

legentlich dem Leser empfehle. Es heißt da u. a.: „Ich lege besonders Wert darauf, zu betonen, dass die Ergebnisse Sch.'s nicht nur Dr. nicht widersprechen, sondern sogar sich dessen Gedanken-gang einfügen“ (S. 490).

## Einiges über die Hefeenzyme.

Von Dr. Th. Bokorny.

Die Hefe ist eine Fundgrube für Enzyme.

Schon die bisher bekannt gewordenen bilden eine stattliche Anzahl.

Nach Euler (Chemie der Hefe, 1915) sind folgende Enzyme in der Hefe vorhanden, wenn sie auch nicht alle isoliert werden konnten:

Glykogenase . . .	von Glykogen zu Glukose führend	nach A. Koch u. Hosaeus.
Dextrinase . . .	von Dextrin zu Maltose führend	nach Lindner.
Maltase . . . .	von Maltose zu Glukose führend	nach E. Fischer (spaltet überhaupt die Glukoside).
Invertase . . .	von Rohrzucker zu Dextrose und Lävulose führend	nur in <i>S. apicul.</i> nicht.
Laktase . . . .	von Milchzucker zu Dextrose und Galaktose führend	in Hefen selten.
Zymase . . . .	von Zucker zu Alkohol + CO <sub>2</sub> führend	nach E. Buchner.
Phosphatase . .	von Zucker und Phosphorsäure zu Phosphorsäureester führend	nach Euler.
Phosphatase . .	von Phosphorsäureester zu Phosphorsäure und Zucker führend	nach Harden und Joung.
Karboxylase . .	von Brenztraubensäure zu CO <sub>2</sub> und Acetaldehyd führend	nach Neuberg u. Karczag.
Aldehydase . .	von 2 R · CHO zu R · CH <sub>2</sub> OH + R · COOH führend (Cannizaro-Reaktion)	nach J. Parnas, sowie Battelli und Stern.
Endotryptase .	von Eiweiß zu Aminosäuren führend	nach Hahn und Geret
Peptase . . . .	von Eiweiß zu Pepton führend	nach Abderhalden u. Cohn.
Lipasen . . . .	an Verbrauch und Speicherung von Fett in Hefe beteiligt	nach Laxa.
Amidase . . . .	führt zu Abspaltung von Ammoniak aus Aminosäuren	nach Effront.
Reduktase . . .	entfärbt Methylenblaulösung	nach Hahn.
Katalase . . . .	führt von H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> zu H <sub>2</sub> O + O	nach O. Loew.

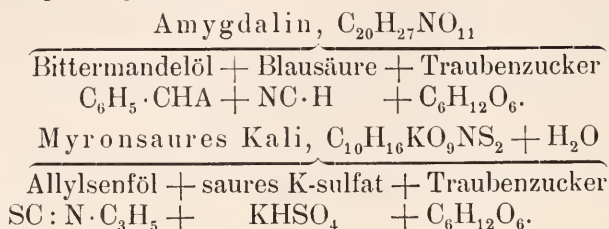
Dazu kommen noch Emulsin und Myrosin, welche beide vom Verf. in der Münchener Bierhefe aufgefunden wurden.

Das Hefe-Emulsin und -Myrosin kann auf folgende Weise nachgewiesen werden (B. in Biochem. Zeitschr., Mai 1916):

Man reibe die Presshefe (frisch oder trocken) mit Amygdalin einerseits und mit myronsaurem Kali andererseits zusammen, füge so viel Wasser hinzu, dass ein Brei entsteht, und lasse die Mischungen im warmen Zimmer stehen (event. geht es auch ohne jeden Wasserzusatz, wenn frische Presshefe angewandt wird).

