Die landwirtschaftliche und technische Verwertung der Mikroorganismen.

Von

Prof. Dr. Alexander Kossowicz.

Vortrag, gehalten den 22. März 1916.

Es war an einem sonnigen Frühlingstag. Ich war eben damit beschäftigt, einige Nonnen auf ihren Bakteriengehalt zu untersuchen; es handelte sich hier natürlich nur um die Raupen des auch Nonne genannten Fichtenspinners, eines argen Waldverderbers, der aber glücklicherweise öfters durch sich rasch verbreitende Infektionskrankheiten in großen Massen dahingerafft wird, so durch die Wipfelkrankheit, bezw. Schlaffsucht, nach deren Erreger gerade damals in der landwirtschaftlich-bakteriologischen Versuchsstation eifrig gefahndet wurde, um auf diese Weise allenfalls Wege zu finden, diese für den Forstschutz wichtige Infektionskrankheit auch künstlich hervorzurufen, als ich hinter mir eine Kinderstimme vernahm: „Ich bitte um einen Mäusebazillus.“ Mich umwendend, sah ich ein ungefähr 6 Jahre altes hübsches Mädchen vor mir. Das Kind wollte offenbar eine Zucht des Mäusetyphusbazillus, die an Landwirte und andere Interessenten zur Vernichtung der Feldmäuse in kleinen, mit Bouillonagar gefüllten Glasröhrchen abgegeben wird. Unwillkürlich mußte ich über das ungewohnte Begehren des kleinen Mädchens lächeln, während ich den im Nebenzimmer befindlichen Beamten, der mit der Abgabe der

Zuchten betraut war, auf den kleinen Kunden aufmerksam machte.

Gleichsam als ob mich das Schicksal darüber hätte belehren wollen, wie weit das Interesse für bakteriologische Fragen in den Gedankenkreis unserer jüngsten Generation eingedrungen wäre, konnte ich noch an demselben Nachmittage ein zweites kleines Bild aus dem Großstadtleben beobachten und erlauschen. Vor mir schritt gerade eine Dame mit einem kleinen Jungen im schätzungsweisen Alter von 5 bis 8 Jahren, als dem Buben ein größeres Zuckerl auf die Erde fiel. Er hob es rasch auf und reichte es seiner Begleiterin mit den Worten: „Geh', Mama, wisch' es ab, damit die Bakterien wegkommen.“

Die praktische Verwendung des eingangs erwähnten Löfflerschen Mäusetyphusbazillus hat sich für die Landwirtschaft als recht nützlich erwiesen. Die in der Glaseprouvette befindliche Bakterienzucht wird in Milch entleert, die Milch einige Zeit stehen gelassen, um darin eine kräftige Vermehrung der Bakterien zu erzielen, man taucht dann haselnußgroße Brotstücke in die infizierte Milch ein, die auf dem Felde, in der Nähe der Mauslöcher, als Köder ausgelegt werden. Die Mäuse, welche von diesem Brot essen, erkranken an einem tödlich verlaufenden typhösen Leiden und übertragen noch vor ihrem Eingehen die infektiöse Krankheit auf ihre Artgenossen. Dadurch wird ein großes Mäusesterben künstlich hervorgerufen. Die Verwertung der Bakterie in diesem Sinne erscheint

hauptsächlich dadurch ermöglicht, daß sie im allgemeinen auf Menschen und Haustiere nicht krankheitserregend wirkt.

Gustav Frenssen hat uns in seinem berühmten Werk „Jörn Uhl“ eine sehr anschauliche Schilderung einer solchen Mäuseinvasion gegeben.

„Jörn Uhl ließ den Alten stehen und kam an dem Hafer vorüber und sah noch nichts, ging weiter und stellte sich ans Hecktor und sah in seinen Weizen. Rechts von ihm, so daß er den Wasserspiegel sehen konnte, floß die ziemlich breite Au. Als er noch so stand und über das weite, wogende Feld sah, war ihm, als wenn nicht weit von ihm ein Weizenhalm plötzlich verschwand, und wieder . . . nun da . . . nun da. Als wenn eine Hand leise aus der Erde langt und ihn herunterzieht. Er wischte sich mit der Hand über die Augen; er meinte, es wäre Augenverblendung. Aber da sah er es: wie eine Maus sich auf die Hinterbeine hob, ein Biß, noch einer: der Halm fiel herunter und lehnte sich schräg an seinen Nebenmann. Es war eine feine, zierliche Arbeit. Er sah übers Feld und sah wohl mehr, als zu sehen war: als wenn das ganze Feld lebt.“

„So!“ denkt er. „Das ist das Ende.“

Er steht noch so in Gedanken: da hört er es im dunklen Wasser rieseln und leise plätschern; und wie er hinuntersieht, schwimmen, ziehen und wandern sie da quer durchs Wasser, tausend und abertausend.“

Auch andere schädliche Tiere sucht man in ähnlicher Weise durch Bakterien zu vertilgen. So wurden gelegentlich auch mit Rattenbazillenkulturen ziemlich befriedigende Resultate erzielt.

Der gefürchtete Rübenrüsselkäfer ist ebenfalls Bakterien- und Pilzkrankheiten ausgesetzt. Die Bemühungen, die Larven dieses Schädling künstlich durch für ihn pathogene Bakterien anzustecken, hatten einigen Erfolg.

