

Mittheilungen.

324. M. Delbrück: Ueber die Fortschritte der Gährungs- chemie in den letzten Decennien.

(Vortrag, gehalten vor der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin am
14. Mai 1898.)

Hochgeehrte Herren!

Der Aufforderung des Vorstandes, vor Ihnen über die »Fortschritte der Gährungschemie in den letzten Decennien« zu sprechen, bin ich um so lieber nachgekommen, als es mir gleichzeitig verstattet wurde, Sie einzuladen, diese Versammlung in der Liebthalle des Instituts für Gährungsgewerbe abzuhalten. Ich darf aus diesem Verhältniss zugleich die Berechtigung entnehmen, in meiner Darstellung Ihnen nicht so sehr die Entwicklung unserer theoretischen Anschauungen vorzutragen, als Ihnen ein Bild der Fortschritte der Gährungschemie zu geben, wie sie sich aus den Beziehungen zwischen Gewerbe und Wissenschaft vollzogen haben.

In der That sind diese Beziehungen von jeher die bedeutungsvollsten gewesen; die wissenschaftliche Erkenntniss hat manche Fortschritte der Gährungsgewerbe erst möglich gemacht, vielfach musste sich aber die Wissenschaft darauf beschränken, für auf der Erfahrung wurzelnde Handhabungen der Gewerbe durch wissenschaftlich begründete Deutung eine sichere Grundlage zu geben.

Wie sehr dies der Fall ist, wird sich aus dem Verlauf meines Vortrages ergeben; hier möge nur daran erinnert werden, dass es eine systematisch betriebene Hefezüchtung schon zu Ende vorigen Jahrhunderts gab, während die Geburtsjahre der Gährungschemie, oder vielmehr der Gährungsphysiologie, auf 1836 und 1837 anzusetzen sind.

In diese Zeit fallen die grossen Entdeckungen Cagniard Latour's und Theodor Schwann's — des letzteren Bildniss schmückt unsere Halle —, durch welche festgestellt wurde, dass die Gährungs- und Fäulnis-Erscheinungen eine Folge der Lebensthätigkeit von Mikroorganismen sind. Schwann führte seine Arbeit als Assistent Johannes Müller's aus, bald folgten die Arbeiten von Mitscherlich, Helmholtz und von H. Schroeder und v. Dusch. Fast mit dem Jahre der ersten Veröffentlichung setzte auch der Streit ein um die vitale und die chemische Theorie der Gährung. Liebig's Kampf, und bald betheiligten sich auch die Technologen an dem Gährungsgewerbe dieser Epoche, wie Balling und Lüdersdorf, an deren Arbeit. Schon Ende der vierziger Jahre, noch bestimmter 1856, spricht sich Balling dahin aus, dass die Gegner sich alsbald versöhnen möchten:

die vitale Theorie sei maassgebend für die unter Hefevermehrung sich vollziehenden Gährungen. Liebig's Erklärung stimme für die Zerlegung reiner Zuckerlösungen.

So war die Situation, als 1857 Pasteur mit seinen Arbeiten hervortrat. Man begegnet unter den Chemikern vielfach der Meinung, dass Pasteur der Begründer der Epoche sei, welche jetzt durch die Arbeiten E. Buchner's in gewissem Sinne ihren Abschluss gefunden hat. Das ist nicht der Fall, Pasteur steht vollständig auf den Schultern der im Eingang genannten Forscher, und insbesondere hat er sich selbst als den Schüler Theodor Schwann's bezeichnet. Aber in einem anderen Sinne hat uns Pasteur dennoch die Grundlage gegeben, nicht durch einen einzelnen lichtbringenden Funken des Genies, sondern durch seine Jahrzehnte hindurch systematisch betriebene Forschung, in welcher er für verschiedene Gährungen die besondere Pilzspecies nachwies, in welcher er — und das ist das bei Weitem grössere Verdienst — uns lehrte, mit der Hefe als Substanz zu experimentiren: er führte zuerst maassgebende Stoffwechselversuche mit Hefe aus, und insofern ist er der Begründer der Gährungschemie.

Höchst merkwürdig aber — an diese grosse Epoche der naturwissenschaftlichen Forschung, welche sich von 1837—1870 hinzieht, schliesst sich kaum ein unmittelbarer Erfolg in den Gewerben selbst. Frankreich's vornehmstes, Hefe als Arbeitsmittel benutzendes Gewerbe ist die Weinbereitung — in ihr giebt es aber keine Gährungsführung, keine Züchtung der Hefe im eigentlichen Sinne. Die auf den Weintrauben wild vorkommende Hefe setzt Traubenmost in »Selbstgährung«. Anders in den deutschen Gährungsgewerben, der Brennerei und Brauerei: hier wird und wurde in der ersteren schon seit Ende vorigen Jahrhunderts, in der Brauerei in uralter Tradition, die Hefe von Gährung zu Gährung fortgepflanzt, hier war ein wirkliches Bedürfniss nach praktisch zu bethätigender wissenschaftlicher Erkenntniss vorhanden. In Deutschland setzte unter Leitung von Männern, wie Maercker in Halle und Lintner in Weihenstephan, anfangs der 70er Jahre eine mächtige Bewegung ein, welche ihre Erfüllung in der Gründung von Versuchsanstalten, wie sie für die Landwirthschaft unter Liebig's Schule schon bestanden, fand. Können wir trotz Pasteur gegenüber der Technologie der 40er Jahre bis zu den 70er Jahren einen wesentlichen Fortschritt nicht erkennen, so brach dieser sich nun mächtig Bahn und zwar im Anschluss an die durch Reess, A. Mayer weiter geförderte wissenschaftliche Erkenntniss.