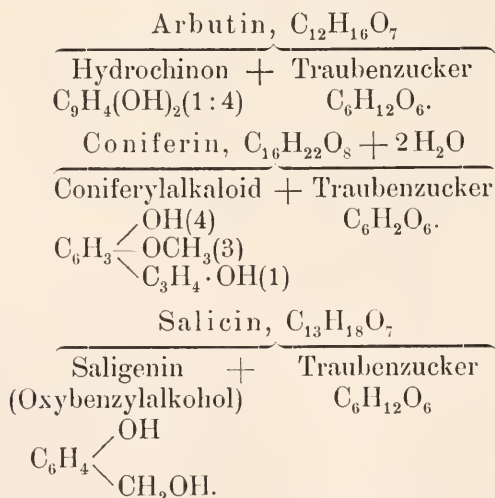
Nach 24—48 Stunden beginnt eine Gärung, man bemerkt dann auch den Geruch nach den Spaltungsprodukten (Bittermandelöl, Senföl . . .).

Schon die eintretende Gärung allein weist auf die eingetretene Spaltung hin. Denn zur Gärung gehört Zucker und dieser wird durch die Spaltung frei:



Ich habe 1 g Amygdalin teils trocken mit 2 g Presshefe zusammengemischt, teils unter Zusatz von 10, 20 oder 40 ccm Wasser und habe überall den deutlichsten Bittermandelölgeruch bemerkt. Fäulnis trat bei keinem der Versuche ein, offenbar wegen der fäulniswidrigen Beschaffenheit der Spaltungsprodukte, auch nicht binnen 14 Tagen im warmen Zimmer. Myronsaures Kali ergibt unter ähnlichen Verhältnissen Senfölggeruch, auch ohne jegliche Fäulnis.

Nimmt man dasselbe Experiment an Arbutin, Coniferin, Salicin vor, so ereignet sich nichts Bemerkbares und Bemerkenswertes; weder Gärung noch Geruchsentwicklung tritt auf, obwohl überall Traubenzucker bei der Spaltung entstehen würde.



Es tritt offenbar an diesen 3 Glucosiden mit Hefe keine Spaltung ein.

Versuche über Amygdalinspaltung durch Hefe (welche? B.) wurden auch von Henry und Auld (on the probable exist. of emulsin in yeast, Proc. r. society, ser. 13, 76) angestellt. Sie fielen positiv aus.

Von der Spaltung des myronsauren Kaliums berichten dieselben nichts, so weit ich das aus dem Zitat von Oppenheimer (Fermente I, p. 245) ersehen kann.

Da der zerriebene Senfsame die Senfölsreaktion viel rascher ergibt und auch viel stärker als die Hefe, ebenso die zerriebene Mandel Bittermandelölgeruch weit intensiver hervorruft, können wir wohl annehmen, dass der Gehalt der Hefe an Emulsin und Myrosin relativ gering ist.

Das mag auch z. T. die Ursache sein, warum diese Enzyme der Hefe bis jetzt unbekannt geblieben sind.

Immerhin müssen solche Enzyme da sein, weil auch tote Hefe, wenn die Enzyme geschont wurden, jene Fähigkeit, myronsaures Kalium und Amygdalin zu spalten, besitzt.

Es fragt sich höchstens, ob nicht irgend eines der bis jetzt bekannten (anderen) Hefefermente dieses Vermögen in sich hat. Doch ist darüber nichts bekannt geworden.

Wir sind berechtigt, von einem Hefeemulsin und Hefemyrosin zu sprechen.

Verf. hat einige Eigenschaften der beiden neuen Hefeenzyme durch Versuche ermittelt, wobei übrigens dieselben bis jetzt nicht aus der Hefe isoliert wurden (sie sind durch Wasser aus frischer und trockener Hefe nicht extrahierbar).

Um einen Vergleich mit Emulsin und Myrosin anderer Herkunft sowie mit den anderen Fermenten zu haben, möge folgende tabellarische Zusammenstellung hier Platz finden (s. S. 478—483):

Ungemein verschieden stellt sich somit die Empfindlichkeit der Enzyme gegen verschiedene chemische Agentien dar.

Dasselbe bemerken wir übrigens auch bei anderen schädlichen Einwirkungen, z. B. beim Austrocknen, beim Erhitzen.

Trocknet man Hefe durch Ausbreiten auf einem Fließpapier an der Luft, so kann man sich bezüglich der Invertase leicht überzeugen, dass sie in getrockneter Hefe noch ebenso wirksam ist wie in frischer. Man braucht nur die Trockenhefe in Rohrzuckerlösung zu bringen. Schon nach 1 Minute langem Stehen gelingt die Fehling'sche Reaktion.