Die Landwirtschaft hat die Mikroorganismen auch in anderer, weniger grausamer Weise in ihren Dienst gestellt. Es ist allgemein bekannt, daß der Bakteriengehalt des Bodens ein überaus großer ist und nicht selten 100 Millionen in einem Gramm Erde übersteigt. Dazu kommen noch einige hunderttausend Individuen von Schimmelpilzen und gegen hunderttausend Protozoen und niedere Algen. Diese außerordentlich große Menge lebender Organismen ist selbstverständlich für die im Boden stattfindenden Umsetzungen der chemischen Bodenbestandteile von der größten Bedeutung. Zwischen einzelnen dieser Organismengruppen bestehen auch scharfe Gegensätze, so zwischen den tierischen Kleinlebewesen, nämlich den Protozoen, und den Bakterien, von denen sich die Protozoen ernähren. Durch entsprechende landwirtschaftliche Maßnahmen, zu denen außer der Bodenbearbeitung, der Düngung, der künstlichen Bodenimpfung mit Bakterien, namentlich das Brennen des Bodens, das Einleiten von Dampf in den Boden, die Behandlung des Bodens mit Bakterien-, bezw.

Protozoengiften wie Schwefelkohlenstoff, Formaldehyd, Toluol usw. zu zählen sind, kann die Mikroflora des Bodens wesentlich beeinflußt werden.

Noch größer ist der Mikroorganismengehalt des Stalldüngers, man kann ihn mit einigen tausend Millionen im Gramm annehmen. Nach den Angaben von Löhnis enthalten 100 kg Stallmist rund 1 bis $1\frac{1}{2}$ kg lebende Pilz- und Bakterienmasse. Mit einer Düngung, die 40.000 kg pro ha entspricht, gelangen 400 bis 600 kg lebende Mikroorganismen aufs Feld. Es erscheint daher selbstverständlich, daß bei der Einbringung des Stalldüngers in den Boden auch mit den Umsetzungen, welche diese großen Mikroorganismenmengen bewirken, als einem sehr wichtigen Faktor gerechnet werden muß. Bekannt ist ja, daß frischer Stalldünger und unzersetztes Stroh die angebauten Gewächse schwer zu schädigen vermag. Es muß daher der Stalldünger einer Rotte unterworfen werden, die in der wärmeren Jahreszeit ungefähr 6, in der kälteren 10 bis 12 Wochen dauert, bei der die verschiedensten Umsetzungen der Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen des Düngers durch die Tätigkeit von Mikroorganismen stattfinden. Von besonderer Bedeutung erscheint hierbei die Zersetzung der Zellulose und der Pektinsubstanzen und die Umwandlung der Stickstoffsubstanzen, so die Ammoniakbildung, die Nitrifikation, die Ammon- und Amidassimilation und die Stickstoffentbindung. Durch Luftabschluß, Trennung der festen und flüssigen Bestandteile und Einimpfung der für die Düngerrotte haupt-

sächlich in Betracht kommenden Mikroorganismen läßt sich eine Konservierung des Düngers erreichen und größeren Stickstoffverlusten vorbeugen. Eine sehr einfache Impfmethode besteht darin, daß man beim Ausfahren des Düngers etwas gut gerotteten Mist zurückbehält, um ihn als Impfmaterial für den frischen Dünger zu verwenden.

Obwohl schon sehr zahlreiche Versuchsanstellungen und Untersuchungen nach dieser Richtung vorliegen, sind unsere Kenntnisse von den im Boden und Dünger sich abspielenden mikrobiologischen Prozessen noch viel zu lückenhaft, um in wirksamer Weise auf Grund wissenschaftlicher Überlegung die Mikroflora des Bodens und Düngers zum Vorteile der Landwirtschaft zweckentsprechend beeinflussen zu können, und so kommt es, daß man die während der Lagerung des Stalldüngers eintretenden Stickstoffverluste in Deutschland allein auf mehrere Hundert Millionen Mark im Jahr beziffert.

Mit der Ernte des Getreides, der Abholzung der Wälder, dem Mähen des Grases usw. entzieht man dem Erdboden Stoffe, die man künstlich ersetzen muß, um ein entsprechendes Gedeihen der folgenden Pflanzengenerationen zu sichern. Man nennt diesen künstlichen Stoffersatz bekanntlich Düngung. Neben der Kali- und Phosphatdüngung kommt namentlich der Stickstoffdüngung besondere Bedeutung für die Praxis der Landwirtschaft zu. Nachdem die Luft zu $\frac{4}{5}$ Teilen aus Stickstoff besteht, erregte es schon frühzeitig das Interesse der Landwirte, ob die Pflanzen imstande

