

Über
Buttersäuregährung.

Von
Privat-Docent Dr. A. Schattenfroh.

Vortrag, gehalten den 18. December 1901.

Auf wenig Gebieten der Naturwissenschaften hat das verflossene Jahrhundert so große Errungenschaften gezeitigt wie in der Lehre von Gährung und Fäulnis. Der mystische Schleier, der diese jedem Laien geläufigen Erscheinungsformen organischen Lebens umwob, ward hauptsächlich durch die Untersuchungen von Pasteur gelüftet, der es vermochte, durch eine Reihe der exactesten Versuche der Lehre von der Urzeugung den letzten Lebensfunken auszublasen, der auch die seitdem nicht mehr bestrittene These aufstellte, Gährung und Fäulnis seien stets an die Lebensthätigkeit gewisser kleinster Lebewesen gebunden und durch diese verursacht. Die wissenschaftliche Definition der Zersetzungen, die in dem einen Falle mit dem Namen „Gährung“ belegt werden, im anderen Falle „Fäulnis“ heißen, ist noch eine umstrittene und kann gegenwärtig nicht mit Sicherheit gegeben werden.

Gewöhnlich versteht man unter Gährung die mehr oder minder weitgehende Zerlegung der stickstofffreien Substanzen — unter denen als Hauptrepräsentanten die Kohlehydrate, Stärke und Zucker zu nennen wären — bei gleichzeitiger Gasbildung, während man unter Fäulnis die Zersetzungen der stickstoffhaltigen Substanzen — der Eiweißkörper und ihrer Derivate — zusammenfasst,

die mit dem Auftreten stinkender Producte einhergehen und hiedurch auch sinnfällig werden. Doch erweitert man nicht selten den Begriff der „Gährung“, indem man auch von einer Tabakgährung, von der Harnstoffgährung etc. spricht. Zweifellos, bei der Complicirtheit der in der Natur gebotenen Nähr- und Wachstumsbedingungen werden Combinationen von Gährung und Fäulnis vorkommen können, und es wird dem Belieben des Beobachters häufig anheimgestellt bleiben, welche Erscheinung er für die wesentliche hält, dementsprechend wird auch die Nomenclatur sich hauptsächlich nach den sinnfälligen Momenten richten.

Gährung ist der Process, wie er sich in der Bier-, Wein- und Brantweinbereitung abspielt, wobei aus den Zuckern im wesentlichen Alkohol und Kohlensäure entstehen; Gährungsvorgänge sind es auch, die beim Sauerwerden der Milch aus dem Milchzucker Milchsäure entstehen lassen, Gährung muss jener Vorgang genannt werden, der dem Backprocesse im Hause und im gewerblichen Betriebe häufig vorangeht, wobei der aus der Stärke des Mehles durch ein Ferment gebildete Zucker dann zum Theile in gasförmige Producte umgewandelt wird (Sauerteig, Hefe-, oder Germteig).

Im Haushalte der Natur, weniger in der Technik, weniger vom Menschen für besondere Zwecke dienstbar gemacht, spielt die Buttersäuregährung eine große Rolle. Über diese möchte ich Ihnen heute einiges mittheilen. Den Namen führt dieselbe von einer niederen Fettsäure, der Buttersäure, die man zuerst in Butter gefunden und

darnach benannt hat. Doch enthält frische Butter nur sehr kleine Mengen freier Buttersäure, und erst der ranzige Geruch des zersetzten Fettes deutet auf größere Mengen frei gewordener niederer Fettsäuren, darunter auch Buttersäure. Buttersäure entsteht nun bei der so benannten Gährung stets in erheblicher Menge, doch, und dies will ich gleich hier hervorheben, nicht als alleiniges Gährproduct, indem in den meisten Fällen unter den meisten Bedingungen auch noch Milchsäure gebildet wird. Außerdem werden, entsprechend unserer Definition des Begriffes „Gährung“, Gase und zwar Kohlensäure und Wasserstoff gebildet.