Die Nothwendigkeit der Erzielung reiner Gährung, d. h. im damaligen Sinne einer von Spaltpilzgährungen freien, reinen alkoholischen Gährung, wurde unmittelbar aus der Technik erwiesen. Maercker zeigte, dass bis 20 pCt. der im Gährprocess verschwindenden Kohlenhydrate nicht der alkoholischen Gährung erlagen, sondern durch

»Unreinlichkeit der Gährung« verloren gingen. Ihren Höhepunkt fanden diese Bestrebungen in den Verhandlungen des Vereins der Spiritusfabricanten in Deutschland zu Ende der 70er Jahre; aus ihnen und den Arbeiten Traube's und Nägeli's ergaben sich folgende Sätze der Gährungsführung:

1. Für die reine Züchtung des Hefepilzes ist, abgesehen von der passenden Nährstoffmischung, ein »Klima« der Nährlösung herzustellen, welches der Hefe günstig, den Spaltpilzen schädlich ist; zum Klima gehört die Temperatur, die Concentration, der Gehalt an Säure und Alkohol, Grad und Zeit der Lüftung u. s. f.
2. Auf eine gegebene Flüssigkeitsmenge ist eine Mindestmenge von Hefe auszusäen, welche durch ihre Vermehrung und Lebensthätigkeit die Spaltpilze unterdrückt, wenn sie gleichmässig vertheilt und durch mechanische Bewegung zu gesunder Entwicklung gebracht wird.

So kamen die 80er Jahre heran; Pasteur's *Etudes sur la bière* waren erschienen, die Brefeld'schen Untersuchungen, bei welchen das Princip der Züchtung aus einer Zelle für Schimmelpilze bereits durchgeführt war, lagen vor; sie bildeten den Uebergang zu der neuen Epoche, welche gegeben war durch Koch und Hansen. Koch lehrte die Arttrennung für Mikroorganismen durch die Platten-culturen, Hansen führte die Rassenreinheit der Hefe durch, indem er, sicher ausgehend von einer einzelnen Zelle, die Nachzucht in Massen mit absolutem Ausschluss der Infection herzustellen verstand.

In der Technik des Braugewerbes, mit Unterstützung des Brauers Jacobsen in Kopenhagen, wurde alsbald erkannt, dass in der That die Hefenrasse einen entscheidenden Einfluss auf Geschmack, Art und Haltbarkeit des Bieres ausübe. Es galt diese Unterschiede näher zu begründen; Arbeiten der Versuchs- und Lehr-Anstalt für Brauerei in Berlin brachten die Bierhefentypen Saaz und Froberg zur Geltung, dasselbe Thema wurde von den englischen Brauereichemikern aufgegriffen; so entwickelte sich der Versuch, Bierwürzen durch Behandlung mit verschiedenen Heferassen zu analysiren. Gleichzeitig lief eine andere Entwicklung nebenher: die Synthese der Zucker durch Emil Fischer und ihre Charakterisirung durch die Vergärbbarkeit mittels bestimmter Heferassen.

Der Gehalt an bestimmten Kohlehydratenzymen wurde das entscheidende Merkmal für die Heferassen; nur die Dextrose ist direct vergärbbar, andere Zuckerarten müssen zunächst invertirt werden durch ein auf sie passendes, nur in bestimmten Heferassen vorkommendes Enzym.

Die Hefe- und Bakterien-Kenntniss war inzwischen so entwickelt, dass in der Industrie ein neuer Weg zur Sicherstellung reiner Gäh-

rungen betreten werden konnte mit der Anwendung des Systems der »natürlichen Reinzucht«. Dieses, aus den bewährten Gährverfahren der Industrie abgeleitet, zeigte, dass es gelinge, im Kampf um's Dasein bestimmte, aus einer Saatmischung gewollte Rassen vollständig zum Ueberwiegen zu bringen.

Sind die genannten Arbeiten das Merkmal der 90er Jahre, so bleibt es noch übrig, die den Schlussstein bildende Buchner'sche Entdeckung der Zymase zu erwähnen, um den vielfach in sich zurücklaufenden Kreis der Untersuchungen zu erschöpfen, welche im Laufe eines halben Jahrhunderts die Mikroorganismen und ihre gewerbliche Benutzung in unsere Gewalt gegeben haben.

Gestatten Sie, dass ich Ihnen nun systematisch gegliedert entwickle, wie sich gegenwärtig unsere Kenntnisse über Hefe und Gährung und deren Ausnutzung in der Technik gestalten.