sind, den freien Stickstoff der Luft aufzunehmen und zu verarbeiten. Die praktische Erfahrung, daß Hülsenfrüchtler im Gegensatze zu anderen Pflanzen einer besonderen Stickstoffdüngung nicht bedürfen, welche schon durch die im großen durchgeführten Versuche von Schultz-Lupitz eine mächtige Stütze fand, der durch 15 Jahre Lupinen mit bloßer Minereraldüngung (Kali- und Phosphorsäuredüngung) ohne Zusatz von Stickstoff angebaut hatte und nicht nur keinen Rückgang des Ernteertrages, sondern sogar eine Verdreifachung der Getreideernte erhalten konnte, wenn Lupinen als Vorfrucht angebaut wurden, erhielt eine interessante wissenschaftliche Erklärung und Bestätigung durch die schönen Untersuchungen von Hellriegel und Wilfarth, denen es gelang nachzuweisen, daß die Hülsenfrüchtler im Gegensatz zu den anderen grünen Pflanzen durch den Besitz besonderer, Bakterien enthaltender Wurzelknöllchen in den Stand gesetzt seien, den Luftstickstoff zu assimilieren. Dadurch fand auch die Wirkung der Gründüngung eine Erklärung. Sie wird bekanntlich durchgeführt, indem die Hülsenfrüchtler (Leguminosen) in die Brache eingesät und nach ihrer Entwicklung unterpflügt werden, oder indem man sie als Zwischenfruchtbau oder als Stoppelfruchtbau anwendet. Beim Zwischenfruchtbau sät man die Hülsenfrüchtler im Frühjahr gleichzeitig mit dem Getreide, wobei sie sich erst nach der Aberntung des Getreides entwickeln. Beim Stoppelfruchtbau geht man so vor, daß man raschwüchsige Hülsenfrüchtler nach erfolgter

Getreideernte sät und im Herbst oder Frühjahr unterpflügt. Durch die Gründüngung bereichert man nicht bloß den Boden an Stickstoff, sondern verbessert ihn auch in physikalischer Beziehung. Beijerinck gelang es dann, die in den Leguminosenknöllchen befindlichen stickstoffbindenden Bakterien (*Bacillus radicicola*) zu isolieren und reinzuzüchten. Prazmowski brachte, und zwar zuerst an Erbsen, mit einer Reinkultur von Knöllchenbakterien künstlich Knöllchenbildung hervor. Die Bakterien wandern aus dem Boden in die Wurzelhaare ein, regen die Zellen derselben zu rascher Teilung an, wodurch das sogenannte Bakteriengewebe entsteht. Die stäbchenförmigen Bakterien vermehren sich rasch in der Wurzel und erfahren eine wesentliche Verwandlung, indem an ihnen Verzweigungen auftreten. In diesem Stadium der Bakteroidenbildung liefern die Knöllchenbakterien der Wirtspflanze (Leguminose) den Stickstoff. Wahrscheinlich werden von den umgebildeten Bakterien stickstoffhaltige Stoffwechselprodukte ausgeschieden, die von der Leguminose verwertet werden. Zur Zeit der Fruchtreife (im Herbst) erfolgt meist die Entleerung der Knöllchen. Die Bakterien wandern wieder in den Boden zurück.

Außer den Hülsenfrüchtlern gibt es noch manche andere Pflanzen, die durch das symbiotische Verhältnis mit stickstoffbindenden Bakterien in der Lage sind, den freien Luftstickstoff zu assimilieren, so die Erle, Ölweide, Bergkiefer usw. Durch Salfeld wurde die Impfung mit Erde, die reich an wirksamen Bakterien

war, besonders in Norddeutschland, mit Erfolg eingeführt. Nobbe und Hiltner haben dann Reinkulturen von Knöllchenbakterien zu diesem Zwecke angewendet. Ein solches Produkt kam unter dem Namen Nitragin in den Handel.

Die Impfung mit Knöllchenbakterien erfolgt, indem die auf Gelatinenährböden gezüchteten Bakterien zunächst in Wasser aufgeschwemmt werden. Mit der Bakterienaufschwemmung werden dann entweder Erde von dem zu impfenden Felde oder die Samen infiziert. Bei der Erdimpfung wird die Impferde gleichmäßig auf dem Felde ausgestreut und gleich untergeeggt, bei der Samenimpfung wird dem feuchten Saatgut etwas trockene Erde oder Sand zugesetzt, um das Aneinanderkleben der Samen zu verhindern und auch die Aussaat mit der Drillmaschine zu erleichtern.

Die vielen Versuche, die mit diesen Bakterienkulturen ausgeführt wurden, ergaben oft recht zufriedenstellende Resultate; manchmal blieb aber der erwartete Erfolg auch aus. So fand man, daß sich die Erdimpfung auf stark humushältigen Böden zu meist gut bewährte, während auf anderen Böden die eingeführten Bakterien bald zugrunde gingen. Bei der Samenimpfung werden die Bakterien durch die Ausscheidungsprodukte der Samen geschwächt. Es wurde daher vorgeschlagen, die Samen in feuchtem Sande vorkeimen zu lassen und dann erst mit den Bakterien zu beimpfen. Spiegel gibt an, daß sich die Anwendung von Milch statt Wasser für die Aufschwemmung der

Bakterienzucht zum Zwecke der Samenimpfung besser bewährte. Hiltner und Störmer wandten dann in der Folge eine 3⁰/₀ige Peptonlösung, beziehungsweise eine Lösung von 2⁰/₀ Traubenzucker und 3⁰/₀ Pepton an, um den schädlichen Samenauscheidungsstoffen und der Plasmoptyse entgegenzuwirken. Störmer empfiehlt den Zusatz von Kalziumkarbonat und Gips bei der Impfung: die Samen werden mit der Impfflüssigkeit, die Pepton und Traubenzucker enthält, benetzt und dann mit kohlen saurem Kalk und Gips bestreut. Hiltner weist darauf hin, daß zwar die Art der Nährstoffbeigabe für den Impferfolg von größter Bedeutung sei, daß sie aber bei manchen Bodenarten ganz unterbleiben soll. Bei kalkempfindlichen Leguminosen konnten Wachstumsstörungen durch Besprengen der Pflanzen mit $\frac{1}{2}$ - bis 1⁰/₀iger Eisenvitriollösung behoben werden.