Der Buttersäuregährung unterliegen vor allem die Kohlehydrate und einige Alkohole, wie Mannit, Glycerin, insbesondere also die Zucker und die Stärke. Die Cellulose, die Gerüstsubstanz der Pflanzen, unterliegt der echten Buttersäuregährung nicht, ebensowenig, wie nicht eigens betont zu werden braucht, die Eiweißkörper.

Entsprechend dieser Thatsache finden wir die Spontan-Buttersäuregährung in der Natur überall dort, wo Zucker und Stärke in entsprechender Menge vorhanden sind und auch sonst die entsprechenden Bedingungen geboten sind. Hiezu gehört vor allem eine höhere Temperatur, indem bei niedriger und bei gewöhnlicher Temperatur leicht andere Zersetzungen, wie namentlich die Milchsäuregährung, die Oberhand gewinnen.

In der Hefefabrication ist es eine bekannte Erfahrung, dass eine zu hohe Temperatur leicht zur uner-

wünschten Buttersäuregährung des Hefegutes führt, und deshalb wird mit besonderem Bedacht eine sorgfältige Regulierung der Temperatur vorgenommen, die das Eintreten der Milchsäuregährung begünstigt.

Nothwendig zum Zustandekommen der Buttersäuregährung ist auch der Mangel an größeren Mengen freien Sauerstoffes; ich will später hierauf noch einmal zurückkommen.

Buttersäuregährung findet sich bei der Zersetzung der süßen Früchte, im Darminhalte der Thiere und des Menschen normalerweise, bei der Zersetzung mancher Nahrungsmittel außerhalb des menschlichen Körpers, so insbesondere der Milch. Doch müssen hier wieder besondere Bedingungen geboten sein, die die Milchsäuregährung ausschließen. Letztere ist ja der normale Zersetzungs Vorgang, wie wir ihn fast regelmäßig beobachten, wenn Milch sich selbst überlassen bleibt. Sind aber durch Erhitzen die Milchsäuregährungserreger abgetödtet, so kommt es nicht selten, namentlich wieder bei höheren Außentemperaturen, zur Buttersäuregährung. Es ist dies nicht bedeutungslos für die üblichen Methoden der Milchsterilisierung, indem $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ stündiges Erhitzen der Milch auf die Siedetemperatur durchaus nicht hinreicht, alle Keime der Milch, darunter auch die weitverbreiteten, stets in der Marktmilch vorfindlichen Buttersäurebacillen abzutödten. Gestatten Sie mir hier einige eingestreute Bemerkungen. Es ist bekannt, dass die Milch nicht selten Krankheitserreger, z. B. Tuberkelbacillen enthält. Diese Krankheitserreger werden durch das Sieden der Milch,

ja schon durch das sogenannte Pasteurisieren ($\frac{1}{2}$ stündiges Erwärmen auf 75°C.), wenn wir von den Sporen der Milzbrandbacillen absehen, die bis jetzt in Milch noch nicht gefunden wurden, getödtet. Nicht jedoch eine große Menge anderer Bakterien. Es ist ein ziemlich weit verbreiteter Irrthum, dass sogenannte sterilisierte Milch (etwa im Shoxlett'schen Apparate) absolut keimfrei ist. Davon kann keine Rede sein. Eine große Anzahl von Keimen, selbstverständlich in Gestalt der Dauerformen, der Sporen, widersteht einer $\frac{1}{2}$ -, selbst 1stündigen Erhitzung. Darunter sind nicht selten auch Keime, die zwar im Körper des Menschen sich nicht zu vermehren vermögen, demnach nicht als pathogen bezeichnet werden können, die aber doch nicht selten zu Erkrankungen durch den Genuss der betreffenden Milchprobe führen, indem sie bei ihrer in der Milch erfolgenden Vermehrung giftige Producte bilden, die besonders häufig Darmstörungen hervorzurufen scheinen. Diese Bakterien, die einer anderen Gruppe zugehören als die Erreger der Buttersäuregährung, haben mit letzteren gemein, dass sie gerade in der erhitzten, der Milchsäurebakterien beraubten Milch leicht zur Entwicklung kommen, insbesondere wenn die erhitzte Milch im Sommer in unzweckmäßiger Weise (nicht an einem kühlen Orte) längere Zeit aufbewahrt wird. Die Prophylaxe für die Praxis besteht nach dem Gesagten darin, dass die Milch thunlichst sofort nach dem Abkochen genossen, jedenfalls aber nach demselben bei niedriger Temperatur aufbewahrt wird.

