunden; Roos⁶⁾ hat später in den Faeces bei schwerer Dysenterie dieselben Verbindungen nachweisen können.

Fraglos legt erstere Angabe den auch von den Autoren angeregten Gedanken nahe, daß die beiden Ptomaine sowie das

¹⁾ S. Litteratur Brieger l. c., Garcia l. c., Ehrenberg, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. XI, S. 239.

²⁾ Garcia, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. XII S. 548.

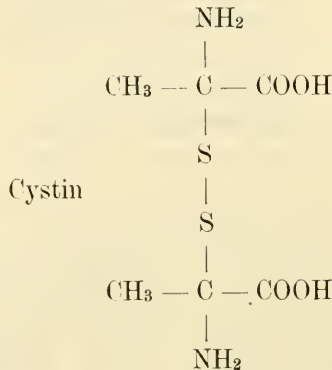
³⁾ Ber. d. d. chem. Ges. Bd. XIX S. 2585.

⁴⁾ Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. XIII S. 562.

⁵⁾ l. c.

⁶⁾ Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. XVI S. 192.

Cystin als Spaltungsprodukte einer gemeinschaftlichen Mutter-substanz bei Einwirkung bestimmter Bakterien zu betrachten sind. Diese Muttersubstanz könnte wohl nur das Eiweiß sein, auf welches dann die ganze homologe Reihe der Diamine zurück-zuführen wäre. Wenn das Cystin und die ihm verwandten Ver-bindungen — das Cystein und die Mercaptursäure — seine Quelle im Eiweißmolekül hat und aus diesem bei Pilzangriffen abge-schieden wird, so ist in ihm



das einzige bis jetzt bekannte Zwischenglied gegeben zwischen dem unversehrten Eiweißmolekül und dem letzten schwefelhal-tigen Produkt des bakteritischen Abbaus der Eiweißkörper, dem Schwefelwasserstoff ¹⁾.

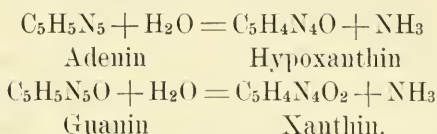
Ich möchte, meine Herren, nicht das Kapitel über die Zer-setzungen der Eiweißkörper schließen, ohne erwähnt zu haben, daß Verbindungen, höher zusammengesetzt als die Albumine, die Nucleine, unter der Einwirkung von Mikroorganismen auf der einen Seite in Eiweißkörper, andererseits in Verbindungen, die zur Harnsäure in naher Beziehung stehen, in Adenin, Hypo-xanthin, Xanthin und Guanin und weiter zerlegt werden können ²⁾.

¹⁾ Holschewnikoff, Fortschritte der Medicin Bd. 7. 1889 No. 6. *Protus sulfureus* und *Bacterium sulfureum*. —

Übrigens besitze ich selbst ein Bakterium in Reinkultur, das sowohl aus Gelatine, wie aus Bouillon Schwefelwasserstoff entwickelt. (S. u.!).

²⁾ Arbeiten von Kossel und Schützenberger; Schindler, Zeit-schrift f. phys. Chemie Bd. XIII S. 432; Horbaezewski, Sitzungsbericht d. k. Akad. der Wissensch. in Wien, April 1891; Salkowski, Zeitschrift f. phys. Chemie, Bd. XIII S. 506.

Guanin liefert so Xanthin, Adenin bei Luftabschluß Hypoxanthin.



Allmählich verschwinden die höher zusammengesetzten Moleküle vollständig, sodaß als Endprodukte der Fäulnis der Eiweißkörper und verwandter Stoffe zuletzt einfache Verbindungen wie Ammoniak, freier Stickstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefel-eisen, Kohlensäure, Wasser u. a. m. verbleiben.