Die praktische Erfahrung zeigt aber auch, daß Böden, die nicht mit Hülsenfrüchtlern bepflanzt wurden, häufig eine große Stickstoffvermehrung aufweisen. So hat Kulm auf seinem Versuchsfelde in Halle durch 21 Jahre Roggen ohne Stickstoffdüngung gepflanzt und entnahm dem Boden jährlich durch die Ernten 25 bis 30 kg Stickstoff pro 1 ha, eine Menge, die aus dem Boden allein nicht aufgenommen werden konnte. Er hat auch berechnet, daß er durch die im Boden wirkenden Mikroorganismen jährlich 6.6 kg Stickstoff pro 1 ha gewann. Auf die Tätigkeit von Mikroorganismen führte Henry die Stickstoffernährung des

Waldes zurück. Nach den Forschungen Jamiesons, Zemplens, Roths u. a. wird der Stickstoffgehalt des Waldes durch besondere Organe der Waldbäume, mit welchen sie den Luftstickstoff assimilieren, wesentlich gesteigert.

Berthelot erbrachte zuerst den Nachweis, daß freilebende niedere Organismen Luftstickstoff assimilieren durch Versuche mit sterilisierter und unsterilisierter Erde. So zeigten 50 kg Erde nach Verlauf von sieben Monaten einen Stickstoffgewinn von 5 bis 10 g oder auch darüber, während erhitzte Erde diese Fähigkeit nicht aufwies. Winogradsky gelang es dann zuerst im Jahre 1894, eine freilebende stickstoffbindende Bodenbakterie, das *Clostridium Pasteurianum*, in Reinkultur zu gewinnen. Diese Bakterie erzeugte in 500 cm³ einer stickstofffreien Nährlösung 28·87 mg Stickstoff innerhalb 20 Tagen. Von Beijerinck wurde dann sein durch sehr kräftige Stickstoffbindung ausgezeichnetes aerobes *Azotobacter chroococcum* isoliert. In der Folge konnten verschiedene Autoren auch für andere Mikroorganismen die Fähigkeit zur Bindung des freien Luftstickstoffes nachweisen oder wahrscheinlich machen.

Durch die Zersetzung der Eiweißkörper durch Fäulnisbakterien und den Abbau der in den flüssigen Ausscheidungsprodukten des tierischen Körpers enthaltenen Substanzen, so des Harnstoffes, der Harnsäure usw. durch hierzu befähigte Mikroorganismen wird Ammoniak gebildet, das in Form von Salzen von

vielen grünen Pflanzen als Stickstoffnahrung direkt aufgenommen wird, so z. B. von Gräsern, Laucharten u. a. Den meisten Pflanzen erscheint aber die Zuführung des Stickstoffes in Form von Salzen der Salpetersäure, von Nitraten, am zuträglichsten; viele Pflanzen können den Stickstoff überhaupt nur in dieser Form verwenden. Es erscheint daher von besonderer Bedeutung, daß die bei der Zersetzung organischer Stickstoffverbindungen im Boden entstehenden Ammoniumverbindungen durch Bakterientätigkeit, durch den sogenannten Nitrifikationsprozeß, in Nitrate umgewandelt werden, wie dies schon von Schloesing und Müntz durch Versuche mit chloroformierter und chloroformfreier, sterilisierter und unsterilisierter Erde und Spüljauche nachgewiesen werden konnte. Winogradsky gelang es dann, die Nitrifikationserreger aufzufinden, und zwar mit Hilfe rein mineralischer Nährlösungen, da es sich gezeigt hatte, daß organische Nährstoffe die Nitrifikation hemmen. Er wies nach, daß die Nitrifikation aus zwei voneinander ganz unabhängigen Prozessen bestehe, die auch durch besondere Bakterien durchgeführt werden, nämlich der Nitrifikation, der Umwandlung von Ammonverbindungen in Nitrite, und der Nitratation, der Umwandlung von Nitriten in Nitrate. Die Nitrifikation von organischem Stickstoff im Boden ist ein recht komplizierter mikrobiologischer Prozeß, an dem sich zahlreiche Bodenorganismen beteiligen, wobei zuerst Ammoniak abgespalten wird, der dann in Nitrite und Nitrate übergeführt wird.

Außer den eben erwähnten Umsetzungen findet aber im Boden, ebenso wie im Dünger, eine mit Verlusten für die Landwirtschaft verknüpfte Entbindung des Stickstoffes durch Mikroorganismen, eine Denitrifikation, und auch eine Assimilation von Nitrat- und Ammoniak-Stickstoff durch Nitrat- und Ammon-assimilierende Bakterien und Pilze statt. Die zweckentsprechende Einflußnahme auf diese Prozesse gehört zu den wichtigsten, zugleich aber zu den schwierigsten Aufgaben der landwirtschaftlichen Bakteriologie. Es fehlt auch nicht an Versuchen der Bodenimpfung mit Salpeterbakterien, doch hatten sie bisher keinen entsprechenden Erfolg.