Zunächst die allen Hefen gemeinsame Eigenschaft, Gährung zu erregen.

Nach Buchner's Arbeiten ist es nicht zweifelhaft, dass die Zerlegung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure als eine Spaltung aufzufassen ist, bewirkt durch ein Enzym, welchem als dem Enzym par excellence mit Recht der Name Zymase beigelegt ist. Ist die chemische Zusammensetzung dieses Stoffes nicht bekannt, noch viel weniger der Mechanismus seiner Arbeit, so kann das nicht Wunder nehmen; denn von der zahlreichen, älteren, theils sehr alten Vettertschaft, der Diastase z. B., wissen wir ebenso viel und ebenso wenig. Allerdings ist die Spaltung durch Wasser-Addition einfacher, als die tiefer greifende, auf gleichzeitiger Oxydation und Reduction beruhende der Gährung. Bei der Leichtigkeit aber, mit der sich in pflanzlichen Organismen oder mit Hilfe von diesen erzeugter Enzyme die complicirtesten Synthesen und Analysen vollziehen, liegt auch der Zerfall des Zuckermoleküls in Alkohol und Kohlensäure nicht gar so weit ab. Die schwierige Gewinnung ist der Zymase nicht allein eigenthümlich, sie theilt diese mit der Peptase, welche aus Grünmalz nicht, aus Darmmalz höchst unvollkommen mit Wasser auszuziehen ist, und doch beim Vermaischen des Malzes ihre starke Eiweiss abbauende Wirkung zeigt. Mit der Entdeckung der Zymase ist die utriusque vitalistische Anschauung von der »Ursächlichkeit« der Gährung beseitigt; also nicht an die Lebensfunctionen der Hefe ist die Gährung gebunden, sie wird auch von todter ausgeübt. Durch Zerreißen der lebenden Hefezellen und Auspressen bei hohem Druck kann ein zellfreier, Gährung erzeugender Hefesaft gewonnen werden, der seinen Gährung erregenden Stoff durch Behandlung mit Alkohol als Niederschlag fallen lässt.

Ist die Zymase ein Stoff, welcher durch die lebende, insbesondere durch die wachsende Hefe erzeugt wird, ist sie ein stickstoffhaltiger,

eiweissartiger Stoff, so wird es möglich sein, durch passende Ernährung und Behandlung den Gehalt der Hefe an Zymase, oder wie wir bisher sagten, die Gährkraft der Hefe zu erhöhen. So ist es denn wirklich: und das ist einer der Gesichtspunkte, welcher uns Gährungstechnologen nach anfänglichem Zaudern schnell an die Zymase hat glauben lassen.

Hayduck's Versuche aus den 80er Jahren zeigten, dass es möglich ist, durch Steigerung der Stickstoffgabe in den Nährflüssigkeiten, gegeben in Form von Asparagin, den Stickstoffgehalt der Hefe ungemein zu erhöhen, dass weiter die Gährkraft, d. h. die ohne Vermehrung der Hefezellen in einer Zuckerlösung in der Zeiteinheit hervorgerufene Gährung, an der Kohlensäureentwicklung gemessen, proportional dem Stickstoffgehalt steigt und fällt. Auch von der Art der Stickstoffernährung ist der Zymasegehalt abhängig, Asparagin bringt eine gährkräftige, Pepton eine minder gährkräftige Hefe hervor¹⁾.

Der Stickstoffgehalt in der Hefetrockensubstanz lässt sich auch steigern dadurch, dass man die Hefe in einer Nährlösung mit gegebenem Stickstoffgehalt nur wenig sich vermehren lässt, das Gegenteil wird erreicht, wenn durch Lüftung die Sprossung stark angeregt wird. In letzterem Fall kommt auf jede erwachsene Hefezelle eine geringe Quantität Stickstoff, Kohlehydrat steht in dem Zucker reichlich zur Verfügung, der Enzymgehalt wird gering, die Hefe gährschwach.

Die in der Industrie erzeugte sogenannte Luftheife, eine Bäckerhefe, bei welcher unter starker Lüftung, so wie Sie sie heute in unserer Zuchtanstalt für die Heferasse II gesehen haben, aus dem Centner Malz bis 25 Pfd. Hefe gewonnen werden, hat geringen Zymasegehalt; aus derselben Menge Malz werden nach altem Verfahren, ohne Lüftung, 12 Pfd. Hefe gewonnen, die so erzeugte Hefe ist stickstoff- und zymase-reich. Verläuft die Gährung bei sehr niederen Temperaturen, so ist die Vermehrung der Hefe noch geringer, der Eiweissgehalt grösser, so kommen wir zur untergährigen Bierhefe, welche die höchste Gährkraft besitzt.

Ganz allgemein wird der physiologische Zustand, in dem sich die Hefe befindet, von Einfluss sein auf die Möglichkeit, Eiweiss in Zymase umzubilden, ja der Zymasegehalt ist geradezu ein Maassstab zur Beurtheilung dieses Zustandes.

Wir unterscheiden einen geilen Zustand: die Hefe besitzt ein starkes Spross- aber geringes Gähr-Vermögen, und einen trägen Zustand: die Hefe besitzt hohe Gährkraft, sprosst wenig.