Betrachten wir nun die Umsetzungen, die die Kohlehydrate unter dem Einflusse von Mikroorganismen erleiden, so müssen wir nach dem Vorgange der Autoren zwischen den von der Lebens-thätigkeit der Mikroorganismen direkt abhängigen Umsetzungen und den fermentativen Veränderungen und Spaltungen unterscheiden, welche letztere insofern indirekt nur hervorgerufen werden, als die von den Pilzen abgesonderten Fermente die Gährungen erzeugen und unterhalten. Bei verschiedenen Hefe- und Pilzarten entstehen als Produkte ihres eigenen Stoffwechsels organische Säuren, die je nach Gattung, ja sogar nach Rasse der Pilze verschiedener chemischer Natur sind.¹⁾ Wenn man z. B. Pneumococcen auf Traubenzuckerlösung wirken läßt, so treten in dem Gemische Ameisensäure und Essigsäure auf²⁾; bestimmte Darmcoccen liessen nur Propionsäure aus Dextrose hervorgehen. Von einer Gährung in dem Sinne irgend einer außerhalb des Bakterienleibes verlaufenden Fermentwirkung kann hier nicht die Rede sein; es handelt sich um Lebensprozesse von Mikroorganismen, bei denen Nährmaterial verbraucht wird. Vielleicht sind hierhin auch die Zerlegungen der Cellulose in Sumpfgas und Kohlensäure³⁾ zu rechnen; immerhin könnte es sich dabei auch um Gährungen durch Fermentwirkung handeln.

Sicherlich sind die meisten Invertierungen, Zuckerbildungen und alkoholischen Gährungen etc. auf die Einwirkung von Fer-

¹⁾ Amthor, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. XII, S. 64; ibidem S. 558 (hier Litteratur!). Neumayer, Archiv f. Hygiene Bd. XI, S. 1 (mit Litteratur!).

²⁾ Brieger, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. VIII, S. 306.

³⁾ F. Hoppe-Seiler, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. X, S. 201.

menten zurückzuführen: denn es gelingt ohne besondere Schwierigkeit jeweils das invertierende, diastatische oder vergärende Ferment zu isolieren. So besitzt z. B. unsere gewöhnliche Bierhefe sowohl ein invertierendes,¹⁾ wie ein alkoholisches Ferment. Diastatische Fermente kommen einer größeren Anzahl von Mikroorganismen zu.²⁾ Ein invertierendes Ferment allein sondert der Koji-Pilz ab.³⁾ Natürlich werden Gärungen des Milchzuckers etc. total anders sich gestalten als solche des Traubenzuckers oder des Fruchtzuckers. Der eingangs hervorgehobene Satz über die nicht nur nach Art, sondern auch nach Nährboden verschiedene Wirksamkeit der einzelnen Spalt- etc. Pilze gilt für das Wachstum der Mikroorganismen auf stickstofffreien Nährböden ebenso, wie bei dem eiweißhaltigen faulenden Material. Festzuhalten ist, daß eine Reihe von Bakterien sowohl, wie von höheren Pilzen aus Kohlehydraten teils verwandte Zuckerarten, teils Säuren und Alkohole der Fettreihe zu fabrizieren vermag. Erstere Prozesse faßt man als Fermentationen auf, die sich außerhalb des Pilzleibes abspielen; letztere zum Teil ebenfalls als solche, zum anderen Teil als mit dem Wachstum und der Vermehrung einhergehende Assimilationsvorgänge.

Das Studium der Zerlegung der Kohlehydrate greift in das der Fettspaltung über. Fette Säuren sind intermediäre Produkte bei beiden bakteritischen Einwirkungen; und zwar gilt dies in Bezug auf die Fette sowohl von der einfachen Verseifung, als auch von dem weiteren Schicksale des Glycerins. So hat Hoppe-Seyler⁴⁾, der sich namentlich mit der Erforschung der Umwandlungen dieser Stoffe beschäftigt hat, nachgewiesen, daß auf der einen Seite bei Kohlehydratspaltung unter anderen Verbindungen Milchsäure entstehen kann, andererseits aus dieser einfachen fetten Säure bei Lebensprozessen von Mikroorganismen durch Synthese höhere Fettsäuren auftreten. Dem-

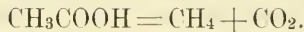
¹⁾ E. Salkowski. Zeitschr. f. phys. Chemie, S. 506.