Mehr Glück hatte man mit der Ausnützung der Mikroorganismen im Molkereiwesen. Es ist bekannt, daß eine der häufigst zu beobachtenden Erscheinungen, das Sauerwerden der Milch, auf die Tätigkeit von Milchsäurebakterien, und zwar von Milchsäurestreptokokken, zurückzuführen ist. Gewöhnlich überläßt man die Säuerung den ohnehin in der Milch enthaltenen Milchsäurestreptokokken, die mit den Haaren, Hautschuppen und aus den Gefäßen in die Milch gelangt waren. Durch die Wahl einer Temperatur von 15 bis 20° C wird die Entwicklung der Milchsäurebakterien gegenüber den vielen anderen in der Milch vorhandenen Bakterien gefördert. Man kann aber die Säuerung auch durch Reinkulturen von Milchsäurebakterien bewirken, wodurch man namentlich Milchfehlern aller Art leicht entgegenzuwirken vermag und

daher auch vielfach ein besser schmeckendes Produkt erhält.

Es gibt Milchpräparate, deren Säuerung vorzugsweise durch die sogenannten Laktobazillen, stäbchenförmige Milchsäurebakterien, erfolgt, für deren Vermehrung sich eine höhere Temperatur vorteilhaft erweist, so z. B. die bulgarische Sauermilch, auch Jaourt oder Yoghurt genannt. Sie wird erhalten, indem man die abgekochte und teilweise eingedickte Milch auf 45° abkühlt, mit etwas älterem Jaourt, der sogenannten „Podkwassa“ oder „Maja“, eventuell auch mit den Reinzuchten der entsprechenden Mikroorganismen impft, 4 bis 6 Stunden, d. h. bis zur eintretenden Gerinnung, bei dieser Temperatur hält und sie dann, um eine zu große Säurezunahme zu verhindern, bei niedriger Temperatur, z. B. im Keller, aufbewahrt. Die bei der Herstellung der bulgarischen Sauermilch wirksamen Mikroorganismen sind die aus dem Kälber-, Lamm- oder Ziegenmagen stammenden Laktobazillen, dann Milchsäurestreptokokken und fast immer Hefen.

Beliebte alkohohlältige Milchpräparate sind Kumiß und Kefir. Kumiß heißt „gegorene Pferdemilch“ und wurde ursprünglich aus Stuten- oder Eselinmilch hergestellt. Die Infektion der Milch geschieht zunächst durch den Magen junger Tiere, der zur Säuerung benutzt wird, später durch Kumißreste. Kefir wird aus Kuhmilch hergestellt. Zur Impfung dienen die „Kefirkörner“ oder „Kefirpilze“, gelblichbraune Körner

von käsigem Geruch, bestehend aus Stäbchenbakterien und Hefen.

Eine wichtige technische Verwendung finden die Milchsäurebakterien bei der Herstellung der Sauerrahmbutter.

Den zur Verbutterung bestimmten Rahm sollte man, um Butterfehlern vorzubeugen, nicht der freiwilligen Säuerung überlassen, sondern die Säuerung durch eine Impfung mit entsprechenden Mikroorganismen von Anfang an günstig beeinflussen. Zur Säuerung — die man molkereitechnisch als „Reifung“ bezeichnet — verwendet man entweder den „natürlichen Säurewecker“ oder den „künstlichen Säurewecker“. Als „natürlicher Säurewecker“ dient gute gesäuerte Buttermilch oder gute Sauermilch. Den „künstlichen Säurewecker“ bereitet man mit Hilfe von Reinkulturen von Milchsäurestreptokokken, mit sogenannten Rahmreifungskulturen, die in flüssiger und in trockener Form im Handel erhältlich sind. Der Vorgang bei der Herstellung des „künstlichen Säureweckers“ ist folgender: Milch wird ca. $\frac{1}{4}$ Stunde bei 70° pasteurisiert und nach der Abkühlung mit der Rahmreifungskultur beimpft, man erhält auf diese Weise nach eingetretener Säuerung die „Muttersäure“. Von dieser „Muttersäure“ werden nun $\frac{1}{2}$ bis 1% abermals in pasteurisierte und dann abgekühlte Milch übertragen, die nunmehr nach entsprechender Säuerung den „Säurewecker“ bildet, der dann zur Beimpfung des zu säuernden Rahmes dient, während der übrig-

bleibende Rest der „Muttersäure“ zur Herstellung weiterer Partien von „Säurewecker“ herangezogen wird.

Die Käsureifung ist der Gärtätigkeit, bezw. der abbauenden Tätigkeit von Mikroorganismen zu verdanken. Der Einfluß der Mikroorganismen auf die Käsureifung geht wohl am besten daraus hervor, daß Käse aus gekochter, stark pasteurisierter oder möglichst aseptisch gewonnener Milch gar nicht oder fast gar nicht reifen. Auch bei der Behandlung der Milch mit antiseptischen Mitteln erhält man daraus Käse, die nicht reifen, wie dies z. B. Troili-Petersson für Käse gezeigt hat, die aus mit Wasserstoffsperoxyd vorbehandelter Milch hergestellt wurden. Allerdings spielen auch die in der Milch vorhandenen Enzyme eine Rolle, aber auch sie müssen zum großen Teil auf die darin vorhandenen Bakterien zurückgeführt werden. Bei der großen Mannigfaltigkeit der Mikroflora der Milch, die zum Teil in die Käsemasse übergeht, und der reichen Mikroorganismenflora, die mit dem Lab dem Käse zugeführt wird, ist es wohl begreiflich, daß sich sehr verschiedene Mikroorganismen an der Käsureifung beteiligen werden, ein Umstand, der durch die lange Dauer der Reifung begünstigt und durch entsprechende Maßnahmen in der Fabrikation, wie die Vorbereitung der Milch (namentlich das Erhitzen der Milch auf bestimmte Temperaturen), die Labung (Zeitdauer des Dicklegens), den Grad der Bearbeitung und des Nachwärmens des Bruches, das Formen, Pressen, Salzen, die weitere Pflege der Käse,

die Regulierung von Temperatur und Feuchtigkeit in den Aufbewahrungsräumen, in gewünschter Weise geregelt wird. Darauf sind die bedeutenden Unterschiede in der Beschaffenheit, im Geschmack und Geruch der einzelnen Käsesorten zurückzuführen. Bei der Reifung der Käse liefern oft einzelne Mikroorganismengruppen Abbauprodukte, die dann durch andere Mikroorganismen weiter verarbeitet werden.