¹⁾ Kusserow.

Das Sprossen wird verhindert durch einen Alkoholgehalt von 5 Vol.-pCt.; wird dieser in einer Nährflüssigkeit überschritten, so wird Zymase aufgespeichert, ebenso wirken Säuren, besonders stark die Flusssäure. Diese hat zunächst eine stark giftige Wirkung auf die Hefe, es werden von ihr kaum 1—2 g pro Hektoliter Flüssigkeit ertragen, durch Anpassung (Effront) kann aber die Dosis bald auf 200 g gesteigert werden. Die acclimatisirte Hefe besitzt ein geringes Sprossvermögen, aber eine ausserordentliche Gährkraft.

Aber auch die Rasse der Hefe, also die ursprüngliche physiologische Anlage, wird ihre Bedeutung haben, und so wenden wir uns zu der Besprechung der Rassenunterschiede der Hefen.

Abgesehen von der alten Eintheilung der Hefen in unter- und ober-gährige, wurden zuerst durch Reess verschiedene Hefe-Varietäten unterschieden; die Form bildete das Merkmal; Pasteur vertiefte den Unterschied, indem er den Geschmack der Getränke auf die Art der Hefe zurückführte; seine Züchtungsmethoden lassen es nicht ausgeschlossen erscheinen, dass er rassenreine Hefen¹⁾ unter der Hand hatte, zu einem wissenschaftlich sicheren Resultat gelangte jedoch erst Hansen, indem er eine Methode schuf, welche als Züchtungsausgangsmaterial die einzelne Zelle nahm.

Aber nicht diese Methodik, sondern die durch Hansen gewonnene Erkenntniss, dass auch in den nahverwandten Hefen zur Erzeugung untergähriger Biere tiefgehende Rassenunterschiede vorhanden sind, dass es möglich ist, durch reine Fortzüchtung für das Gewerbe schädliche Arten absolut auszuschliessen, und die Uebersetzung dieser Erkenntniss mit Hülfe zweckmässiger Apparate in die Praxis des Gewerbes, hat den durchschlagenden Erfolg gezeitigt, Schule gemacht und das Heer von Mitarbeitern ausgelöst, welches nun fast 15 Jahre an der Arbeit ist.

Die Methode, mit der Hansen seiner Zeit arbeitete, ist inzwischen weit überholt, man isolirt jetzt mit Hülfe der Tröpfchenkultur Lindner's, welche Ihnen mittels Scioptikon nachher vorgeführt werden soll, spielend Organismen, deren Grössenunterschiede sich innerhalb der Tausendstel von Millimetern abspielen, und das rassenreine Fortzüchten vollzieht sich unter Anwendung der simpelsten Kunstgriffe als ein rein chemischer Vorgang.

Nun kam es darauf an, die mechanisch geschiedenen Rassen zu studiren, systematische Gesichtspunkte für ihre Gruppierung und Identificirung zu gewinnen. Weder Nährbedürfniss noch Gestalt gaben zunächst Anhaltspunkte; die Fähigkeit, Sporen zu bilden, wurde als entscheidendes Merkmal gewählt. Doch blieb die so gewonnene Eintheilung ohne Entwicklung und tieferen Werth, weil sie durchaus

¹⁾ Die Franzosen nehmen dies in der That an.

keinen Zusammenhang mit in die Augen fallenden Unterschieden in der technischen Verwerthbarkeit der Hefen erkennen liessen.

Diese wurden schnell gefunden in ihrem Gehalt an Enzymen, und so giebt es eine Rohrzucker-, Milchzucker-, Maltose-Hefe je nach Ausstattung dieser Hefen mit dem, diesen Zucker in Dextrose umwandelnden Enzym. Die Enzyme sind theils nur nach Trocknung oder Zerreissung der Zellen gewinnbar, theils diffusibel wie das Invertin. Dieses findet sich wirkungsvoll im fertigen, hefenfreien Bier; durch das Pasteurisiren werden Bier und Wein in ihrem Wesen verändert, denn die Erhitzung zerstört temperaturempfindliche Enzyme, welche vielleicht für die Bekömmlichkeit der Getränke nicht ohne Bedeutung sind.

Höchst merkwürdig ist, dass die Ober- und Unter-Hefen enzymatisch sich unterscheiden lassen: Oberhefen enthalten das Melitriose in Melibiose umwandelnde Enzym, die Melibiase.

Technisch von grösster Bedeutung hat sich das Verhalten der Hefen zu den Stärkeabbauproducten gezeigt.