Bei der Käsereifung, jenem Process, der eine Umwandlung des Käsebruches (Quark, Topfen) in den fertigen Käse bewirkt, scheinen Buttersäurebakterien keine große Rolle zu spielen. Es sind hier offenbar hauptsächlich eiweißzersetzende, fettspaltende Bakterien, die neben Milchsäurebacillen das Feld beherrschen. Für die Buttersäuregährung ist vor allem wieder die niedere Temperatur, bei der sich der Käsereifungsprocess abspielt, wenig günstig.

Wichtige andere Entdeckungen, über die Ihnen College Dr. Grassberger in einem Vortrage berichten wird, haben uns gelehrt, dass auch mancher Krankheitsprocess durch pathogene Varietäten der im allgemeinen sonst harmlosen Buttersäurebakterien bedingt ist, beziehungsweise ein großer Theil der Krankheitserscheinungen in diesen Fällen Phasen eines Gährprocesses sind, der zweifellos seinen Producten nach als Buttersäuregährung zu deuten ist.

Diese Thatsache darf uns nicht wundernehmen, wenn wir bedenken, dass die Gewebe des menschlichen und thierischen Körpers Kohlehydrate, und zwar Zucker und Glykogen, den hauptsächlich in der Leber und in den Muskeln aufgespeicherten, stärkeähnlichen Reservestoff, enthalten.

Was die Erreger der Buttersäuregährung betrifft, so haben dieselben aus den verschiedensten Gründen schon seit langem die Aufmerksamkeit und das Interesse der Forscher hervorgerufen; schon Pasteur, der geniale Naturforscher, hat sie gekannt und hatte in ihnen zuerst

die Entdeckung der „anaëroben“ Bakterien gemacht, als deren typische Repräsentanten die Buttersäurebakterien wohl gelten können.

Es sind dies Bakterien, die nur bei völligem Sauerstoffabschluss sich zu vermehren und auch zu gähren vermögen. Während für die meisten Bakterien der Sauerstoff der Luft ein völlig gleichgiltiges Gas ist, eine Reihe von Bakterien zu ihren Lebensäußerungen desselben dringend bedarf, kommt der Gruppe der anaëroben Bakterien die Fähigkeit zu, auch schon bei Anwesenheit kleinster Mengen Sauerstoffes ihre Lebensäußerungen einzustellen. Sauerstoffmangel ist in der Natur unter den natürlich gebotenen Verhältnissen oft genug vorhanden, vor allem durch die Thätigkeit der luftliebenden kleinsten Lebewesen, die infolge Beschlagnahme des Sauerstoffes ihren anaëroben Verwandten den Boden präparieren.

Während demnach unter den natürlichen Verhältnissen die Symbiose, das Zusammenleben mit anderen Arten für die anaëroben Bakterien die Lebensbedingungen schafft, müssen wir bei deren künstlichen Züchtung ganz bestimmte Methoden in Anwendung bringen, soferne wir dieselben zum Wachsthum bringen wollen. Dieselben gehen alle dahin aus, den Sauerstoff der Luft, die mit den Bakterien in Berührung kommt, zu entfernen, sei es, dass wir ihn chemisch binden, sei es, dass wir die Luft durch Auspumpen entfernen, sei es schließlich, dass wir die Luft in den Culturefäßen durch ein indifferentes Gas, wie Stickstoff, Kohlensäure, Wasserstoff, verdrängen.