Der Bakteriengehalt der Käse ist ein überaus großer; so wurden z. B. in den Rindenpartien eines 45 Tage alten Emmentalerkäses 66.000 Millionen Keime in einem Gramm, in den inneren Partien 55 Millionen nachgewiesen.

Die Reifung aller Käsesorten wird durch Milchsäurebakterien eingeleitet, die den Milchzucker, der dem durch Lab ausgefällten Käsestoff anhaftet, vergären. Die weitere Reifung geht dann in sehr verschiedener Weise vor sich. Bei manchen Käsen beteiligen sich an der Reifung außer Bakterien auch Schimmelpilze.

So erfolgt z. B. die Reifung des Emmentalerkäses durch stäbchenförmige Milchsäurebakterien, welche mit Hilfe eines auch nach dem Absterben der Bakterien fortwirkenden Endoenzyms, des Endoerepsins, imstande sind, das Kasein der Milch unter Bildung von Aminosäure abzubauen. Die Milchsäurebakterien gehen nämlich nach der in wenigen Tagen erfolgten Zersetzung des Zuckers zu Milchsäure zugrunde und erst ihre dann frei werdenden Enzyme

sind für den weiteren Abbau der Stickstoffsubstanzen von Bedeutung. Diese Milchsäurebakterien, so *Bacterium casei* ϵ , werden durch den Naturlab in die zu verkäsende Milch eingebracht; sie stammen nämlich aus dem Kälbermagen. Ein im Emmentalerkäse vorkommender Milchsäurestreptokokkus, der aber Kasein nicht abbaut, beteiligt sich ebenfalls an der Säurebildung. Um dann die normalen Augen im Käse zu erhalten, bringt man die schon in fortschreitender Reifung befindlichen Käse (nach einigen Wochen) in einen Raum, der eine Temperatur von 18 bis 22° aufweist. Hier treten nun die lochbildenden Propionsäurebakterien in Tätigkeit. Durch Salzen kann eine Beeinflussung der Propionsäurebakterien und dadurch eine Regelung der Kohlensäureentwicklung, bezw. der Lochbildung, die innerhalb 4 bis 6 Wochen beendet ist, stattfinden.

Bei der Herstellung des Roquefortkäses wird dem von der Käsemilch befreiten Bruch zerkleinertes verschimmelttes Brot beigemischt. An der Reifung des Roquefortkäses beteiligen sich hauptsächlich Säurelab-Bakterien und die *Penicillium roqueforti* genannte Schimmelpilzart. Um die Entwicklung des im Innern des Käselaiibes befindlichen Schimmelpilzes zu fördern, erfolgt bald nach dem Salzen, meist wenn die Käse ca. 10 Tage alt sind, das Anstechen der Käse. Der Geschmack und Geruch dieser Käsesorte ist zum größten Teil der durch den Schimmel bewirkten Fettspaltung zuzuschreiben.

Schimmelpilze beteiligen sich z. B. auch an der Reifung des Camembert und des Gorgonzola.

Die Reifung besteht in einer entsprechenden Umwandlung (Abbau) des Zuckers, des Fettes und des Käsestoffes.

Der Verlauf der Käsestoff-Umwandlung wird namentlich vom Molken-, bzw. Milchsäuregehalt der Käse beeinflusst. In Hartkäsen und trockenen Weichkäsen vollziehen sich diese Umsetzungen ziemlich gleichmäßig durch die ganze Masse. Bei molkenreichen Weichkäsen häufen sich im Innern große Säuremengen an, die die Umsetzungen erschweren. Daher bildet sich auch ein weiß bleibender Kern. Erst wenn säureverzehrende Pilze oder Bakterien von außen so weit vorgedrungen sind, findet auch dort die Auflösung des Käsestoffes statt, die an dem Auftreten einer durchscheinenden Zone, der sogenannten Speckschicht, erkennbar ist.

Reinkulturen von Bakterien und Schimmelpilzen oder entsprechende Mischkulturen werden vielfach mit sehr gutem Erfolge in der Käseerei verwendet. Oft geschieht diese Impfung in etwas primitiverer Form, so durch Zusatz von Proben angereiften Käses zur pasteurisierten Milch, mit denen alle an der Reifung des betreffenden Käses beteiligten Mikroorganismen der Käsemasse zugeführt werden. Der neapolitanische Käser reichert bei der Herstellung des charakteristischen *Caccia cavallo* und der *Provolini* den frischen Käse auf die Weise an den entsprechenden Bakterien

an, daß er stets in den alten, nur mit Molke ausgespülten Kufen weiterarbeitet.

Die Milchsäurebakterien sind auch von ausschlaggebender Bedeutung für die Gemüsesäuerungen, z. B. die Sauerkrautgärung und Gurkensäuerung und für die Konservierung von Futtermitteln durch Säuerung. Zu diesen Zwecken benutzt man bereits mit Vorteil Reinkulturen entsprechender Bakterien.