Für das Brennereigewerbe ist eine Hefe erforderlich, welche die Diastasewirkung des Malzes möglichst unterstützt, also nicht nur Zucker, sondern auch die bisher bei dem diastatischen Verzuckerungsprocess nicht vermeidbaren Dextrine mit Hülfe ihr eigenthümlicher Enzyme zu vergähren vermag. Dass hier Unterschiede vorhanden waren, zeigte die Apiculatus-Hefe, welche aus gekochter Bierwürze nur die Dextrose wegnimmt, die Hefe Saaz, welche ausserdem die Maltose vergährt, dann folgend die Hefe Froberg, zu diesen beiden Zuckern noch das Maltodextrin (Isomaltose) vergährend. Aus Ost-Afrikanischem Hirsebier gelang es Lindner, die Pombehefe zu isoliren, welche nach seinen und Rothenbach's Untersuchungen auch Dextrin vergährt, schnell folgte die Entdeckung der Logoshefe durch van Laer, gleichfalls Dextrin, scheinbar ein anderes wie Pombe aufnehmend.

Das Schlussglied ist durch Calmette gegeben, der *Amylomyces Rouxii*, welcher lösliche Stärke zu verzuckern und zu vergähren vermag.

Diese verschiedenen Hefen, systematisch benutzt, liefern die Möglichkeit, Bierwürze und Brennereimaichen auf ihre nähere, sich der chemischen Analyse verschliessende Zusammensetzung zu untersuchen.

Das Gebiet der Unterscheidung von Heferassen durch ihren Gehalt an proteolytischen Enzymen ist eben erst angeschnitten. Beijerinck, Will und Buchner lieferten werthvolle Beiträge.

Einen wichtigen Hinweis giebt Beijerinck, dahingehend, dass die Vergärung eines Kohlehydrats durch Hefe wohl zu unterscheiden-

sei von dem Verbrauch als Nahrungsmittel unter Wirkung eines normalen Athmungsprocesses: Assimilirbarkeit eines Zuckers setzt nicht die Vergährbarkeit durch die betreffende Hefe voraus.

Doch sind die Rassenunterschiede keineswegs durch den Nachweis der Differenz im Enzymgehalt erschöpft; jede Rasse stellt einen Individualcharakter dar. Eine der merkwürdigsten Hefen ist die Pombe, welche, sich wie Spaltpilze vermehrend, als Spalthefe bezeichnet wird, und neben der alkoholischen Gährung kräftige Säuerung erregt. Das Bild der Mannichfaltigkeit wird vervollständigt durch weitere Betrachtung der Leistungen, welche die Technik von den Heferassen fordert. Das mit stärkehaltigen Rohstoffen arbeitende Brennereigewerbe braucht eine andere Hefe, als das den Rohrzucker (Melasse) benutzende, für beide ist aber eine nicht zu hohe Temperatur erfordernde, concentrirte Maische schnell vergärende Hefe erforderlich. Es muss die Hefe also den während der Gährung wachsenden Alkoholgehalt ertragen können, d. h. dieser darf weder die Zymase, noch die Kohlehydratenzyme stören. In der That unterscheiden sich die Rassen diesbezüglich ausserordentlich.

Bierhefen erzeugen bis 12 Vol.-pCt. Alkohol, Brennereihefen 18 pCt., die grosse Hoffnungen erweckende Pombe lässt sich in Deutschland nicht verwerthen, die Afrikanerin verlangt ein angemessenes Klima; sie wird in südamerikanischen Brennereien mit Vortheil gezüchtet.

Die Bierhefen dürfen Dextrin angreifende Enzyme nicht enthalten, sie müssen der Gährtemperatur von 5–10° sich anpassen; vor Allem ist ihnen eine grosse Empfindlichkeit gegen Kohlensäure eigenthümlich. Die, Trübungen in Versandbier hervorbringenden »wilden« Hefen sprossen auch bei gewissem, nicht zu hohem Kohlensäuregehalt (0.33 pCt.), während die Bierculturhefen in der Regel bei diesem Gehalt aussetzen.

Die Bäckerhefe soll eine ausdauernde Triebkraft im Brotteig zeigen; sie muss, von den »Hefebrennereien« als Haupterzeugniss der Fabrication hergestellt, die Eigenschaft besitzen, grosse Ausbeuten zu geben, sich leicht von dem anhängenden Wasser abpressen lassen und haltbar sein. Es ist eine »Wuchshefe«, welche durch Sauerstoffzutritt zu stärkster Vermehrung angeregt wird. Immerhin darf es aber nicht eine Kahlhefe sein, denn diese giebt wohl Massenerträge, aber eine stark verminderte Triebkraft.

Endlich die Weinhefen, sie sind die Aromahefen; sind sie nicht allein entscheidend für die Blume des Weines, so tragen sie doch wesentlich dazu bei. Zu ihnen gehören die Fruchttäther, Ester, bildenden Arten.

So ist die »planmässige« (Hansen) Auswahl einer für den gegebenen Betrieb geeigneten Hefe eine Hauptaufgabe für die Technik

geworden, die nächste liegt weiter darin, diese Hefe so anzuwenden, dass die damit angesetzten Gährungen rein bleiben.