Anlässlich des Vortrages, den College Dr. Grassberger demnächst in Ihrem Kreise halten wird, werden einige solcher Einrichtungen demonstriert werden.

Außer Pasteur, der zuerst die Buttersäuregärung mikrobiologisch studierte, haben sich noch eine ganze Anzahl von Autoren mit dieser Gärung beschäftigt, so Prazmovski, van Tieghem und andere schon vor längerer Zeit, in der jüngsten bakteriologischen Ära hauptsächlich Gruber, Beijerinck, ein hervorragender holländischer Forscher, Klecki und mehrere französische Autoren. Insbesondere wegen der schwierigen Technik der anaëroben (= sauerstofffreien) Reincultur, die in der früheren Zeit niemandem, auch nicht Pasteur, in der jüngeren Zeit nur wenigen mit Sicherheit gelang, ist das Resultat all der zahlreichen mühsamen Beobachtungen doch von recht fraglichem Werte geblieben, insbesondere da von niemandem der Versuch gemacht wurde, die Einzelbeobachtungen auf einander zu beziehen, mit einander zu vergleichen, so dass schließlich ebenso viele Buttersäurebakterien in die Literatur übergiengen, als Autoren in der Erforschung derselben thätig waren. Dr. Grassberger und ich haben nun schon seit Jahren behufs Sichtung der Buttersäureflora der Natur und der schon beschriebenen Arten ausgedehnte Untersuchungen unternommen, deren systematische Resultate ich mir Ihnen mitzutheilen erlaube. Ich will hier nur völlig Sichergestelltes, seien es von uns erst erhobene, seien es bereits anderen Autoren bekannte Thatsachen, erwähnen.

In der Buttersäuregärung, wie wir sie als spontanen

Zersetzungs Vorgang beobachten, sind dreierlei von einander mehr oder minder unterscheidbare, wohl differenzierte Bakterien als ursächliche Erreger zu erkennen. Zwei derselben stehen sich ziemlich nahe und sind zweifellos mit jenen Formen identisch, die die älteren Beobachter beschrieben haben.

Sie bieten einen so charakteristischen Formenkreis, dass man bis in die jüngste Zeit aus dem Auftreten gewisser Formen im mikroskopischen Bilde von Bakterien gemischen auf die Anwesenheit von „Buttersäurebakterien“ geschlossen hat.

Das Charakteristische dieses Formenkreises ist eine kolossale Vielgestaltigkeit, eine Pleomorphie, wie wir sie im organischen Leben wohl nur äußerst selten antreffen. Sie werden im Vortrage Dr. Grassbergers Gelegenheit haben, an Projectionsbildern zu sehen, wie neben regelmäßigen Stäbchen sich keulenförmige, hantelförmige, citronenförmige, eiförmige Gebilde finden, die alle durch zahlreiche Übergangsbilder miteinander verbunden sind. Außer der Formverschiedenheit ist auch der Unterschied in der Größe ein nennenswerter, indem wir Individuen von der verschiedensten Dicke und Länge nebeneinander und sicher zueinander gehörig erkennen können.

Diese mannigfaltigen Bilder sind hauptsächlich durch die Bildung einer bestimmten Substanz im Zelleibe der Buttersäurebacillen bedingt, durch die Einlagerung der sogenannten Granulose, einem der Stärke mehr oder minder nahestehenden Stoffe, die ihrerseits wieder fast stets mit dem Versporungsprocesse in Zusammenhang

steht. Ich möchte hier für die bakteriologisch minder Vorgebildeten die Bemerkung einschieben, dass manche Bakterien die Fähigkeit besitzen, unter gewissen Einflüssen aus Bestandtheilen ihres Leibesplasmas eine Dauerform, eine Spore, zu bilden, die, anfangs noch im Zelleibe eingeschlossen, später frei wird und eine viel größere Widerstandsfähigkeit gegen schädliche äußere Einflüsse besitzt als das ursprüngliche Stäbchen, wohl hauptsächlich wegen ihrer derberen Hülle und ihres geringeren Wassergehaltes.