Eine Fabrikation, die auf der Tätigkeit von Bakterien beruht, ist die Gewinnung des Gärungsessigs, der als Speiseessig vorwiegend in Betracht kommt, durch Oxydation des in alkoholischen Flüssigkeiten enthaltenen Äthylalkohols zu Essigsäure. Bei dem Orleansverfahren bilden die Essigbakterien auf der Oberfläche der ruhenden alkoholhaltigen Flüssigkeit eine Haut, die „Essigmutter“, welche die Oxydation des Alkohols zu Essigsäure bewirkt, bei der Schützenbachschen Schnelllessigfabrikation siedeln sich die Essigbakterien auf den in den Essigbildern (Holzfässern) enthaltenen Buchenspänen an, während die zu säuernde alkoholische Flüssigkeit, das „Essiggut“, die gewöhnlich aus 6- bis 10prozentigem Alkohol, 20 Prozent fertigem Essig und etwas Bier oder Malzauszug oder Nährsalzen besteht, in feiner Verteilung über die Buchenspäne hinuntersickert und dabei von den Essigbakterien oxydiert wird. Das nähere Studium der Essigbakterien hat festgestellt, daß es Arten gibt, die schnell und kräftig

säuern, und solche, die nur langsam säuern, ihre oxydierende Tätigkeit bald einstellen oder sich auch in anderer Weise, z. B. durch die Bildung dicker gallertartiger Häute oder eines minderwertigen Aromas unangenehm bemerkbar machen. Man unterscheidet daher auch in der Praxis zwischen „Kulturessigbakterien“ und „wilden Essigbakterien“. Es war naheliegend, daß durch die richtige Auswahl geeigneter Essigbakterienarten die Essigproduktion aufs günstigste beeinflußt werden könnte. Tatsächlich hat sich auch hier die Einführung von Reinkulturen als sehr nützlich erwiesen. Zu den Kulturessigbakterien, deren Reinzuchten in der Fabrikation sich gut bewährt haben, gehören z. B. nach Henneberg die Bieressigbakterien: *Bacterium rancens* und *Bacterium acetosum*, und die Weinessigbakterien: *Bacterium orleanense* und *Bacterium xylinoides*; während zu den „wilden“ Essigbakterien u. a. *Bacterium ascendens*, das eine Trübung, *Bacterium xylinum*, das ein Schleimigwerden des Essigs bewirkt, zu zählen sind. An eine eigentümliche, durch *Bacterium xylinum* hervorgebrachte Hautbildung von fingerförmigem Aussehen knüpft die schöne Erzählung „Im Brauerhause“ unseres hervorragenden Novellisten Theodor Storm an. Die eigenartige Schleimbildung wird für den als „Schutzzauber“ geltenden Finger eines Hingerichteten gehalten und bringt ein angesehenes Brauerhaus um seine ganze Kundschaft. Die mit dieser Begebenheit verknüpften Menschenschicksale werden von Storm in der gewohnten

meisterhaft ergreifenden und feinsinnigen Art geschildert. —

Von großer technischer Bedeutung erscheint die Verwendung der alkoholbildenden Hefe, und zwar in der Brauerei, Brennerei, Preßhefefabrikation, Bäckerei und Weinbereitung, insbesondere in Form von Reinkulturen.

Die Hefe, ein durch Sprossung sich vermehrender einzelliger Pilz, der Zucker und auch stärkehaltige Materialien, letztere nach vorheriger Verzuckerung durch Malz oder durch Schimmelpilze, in Alkohol und Kohlensäure zerlegt, übertrifft an Größe (Länge und namentlich Breite) die Bakterien und zeigt meist eine rundliche oder elliptische Gestalt. Die Spaltung des Zuckers, ein übrigens ziemlich komplizierter Vorgang, erfolgt durch ein in der Hefe enthaltenes Enzym, die Zymase, doch hängt das Zustandekommen der alkoholischen Gärung noch von anderen Faktoren, so von einem sogenannten Co-Enzym und von anorganischen Phosphaten ab. Den einwandfreien Beweis, daß die alkoholische Gärung durch die Tätigkeit der Hefe erfolgt, verdanken wir Pasteur, die Reinzüchtung der Hefe und dadurch die Möglichkeit, die verschiedenen Arten, Rassen und Varietäten zu trennen, Chr. Hansen und die Entdeckung der Zymase Ed. Buchner. Auch unter den Hefen gibt es „Kulturhefen“, die für das Zustandekommen eines einwandfreien Gärproduktes von wesentlichster Bedeutung sind und „wilde Hefen“ oder „Krankheitshefen“,

die dem Gärprodukte, z. B. dem Wein oder Bier, einen unangenehmen Geruch oder Geschmack verleihen, Trübungen und Verschleimungen hervorrufen usw. Durch die Einführung von Reinzuchthefen nach dem Verfahren von Chr. Hansen in die Gärungsgewerbe war man in der Lage, viele Fabrikationsfehler und Krankheiten der Gärprodukte — als „Krankheiten“ bezeichnet man hier durch Mikroorganismen hervorgerufene unliebsame Veränderungen der Gärprodukte — zu beseitigen, ihnen rechtzeitig zu begegnen.

Die Auswahl einer hierzu geeigneten Hefe ist namentlich für die Fabrikation des echten Champagners unerlässlich.