Für diese reine Gährung hat uns die Grundlage gegeben Pasteur, welcher als Forderung aufstellte die »Asepsis«, wie ich es nennen will. Das heisst die Bierwürze, die Branntweinmaische, der Most, das Nährsubstrat des Pilzes müssen frei von Fremdorganismen sein, sie sollen auch während des ganzen Verlaufs der Gährung vor »Infection« geschützt bleiben. So ist die Sterilisierung in den Vordergrund getreten; der Zutritt der Luft, als Trägerin von Organismen, ist zu beschränken, sie ist gegebenen Falls zu filtrieren, es ist möglichst in geschlossenen Gefässen zu arbeiten. Alle Räume, Leitungen, Gefässe sind peinlichst sauber zu halten. Die Abschaffung der offenen »Kühlschiffe« in den gut eingerichteten Betrieben war die Folge der Aufnahme der »Asepsis« seitens der Industrie.

In das reine Nährmaterial ist zu geben die reine Saathefe, in ausreichenden Quantitäten. Hansen-Kühle und Andere haben für Brauereien geeignete Reinzuchtapparate construiert, welche, einmal mit reiner Saat beschickt, häufig jahrelang in Betrieb gehalten werden, um ihnen in Perioden von ein und mehr Wochen die Betriebshefe zu entnehmen. Alle technisch vollkommen eingerichteten Brauereien arbeiten mit Reinzuchtapparaten, zu denen ihnen von den wissenschaftlich geleiteten Zuchtanstalten die Saat geliefert wird. Die Controlle der Reinheit wird ebenfalls von diesen Anstalten ausgeübt, grosse Brauereien haben dazu bacteriologisch ausgebildete Betriebschemiker.

Die mit Reinzuchtapparaten ausgestatteten Brauereien liefern wiederum Saathefe gegen Geld und gute Worte an andere Betriebe; genug, man kann sagen, dass in den hervorragenden Bierländern, vermöge des Wanderns der Hefe von Brauerei zu Brauerei, nur noch mit Reinhefe gearbeitet wird.

Anders liegt es für die Brennereien; für diese ist in Deutschland eine Centralzuchtanstalt hier in Berlin eingerichtet; die Rasse II des Vereins der Spiritusfabricanten geht in Korn- und Kartoffel-Brennereien, die Rasse V an die Hefebrennereien. Sie werden nach dem System der Schnellgährung hergestellt, welches Ihnen gezeigt wurde; der Versand geschieht in sterilen, 1 — 10 kg fassenden Blechbüchsen. Von der Rasse II ist in mehrjähriger Nachzucht, von einer einzelnen Stammzelle ausgehend, nun bereits das vierzehntausendste Kilo dem Gewerbe übergeben.

Da ein Kilo Hefe etwa 2 Milliarden Zellen enthält, und jedes Kilogramm abgegebene Reinhefe im Gewerbe selbst wieder schätzungsweise eine Nachkommenschaft von 4000 kg aufzuweisen hat, so kann man wohl von einer achtbaren Leistung der Stammzelle sprechen.

In der Weinbereitung hat sich die Entwicklung am spätesten gezeigt; naturgemäss, denn hier war wegen des Weincharakters an eine Sterilisierung des Mostes nicht zu denken, auch fortlaufende Züchtung der Hefe gab es nicht, denn nur einmal im Jahre wird gekeltert, und endlich ist eine Mannichfaltigkeit des Geschmacks, der Blume, gegeben, zurückzuführen nach Ansicht der Sachverständigen in der That auf eine ebenso grosse Mannichfaltigkeit der Hefen, dass die Weinhefenabgabe seitens der Zuchtstationen in Form von kleinen, in Gährung befindlichen Mengen Most (z. B. Geisenheim am Rhein) die Regel geworden ist. Dem wie üblich gekelterten Most wird der Inhalt des Saathefefläschchens zugegeben. Die Zahl der auf diese Weise in voller Sprosskraft zugegebenen Hefezellen ist ausreichend, um die Anfangsgährung rein zu halten und so dem Wein den gewollten Charakter mit Sicherheit zu verleihen.

Immerhin genügt zur Erreichung eines technisch vollkommenen Resultates nicht die reine Saat, eine vollkommene Asepsis ist auch bei sterilen Nährflüssigkeiten in der Industrie nicht durchführbar. Es kann auch für das ganze Jahr hindurch täglich frisch anzustellende Gährungen nicht fortgesetzt Originalreinhefe bereit gehalten werden; die Kosten würden zu grosse sein. Es ist daher erforderlich, in Brauereien wie in Brennereien die Hefe im Betriebe laufend weiter zu züchten. Beide Gewerbe haben hierzu Verfahren ausgebildet, welche, wie schon oben ausgeführt, als natürliche Systeme der Rein-zucht sich erwiesen haben.

Ich will zunächst die Hefenzucht der Brennerei schildern: die Aufgabe ist, schädliche Spaltpilze sowohl, als ungeeignete Heferassen auszuschliessen, oder sofern sie sich eingeschlichen haben, wieder zu entfernen.