Anders bei der Maltase. Sie wird durch das Trocknen unwirksam.

Versetzt man die Trockenhefe in Maltaselösung und wartet man selbst 24 Stunden, so ergibt die Lösung beim Kochen mit schwachsaurer Lösung von Kupferacetat keine Abscheidung von rotem Kupferoxydul.

Mit frischer Hefe versetzt ergibt Malzzuckerlösung fast augenblicklich die Reduktionsprobe.

Wie sich die diastatische Fermentwirkung der Hefe verhält, wenn man sie austrocknet, wurde durch folgenden Versuch zu ermitteln versucht.

Verhalten von Hefeemulsin und -myrosin, sowie von  
gegen schäd-

	Myrosin	Emulsin	Invertase	Diastase	Pepsin (Magen-)
Säuren.	1 %ige Schwefelsäure vernichtet die Fermentkraft binnen wenigen Stunden bei Senfmyrosin. Hefemyrosin verhält sich ebenso, ja sogar 0,5 % Schwefelsäure vernichtet dieses. 0,1 % tötet nicht ganz.	Mandel-emulsin wird durch 0,135 % Salzsäure unwirksam. Hefeemulsin wird durch 0,5 % Schwefelsäure oder durch 0,5 % Essigsäure vernichtet. 0,1 % Schwefelsäure reicht nicht aus zur Vernichtung.	Hefeinvertase wird durch 0,5 %ige Schwefelsäure geschädigt aber nicht zerstört (in 24 Std.). Desgleichen durch Salzsäure. 1 % Oxalsäure schadet binnen 24 Std. nicht merklich. 1 % Essigsäure schadet nicht. In 0,1 % FH 2 Tage gelegene Hefe hat noch Inversionsvermögen.	0,25 % Salzsäure wirkt schädlich auf die Verzuckerung durch Speicheldiastase ein.	Erträgt bis zu 1 % Salzsäure.
Basen.	1 %ige Natronlauge tötet das Hefemyrosin, 0,5 % ebenfalls.	Alkalien sind für Mandel-emulsin schädlich.	Die Fermentkraft der Hefeinvertase wird durch 1 % NaOH binnen 24 Std. vernichtet, nicht aber durch 0,5 % binnen 96 Std. Da 0,5 % die Hefezelle tötet, ersieht man hieran wieder einen Empfindlichkeitsunterschied zwischen Enzym und Protoplasma (wie in vielen anderen Fällen auch).	Schon schwache Alkalien haben einen schädlichen Einfluss auf die Speicheldiastase (z. B. 0,6 % oder sogar 0,3 % Soda und auch noch 0,1 %).	Das Pepsin (des Magens) ist gegen Alkalien sehr empfindlich. Sogar 0,5 bis 1 %ige Sodalösung zerstört das Pepsin sehr rasch.

## Mandelemulsin, Senfmyrosin, ferner andern Fermentenliche Einflüsse.

Trypsin (Pankreas-)	Labferment	Katalase	Maltase	Zymase
<p>Schon bei einem Säuregehalt von <math>\frac{1}{10000}</math> normal soll Trypsin nicht mehr wirken.</p>		<p>1 % starke Mineralsäure tötet fast momentan.</p>	<p>1 % Salzsäure oder Oxalsäure tötet Hefemaltase ab. 1 % Essigsäure nicht ganz.</p>	<p>0,2 % Flusssäure tötet binnen 24 Std. (0,1 % nicht). 1 % Salzsäure tötet binnen 24 Std. Schwefelsäure tötet bei 1 %, schädigt bei 0,1—0,5 %. 5 % Milchsäure vernichtet binnen 24 Std. nicht ganz. Buttersäure ist schädlich. 2 % Essigsäure schwächt nur binnen 24 Std.</p>
<p>Wirkt bei schwach alkalischer Reaktion am besten.</p>	<p>1 % Ätznatron verhindert die Auslabung der Milch. 0,1 % verzögert die Labgerinnung. 0,025 % NaOH vernichtet binnen 24 Std. das Labferment bei 15—17°. 0,5 % oder 1 % Soda verzögert die Auslabung der Milch.</p>	<p>1 % Ätznatron tötet fast momentan.</p>	<p>Auf Hefemaltase wirkt 0,5 % NaOH binnen 4 Tagen nicht vernichtend, wohl aber 1 %. 0,02 % fördert.</p>	<p>0,5 % Ätznatron schadet binnen 24 Std., vernichtet aber nicht ganz.</p>