Die in den Gärungsgewerben, namentlich in der Brauerei erübrigende Hefe wird mit Vorteil als Nährhefe für Menschen und als Futtermittel verwendet.

In der Brennerei und Preßhefefabrikation benützt man auch Reinkulturen langstäbchenförmiger wärmeliebender Milchsäurebakterien, die sich von den in der Molkerei auftretenden Milchsäurebakterien wesentlich unterscheiden. Sie haben die Aufgabe, Milchsäure in der Maische, in welcher die Vermehrung und Gärung der Hefen erfolgen soll, zu erzeugen, gegen die sich manche hefeschädigenden Bakterien, z. B. Buttersäurebakterien, sehr empfindlich erweisen, während die Hefen, welchen die Vergärung der durch die Diastase des Malzes verzuckerten Maische zu Alkohol

und Kohlensäure zufällt, gegen Milchsäure ziemlich unempfindlich sind.

Die Verzuckerung der Stärke in der Brennerei und namentlich auch zum Zwecke der Gewinnung verschiedener ostasiatischer Getränke, Speisen und Saucen wird auch durch hierzu geeignete Schimmelpilze bewirkt.

In den verschiedensten Gewerben und Fabrikationen, namentlich solchen, die tierische Produkte verarbeiten, sammeln sich Abwässer an, deren direkte Ableitung ohne jede weitere Vorbehandlung leicht zu großen hygienischen Unzukömmlichkeiten führen würde. Man ist daher bestrebt, die in den Abwässern enthaltenen organischen Stoffe zuvor weitgehend zersetzen, bzw. abbauen zu lassen, und auch zu diesem Zwecke müssen die Mikroorganismen in den Dienst des Menschen treten. Die biologische Abwasserreinigung kann z. B. unter anderem durch Faulkammern und durch Tropfkörper erfolgen. Bei dem Faulkammerverfahren passiert das zu reinigende Wasser sehr langsam große, tiefe Behälter. Die schweren Stoffe sinken größtenteils zu Boden, wo sie sich als Schlamm anhäufen und durch Bakterien zersetzt werden, während ein Teil, namentlich die Fettstoffe, durch die Fäulnisgase gehoben wird und an der Oberfläche eine schwimmende Decke bildet. Bei dieser Gelegenheit kann man die Fettstoffe als wertvolles Produkt gewinnen.

Bei dem Oxydationsverfahren wird das zu reinigende Wasser in möglichst feiner Verteilung auf den

aus groben Koksstücken aufgebauten Filterkörper oder Tropfkörper geleitet. Zwischen den Koksschichten bildet sich schon nach kurzer Zeit eine Bakterienhaut, welche eine kräftige Zersetzung, bezw. Oxydation der im Wasser enthaltenen organischen Stoffe bewirkt.

Auch bei der Rotte der Textilpflanzen spielen die Mikroorganismen eine wichtige Rolle und ebenso kommen sie für die Gerberei in Betracht.

Verschiedene organische Säuren, wie Milchsäure und Oxalsäure, können unter Mit Hilfe von Mikroorganismen technisch gewonnen werden und auch die Gewinnung der Zitronensäure wurde, allerdings, wie es scheint, bisher ohne entsprechenden Erfolg, auf diesem Wege versucht.

Wir haben uns hier nur mit der Ausnützung, der Verwertung der Mikroorganismen im Dienste der Landwirtschaft und Technik beschäftigt. Die Mikroorganismen treten aber in allen hier genannten und manchen hier nicht angeführten Gewerben und Industrien auch als arge Schädiger auf, ist ja doch die Konservierung der Nahrungs- und Genußmittel nur ein Kampf der Menschen gegen die abbauende, zerstörende, fäulniserregende Tätigkeit der Mikroorganismen! Ihre Verwertung und ihre Bekämpfung ist die Aufgabe der „landwirtschaftlichen und technischen Mykologie“, der „landwirtschaftlichen und technischen Pilzkunde“, einer relativ noch sehr jungen Wissenschaft, die aber seit ihrem kurzen Bestande schon recht zahlreiche, nicht nur wissen-

schaftlich interessante, sondern auch für die Industrie und Landwirtschaft sehr bedeutungsvolle Fragen gelöst hat und in ihrer weiteren Vervollkommnung gewiß berufen erscheint, der Volkswirtschaft und Volksgesundheit noch wesentliche Dienste zu leisten.¹⁾

---

¹⁾ Näheres über die hier nur sehr flüchtig skizzierten Fragen der „Technischen Mykologie“ findet der Leser in den von mir verfaßten Werken: „Einführung in die Mykologie der Nahrungsmittelgewerbe“, Berlin 1911, „Einführung in die Mykologie der Genußmittel und in die Gärungsphysiologie“, Berlin 1911, „Einführung in die Agrikulturmykologie“, Berlin 1912, „Einführung in die Mykologie der Gebrauchs- und Abwässer“, Berlin 1913 und „Lehrbuch der Chemie, Bakteriologie und Technologie der Nahrungs- und Genußmittel“, Berlin 1914. Für das weitere Studium wären zu empfehlen: Löhnis, „Vorlesungen über landwirtschaftliche Bakteriologie“ (1913) und H. Euler und P. Lindner, „Chemie der Hefe und der alkoholischen Gärung“ (1915).

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: 1916

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Kossowicz Alexander

Artikel/Article: [Die landwirtschaftliche und technische Verwertung der Mikroorganismen. 245-272](#)