Unter den Spaltpilzen sind als die Hefe schädigend besonders die flüchtige Fettsäuren erzeugenden Pilze erkannt; diesen ist feindlich der Milchsäurepilz. Man impft daher zunächst diesen, von einer Zuchtanstalt bezogen, den Hefemaichen ein und lässt sie milchsauer werden, dann sterilisirt man die Maischen durch Erhitzen und kühlt zur Hefenaussaat auf passende Temperatur ab. Als Hefen sind nur solche geeignet, welche die Milchsäure zu ertragen und solche, welche einen hohen Alkoholgehalt, ohne Schaden zu nehmen, zu erzeugen vermögen. Also, wie wir zu sagen pflegen, »starken« Hefen ist der Vorrang zu geben. Die Aufgabe, die Starken zum Ueberwiegen zu bringen, scheint leicht zu lösen — sie ist es auch, nur wunderbar, dass die Brenner das Geheimniss schon kannten, ehe man etwas von Heferassen wusste. Das Verfahren besteht darin, dass man sehr concentrirte Maischen herstellt, diese sehr weit vergähren lässt, so dass ein hoher Alkoholgehalt von 9—10 pCt. entsteht, dann von dieser Gährflüssigkeit einen Theil abnimmt und ihn in solcher Menge einer

zweiten Zuchtflüssigkeit zusetzt, dass von vornherein ein Alkoholgehalt von 2.5 pCt. und mehr vorhanden ist. Es stirbt alles ab, was unter diesen Umständen nicht oder nur verkümmert leben kann; die stärkeren überwuchern. In der That gelingt es durch zwei oder drei solcher »Führungen«, aus einem Gemisch von Hefe Froberg und Rasse II die Bierhefe Froberg vollständig zu beseitigen.

Schwerer ist schon zu verstehen, wie es gelingen kann, aus einem solchen Gemisch die schwache Hefe zum Ueberwuchern zu bringen, wie es im Brauereigewerbe nothwendig ist. Aber auch diese Aufgabe ist leicht gelöst. Jeder Heferasse kommt ein bestimmtes Klima zu, die Empfindlichkeit gegen unpassende Temperaturen ist eine grosse: die Brennereihafen sind Warmhefen, die Brauereiculturhefen solche mittleren Klimas, die Bierkrankheiten verursachenden wilden Hefen endlich Kalthefen.

Durch Einstellung der Temperatur auf 15° werden die Brauereiculturhefen zum Ueberwiegen gebracht, durch Temperaturen von 24° die Brennereihafen und durch solche von 5° die wilden Hefen. Aber diese Methode giebt nicht vollkommene Resultate, denn die Biergährung wird bei Temperaturen geführt, welche zwischen dem Klima der Cultur- und der wilden Hefen liegt. Als zweites Hilfsmittel kommt hinzu das »Satzverfahren«. Die Biergährung verläuft in fast klaren Flüssigkeiten, in ihnen bewegt sich das Gemisch von Hefenrassen, getrieben durch die von jeder einzelnen Zelle entwickelte Kohlensäure. Nach Verbrauch des das Bewegungsmittel liefernden Zuckers setzen sich diejenigen Hefen zuerst, welche ein geringes Gährvermögen besitzen oder durch grosse und schwere Zellen, auch Zellverbände den Bewegungen in der Flüssigkeit mehr Widerstand entgegensetzen. Genug, in dem »Satz«, der sich bildet, werden Schichten beobachtet, in der untersten schwache Zellen, welche überhaupt an der Bewegung nicht theilgenommen haben, in der dann folgenden die früh mit der Gährung aussetzenden, z. B. Hefe Saaz, dann die auch Maltodextrin vergärenden, z. B. Hefe Froberg, und endlich liegen oben auf die letzten Vagabunden der kleinzelligen wilden Hefen. Die Schichten werden sorgfältig getrennt und nur die zur Fortpflanzung geeignete benutzt. Vollkommen gelingt die Trennung der Schichten, wenn man den Inhalt der Gährgefässe nach Absetzung je einer Schicht auf ein anderes überpumpt, in dem leeren Gefäss den betreffenden Satz zurücklassend.

In der That, auf diese Weise kann man durch wenige Führungen wilde Hefen vollständig aus den Culturhefen beseitigen.

Nimmt man noch einige Kunstgriffe aus der Mechanik des Hefelebens hinzu, so gelangen wir zu der Gährungsführung, welche einen kaum geübten Grad der Reinheit und Bekömmlichkeit der alkohol-

lischen Getränke gewährleistet und zugleich den Höhepunkt der gewerblichen Leistung auf dem Gebiet der Gärungstechnik bedeutet.

Bewegung fördert die Diffusionsvorgänge, welche Voraussetzung für die Ernährung und die Gährwirkung des von der Zellhaut umschlossenen Hefeorganismus sind, ebenso die Abgabe der Umsatzstoffe; Bewegung verringert die durch Alkohol und Kohlensäure auf die Hefesprossung ausgeübte Hemmung. Die Bewegung wird geschaffen durch eine ausreichende Menge Saathefe oder Anstellung der Gährung durch in Gährung befindliche Flüssigkeit; in beiden Fällen wird die Sättigung der Würze oder der Maische mit Kohlensäure schnell erreicht, eine Uebersättigung verhindert und die durch Kohlensäureentbindung erzeugte Bewegung gefördert.