Die gleichzeitige Einlagerung von Sporen und Granulose variiert nun in noch erhöhtem Maße das mikroskopische Bild, insbesondere bei Anwendung gewisser Färbungsmethoden, so namentlich bei Behandlung mit wässriger Jodlösung, die die Granulose blau färbt, während die nicht Granulose führenden Antheile des Zelleibes hiebei sich gelb färben, beziehungsweise sowie die Sporen ungefärbt bleiben.

Von den beiden Buttersäurebacillenarten, denen dieser Formenkreis zukommt, ist die eine beweglich, die andere unbeweglich, und wäre hiebei noch zu betonen, dass hauptsächlich beim beweglichen Buttersäurebacillus der beschriebene, Granulose führende Formenkreis unter den gewöhnlichen Verhältnissen zur Beobachtung kommt, während die unbewegliche Art nicht selten im sporenfreien, granulosefreien Zustande uns aufstößt, und wir uns erst durch eine bestimmte Methodik von der Zugehörigkeit dieses Bakteriums zur Gruppe der Buttersäurebacillen überzeugen müssen. Die verschiedensten Zucker,

ebenso die Stärke unterliegen der Gährung dieser beiden Arten.

Es entsteht hiebei nun, wie schon kurz eingangs erwähnt, Buttersäure und Milchsäure, Kohlensäure und Wasserstoff. Ich möchte hier die Thatsache der Milchsäurebildung aus Zuckern bei der Buttersäuregährung, die früher völlig übersehen wurde, besonders betonen, sie erscheint mir vom physiologisch-chemischen Standpunkte aus wichtig; weiß man doch, dass auch im thierischen und menschlichen Körper die Milchsäure als eines der Endproducte des Zellstoffwechsels auftritt, und dass beispielsweise erst in der Leber aus dem milchsauren Ammoniak kohlensaures Ammon und weiter Harnstoff (für den Menschen giltig) entstehen. Milchsäure ist auch bei vielen anderen Bakterienzersetzungen das Endproduct, und man wird nach all dem kaum fehlgehen, wenn man diese Säure als eine der schwerstzersetzlichen organischen Substanzen ansieht. Trotzdem gibt es auch Bakterien, die die Milchsäure zersetzen und zwar solche, die sie vollständig verbrennen, und solche, die sie in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff überführen. Doch ist gerade dieser Punkt noch wenig geklärt, und steht nur so viel fest, dass auch diese Bakterien, die den echten Buttersäurebacillen ungleich nahe stehen, ihre Fähigkeit, Milchsäure zu vergähren, leicht einbüßen und so gewissermaßen ihrer maximalen Vitalität leicht wieder verlustig werden, wenn irgendwelche noch unbekannte Bedingungen fehlen.

Die bei der Buttersäuregährung entstehende Milchsäure ist entweder die inactive oder sogenannte Gährungs-

milchsäure — so benannt, weil man sie zuerst bei Gährungen gefunden hat — oder auch die Rechts- oder Fleischmilchsäure. Ich kann auf die theoretischen Grundlagen der Ausdrücke: inactive und Rechts- oder Linksmilchsäure hier aus begreiflichen Gründen nicht eingehen, ich will hier nur erwähnen, dass sie bezeichnen, dass in dem einen Falle die Säure die Polarisationsebene nicht, im anderen Falle nach rechts oder links dreht, und will nur im speciellen Falle als eine besonders interessante Thatsache, die uns das Verständnis für das moleculare Wesen der Gährung nicht gerade erleichtert, hervorheben, dass die bei der Buttersäuregährung auftretende Milchsäure, entsprechend bestimmten Varietäten, stets inactive oder stets Rechtsmilchsäure ist und dass von jenen Rassen des Buttersäurebacillus, die Rechtsmilchsäure entstehen lassen, regelmäßig auch aus linksdrehenden Zuckern, wie Lävulose, die rechtsdrehende Modification der Milchsäure gebildet wird, ein Vorgang, der übrigens nicht ganz ohne Analogien ist.