²⁾ Fermi l. c.

³⁾ Dr. O. Kellner, Y. Mori u. M. Nagaoka. Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. XIV. S. 295.

⁴⁾ Archiv f. d. ges. Phys. Bd. XII, S. 1, 1876. — Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. II, S. 1; Bd. III, S. 351; Bd. X, S. 201 u. 401 (s. in diesen Arbeiten auch hierhergehörige Litteratur).

gegenüber wird z. B. die Essigsäure in Sumpfgas und Kohlensäure in einfacher Weise zerlegt:



Es würde hier viel zu weit führen, wenn ich das Schicksal aller verfütterten Fettsäuren, über das eine reiche Litteratur existiert, anführen wollte. Auch hier würde man wiederum ersehen, daß das Ergehen jeder einzelnen Verbindung von den eingangs hervorgehobenen Verhältnissen abhängt.¹⁾ Aus dem Glycerin fabricieren Mikroorganismen höher zusammengesetzte Alkohole und fette Säuren, so Butylalkohol, Hexylalkohol und Capronsäure,²⁾ dann aber auch einfachere, wie die Ameisensäure und die Essigsäure.³⁾

Sie können, meine Herren, aus diesem letzten Beispiel mit großer Deutlichkeit erkennen, daß die kleinsten Lebewesen unserer Erde nicht nur an dem Abbau, sondern auch am Aufbau organischer Verbindungen im Naturhaushalt ihren Anteil nehmen.

Wenn ich noch mit einem Worte auf die Veränderungen der anorganischen Materie eingehen darf, so sei erwähnt, daß eine Reihe von kohlensauren Salzen, viele Kiese und manche Nitrate⁴⁾ Lebensprozessen von Mikroorganismen ihre Entstehung verdanken: hier liegen teils einfache Reaktionen zwischen der anderwärts freigewordenen Kohlensäure oder dem Schwefelwasserstoff und anorganischen Alkalien, teils Oxydationen von stickstoffhaltigen Substanzen vor; hinwiederum entstehen unter dem reduzierenden Einfluß vieler Pilze aus Nitraten Nitrite,⁵⁾ ja sogar gasförmiger Stickstoff⁶⁾ und aus schwefelsauren Verbindungen niedriger oxydierte oder vollkommen sauerstofffreie Salze.

Auf andere Ergebnisse der physiologischen Erforschung des bakteritischen Lebens einzugehen, muß ich mir für heute versagen. Um Ihnen, meine Herren, noch ad oculos einige Lebens-

1) Z. B. Studien über den *Bacillus subtilis*. Fitz, Ber. d. Deutschen chem. Gesellsch. Bd. XI, S. 49 und Vandevelde, Zeitschrift f. phys. Chemie Bd. VIII, S. 367.

2) Hoppe-Seyler l. c.

3) Vandevelde l. c.

4) S. o. Darüber reiche Litteratur in agritektur-chemischen Zeitschriften.

5) Röhmann, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. V, S. 94 u. 233.

6) Ehrenberg, Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. XI, S. 438 (dort auch Litteraturangabe.)

prozesse zu demonstrieren, habe ich hier drei Mikroorganismen mitgebracht, die, unter verschiedenen Bedingungen gewachsen, folgende chemisch nachweisbare Veränderungen in dem Nährsubstrat hervorgerufen haben:

Hier sehen Sie eine Kolonie von *Bacillus prodigiosus* auf Agar. Der Pilz, bei Zimmertemperatur gewachsen, hat einen schönen roten Farbstoff produziert. Häufig wird angegeben, daß dieser abtrennbare Farbstoff einem Anilinfarbstoff gleiche. Übergießt man jedoch die Agarfläche mit schwefliger Säure, so wird das Rot keineswegs verändert, ein Umstand, der nicht sehr für die Richtigkeit obiger Angabe spricht. Auf Gelatine — und zwar sowohl auf der 10%igen Bouillon-Gelatine, wie einer nach Esmarch bereiteten 5%igen Gelatine — hat der Pilz eine vollkommene Verflüssigung — Peptonisation — bewerkstelligt. Daneben sehen Sie dieselbe Gelatine mit Lacmüstinktur versetzt. Ursprünglich leicht blau, bemerken Sie jetzt die eine Schicht durch Reduktion des Lacmusfarbstoffs zu einem Leukofarbstoff entfärbt, die andere Schicht durch Ansäuerung gerötet. Auf Gelatine, die mit Schwefel bestreut war, habe ich hier denselben Pilz geimpft. Sie erkennen aus der Schwärzung des eingeführten Streifens Bleipapier, daß eine energische Reduktion an dem Schwefel zu Schwefelwasserstoff stattgefunden hat; aus den Eiweißkörpern des nicht bestreuten Nährbodens vermag der *Bacillus prodigiosus* Schwefelwasserstoff nicht abzuspalten. Hier ist der gleiche Mikroorganismus vor zwei Tagen in sterile, flüssige Milch übergeimpft worden: heute zeigt die Milch eine Rosafarbe und ist zu einer homogenen Masse erstarrt. Es hat also unter der Pilzeinwirkung eine Gerinnung stattgefunden. Öffnen Sie vorsichtig dies Glas, in dem eine mit *Bacillus prodigiosus* überwucherte Kartoffelscheibe sich befindet, so bemerken Sie einen eigentümlich stechenden Geruch; der Pilz fabriziert auf diesem Nährboden Trimethylamin. —

In diesen Bechergläsern vergährt eben eine 5%ige Traubenzuckerlösung unter der Einwirkung unserer gewöhnlichen Bierhefe zu Kohlensäure und Alkohol. — Hier ist der gährenden Flüssigkeit Schwefel zugesetzt: eine reichliche Schwefelwasserstoffbildung hat stattgefunden. Dort ist eine Glaubersalzlösung (Na_2SO_4) zugegossen: das Salz ist vollkommen bis zu Schwefelwasserstoff reduziert! Hier wurde etwas Phenyldisulfid ($\text{C}_6\text{H}_5\text{S}_2$)

eingestreut: das vorgelegte Bleipapier zeigt keine Schwärzung, sondern eine Gelbfärbung und der Geruch des entwickelten Gases erinnert sehr an den der Mercaptane; es hat fraglos eine Reduktion zu Phenylmercaptan C_6H_5-SH stattgefunden. Bei einer früheren Untersuchung hatte ich bereits Gelegenheit darauf hinzuweisen, daß die Hefe selbst aus ringförmigen Verbindungen den Schwefel durch Reduktion abspalten könne.¹⁾ In Vorstehendem sehen wir eine ganze Stufenleiter von Reduktionsvorgängen sich abspielen. —

Noch einen sehr energisch reduzierenden Mikroorganismus kann ich Ihnen hier vorzeigen: Derselbe wurde von mir aus dem Darminhalt eines Typhuspatienten isoliert; ich kann Ihnen aber heute noch nicht angeben, wie er zu benennen ist (sicher nicht *Bacillus typhi*!). Dieser Bacillus verflüssigt die Bouillon-gelatine; die Esmarch'sche Gelatine jedoch nicht mehr. Er bringt Milch zur Gerinnung unter Ansäuerung; reduziert nicht nur Schwefel und schwefelsaure Verbindungen, sondern vermag sogar aus dem Eiweiß Schwefelwasserstoff abzuspalten.

So sehen Sie schon bei der Vergleichung der hier vorgeführten Lebensprozesse dieser drei Mikroorganismen, wie verschiedenartig in der einen oder anderen Richtung die von den Pilzen bewirkten Umsetzungen sein können.

¹⁾ Deutsche Med. Wochenschrift 1893 No. 8.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [1893](#)

Autor(en)/Author(s): Blum F.

Artikel/Article: [Über chemisch nachweisbare Lebensprozesse an Mikroorganismen. 235-249](#)