Die Bewegung ist aber auch ein Mittel im Kampf gegen fremde Organismen aller Art: wir wissen, dass Alkohol und Kohlensäure der Hefeentwicklung schädlich sind, mehr aber noch Fremdorganismen; wir nehmen an, dass die Mikroorganismen Stoffe bilden als Kampfmittel gegen Eindringlinge, wir vermuthen, dass sie spezifische Kampfstoffe gegen bestimmte Organismen hervorbringen. Genug, der von vornherein in Ueberzahl vorhandene Organismus unterdrückt mit erstaunlicher Leichtigkeit Gegner, und dazu ist eine Vertheilung der Vertheidigungsstoffe nothwendig, und dieser dient die Bewegung. Die thätige Hefe lässt nicht leicht Anderes neben sich aufkommen, deshalb vermeidet man »tote Punkte« und sucht eine möglichst ununterbrochene Gährung herbeizuführen.

Aus allen diesem ergibt sich die »rationelle« Gährführung, deren Ratio die moderne mikrobiologische Forschung festgestellt hat, deren Grundzüge jedoch ein altes Erbe der Gärungsgewerbe sind¹⁾.

Es möge verstattet sein, noch einen Ausblick zu versuchen. Die aus der Praxis der Gärungsgewerbe abgeleiteten, nunmehr wissenschaftlich begründeten Gesetze der »natürlichen Reinzucht« sind einer vielseitigen Anwendung fähig: sie sollten in der Hygiene nicht unbeachtet bleiben, sie werden in der Agriculturbilogie sicher grosse Dienste leisten: sie lehren einen Mikroorganismus durch den andern vertreiben, sie beweisen, dass der Kampf in merkwürdig kurzer Zeit zur Vernichtung des Gegners führen kann. Was kann die Impfung des Ackers mit »Stickstoffpilzen« helfen, wenn nicht das Klima für ihre Weiterentwicklung im Boden gegeben ist, wenn wir nicht wissen,

¹⁾ Nicht zu vergessen ist hierbei, dass gelegentlich zwei Organismen in Symbiose zusammenwirken, so z. B. Hefe- und Milchsäure-Gährung im Berliner Weissbier; nicht zu vergessen auch, dass die Anpassung auch bei den Mikroorganismen eine grosse Rolle spielt, und dass dem Hefeleben angepasste Sarcinen daher in der Biergährung, der angepasste Milchsäurepilz in der Brenneroi schwer zu vertreibende Gäste sind.

mit welchen Gegnern sie es zu thun haben und wie ihnen hierbei zu Hilfe zu kommen ist.

Aber fast will es scheinen, dass dies weite Gebiet von der Aussicht übertroffen wird, welche die Entwicklung der Enzymforschung gewährt.

Wir wissen ja leider noch herzlich wenig, denn wer giebt uns die chemische Zusammensetzung der Enzyme, wer schliesst uns die Ursachen ihrer vielgestaltigen Wirkung auf? Wir wissen nicht einmal mit den Enzymen des Malzes Bescheid; die Peptase kennen wir kaum; ist die Bildung von löslicher Stärke, Dextrin, Malto-Dextrin, Maltose auf die in verschiedenem Grade auftretende Wirkung eines einheitlichen Enzyms zurückzuführen oder giebt es eine Dextrinase und eine Maltase?

Durch wiederholte Fällung mit Alkohol einer wässrigen Lösung glaubte man der reinen Diastase näher zu kommen, obwohl ihre verzuckernde Kraft mit jeder Behandlung abnimmt. Welche Irrungen! Sollte die Osmose die Möglichkeit der Trennung bieten, welche Beijerinck und Wysman in der That zur Aufstellung der Dextrinase geführt hat?

Und nun ist die Zymase ein anderes Wesen wie die wasseraddirenden Enzyme; sie zeigt, wie die Natur spielend kleine Wärmetönungen als Kraftquelle nehmend, complicirte Umsetzungen hervorbringt, aber unter Hülfe eines Stoffes. Wird er ein einheitlicher sein? Greifen mehrere Kräfte zugleich an? Werden die verschiedenen Heferassen unterscheidbare Zymasen haben? Wann wird das den Zucker in Milchsäure aufspaltende Enzym des Milchsäurepilzes gefunden werden?

Aber immer bleiben wir noch auf dem Gebiete der Analyse, die Wasseraddition, die Spaltung ist das Gebiet, auf dem wir Wissende zu sein glauben! Der Schritt muss auf die Synthese gerichtet werden, und ich wage die Hoffnung auszusprechen, dass es uns bald gelingen möge, aus den Monosacchariden die Polysaccharide zu bilden.

Wir sehen, dass in der Natur, so im Malze¹⁾, fast neben einander bald aus Stärke Dextrose, Rohrzucker und wieder rückwärts Rohrzucker und Stärke gebildet werden! Wie durch Buchner aus der Lebenskraft die Zymase entbunden ist, so wird es auch gelingen, der lebenden Zelle das aufbauende Enzym zu entreissen.

Doch was wäre mit diesem Schritt erreicht! Es bleibt noch viel zu thun, denn wer will sich vermessen, die Enzyme selbst synthetisch aufzubauen!

¹⁾ Grüss.