Noch einmal möchte ich hervorheben, dass die Buttersäurebacillen streng anaërobe Bakterien sind und selbst bei sehr kleinen Mengen von Sauerstoff nicht zu gedeihen vermögen.

Die Verbreitung der Buttersäurebacillen ist eine ganz allgemeine, indem man sie überall, in jedem Materiale, in Wasser, in der Marktmilch, im Boden, in den verschiedensten Mehlen, im Darminhalte der Menschen und der Thiere regelmäßig vorfindet. So gelingt es auch stets, durch Einbringen dieser Materialien in Zucker- oder

Stärkelösung und Züchtung bei entsprechender Temperatur Buttersäuregährung hervorzurufen und die Ihnen beschriebenen Erreger daraus zu isolieren.

Interessant ist hier wieder die selective Bevorzugung des Traubenzuckers durch den beweglichen Buttersäurebacillus, so dass man letzteren wohl als den Erreger der Spontangährung des Traubenzuckers ansehen darf, während in erhitzter Milch unter den gleichen sonstigen Bedingungen die unbewegliche Art leichter zur Entwicklung kommt, alles Dinge, die die feine Organisation der Zelle wieder ins rechte Licht rücken.

Bis jetzt habe ich Ihnen noch gar nicht von der dritten Art der Buttersäurebakterien gesprochen, die wir, wie Sie sich erinnern werden, neben den zwei schon beschriebenen unterschieden. Ich will mich auch heute wegen der vorgeschrittenen Zeit nur ganz kurz mit diesem Bakterium beschäftigen. Es verdiente insoferne besonderes theoretisches Interesse, als die durch dasselbe bewirkten Zersetzungen nicht auf die Kohlehydrate allein sich beschränken, sondern auch auf die Eiweißkörper sich erstrecken und einen derartigen Abbau derselben herbeiführen, dass wir von einer Fäulnis sprechen können, so dass wir hier ein Bakterium vor uns hätten, das im Sinne meiner früheren Definition Gährung und Fäulnis zu erregen imstande wäre.

Beziehungen zur Krankheitserregung scheinen für diese Art nicht in Betracht zu kommen, es scheint, dass alle Rassen dieser Gruppe harmlose Saprophyten sind, denen wohl im Haushalte der Natur bei der Decomposition

der stickstoffhaltigen Substanzen eine gewisse Rolle zukommt. Die Bakterien dieser Gruppe sind ebenfalls streng anaërob und gleichfalls weit verbreitet.

Ein Unterschied gegenüber den beiden ersten Arten fällt besonders auf; sie lagern zur Zeit der Versporung in ihrem Innern nur minimale Mengen der mit Jod blau färbbaren Sustanz, der Granulose, ab, sodass es niemals zu ähnlichen pleomorphen Bildern kommt. Bei ihrer Gährthätigkeit entstehen neben Buttersäure und Essigsäure aus den Zuckern gleichfalls große Mengen von Milchsäure.

Zum Schlusse danke ich Ihnen für Ihre rege Aufmerksamkeit und bedaure ich nur, dass ich aus äußeren Gründen nicht schon heute in der Lage bin, Ihnen einiges zu demonstrieren. Ich bitte Sie demnach, im Vortrage des Herrn Dr. Grassberger, der, wie ich glaube, im Februar 1902 stattfinden soll, vollzählig zu erscheinen, damit Sie durch die Anschauung die Bilder in sich aufnehmen mögen, die ich heute nur vor Ihrem geistigen Auge entrollen konnte.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Schattenfroh Arthur

Artikel/Article: [Über Buttersäuregährung. 65-80](#)