	Myrosin	Emulsin	Invertase	Diastase	Pepsin (Magen-)
Verschiedene Antiseptika.	<p>0,1 % Sublimat tötet Senfmyrosin binnen wenigen Stunden. Desgleichen Silbernitrat.</p> <p>5 % Formaldehyd tötet binnen 24 Std., 1 % noch nicht.</p> <p>2 % Salicylsäure vernichtet.</p> <p>Chloral schadet viel weniger.</p> <p>Borax ist unter 6 % wirkungslos.</p> <p>Hefemyrosin wird durch 0,5 % Formaldehyd vernichtet.</p>	<p>Auf Mandel-emulsin sind Chloroform, Äther, Thymol, Chloral unwirksam (Claude, Bernard).</p>	<p>0,1 % Sublimat hindert die Inversion des Rohrzuckers durch Hefe nicht ganz, wohl aber 0,5 %.</p> <p>0,1 % Silbernitrat hindert ebenfalls, nicht aber 0,02 %.</p> <p>Formaldehyd zerstört selbst bei 5 % die Fermentierungskraft nicht binnen 24 Std.</p> <p>1 % Karbolsäure ebenfalls nicht.</p> <p>Thymol und Terpentinöl beeinträchtigen nicht.</p>	<p>Blei-, Zink- und Eisensalze sollen sehr schädlich auf Diastase wirken.</p>	<p>Wird durch geringe Mengen Karbolsäure in seiner Wirkung gestört.</p> <p>Chloroform hemmt, nur in größeren Dosen.</p> <p>Formaldehyd wird bis zu 5 % ertragen (? B).</p>
Alkohol.	<p>Senfmyrosin wird vernichtet durch 5 % Alkohol (in 24 Std.)</p> <p>Hefemyrosin verträgt 100 % igen Alkohol 12 Std. lang.</p>	<p>50 % iger Alkohol zerstört bei 24stündiger Einwirkung das Spaltungsvermögen der Hefe gegen Amygdalin nicht. Ja nicht einmal absoluter Alkohol bringt das ganz fertig.</p>	<p>20tägige Einwirkung absoluten Alkohols ist nicht imstande, das Inversionsvermögen der Hefe zu vernichten.</p>	<p>Alkoholfällung (auch mit absolutem Alkohol) wurde bei der Darstellung des Fermentes verwendet.</p>	<p>Alkoholfällung wird bei der Gewinnung des Fermentes verwendet. Doch soll schon 20 % Alkohol jede Verdauung verhindern.</p>

Trypsin (Pankreas-)	Labferment	Katalase	Maltase	Zymase
<p>Thymol, Chloroform, Fluornatrium hemmen.</p> <p>Sehr schädlich wirkt Formaldehyd. Schwermetallsalze sind hemmend.</p>	<p>Thymol ist bei Sättigungskonzentration (1:1100) tödlich.</p> <p>Chloroform hindert die Auslabung der Milch nicht.</p> <p>2,5% Karbolsäure verhindert.</p> <p>1% Fluornatrium verhindert.</p> <p>0,5% Sublimat verhindert.</p> <p>0,1% Silbernitrat verhindert nicht.</p> <p>0,5% Formaldehyd verhindert.</p>	<p>0,1% Sublimat ist sehr schädlich.</p> <p>4—5% Formaldehyd zerstört Katalase sehr rasch.</p> <p>Salpetrige Säure ist sehr schädlich.</p> <p>Größere Mengen Wasserstoffsuperoxyd schaden.</p>	<p>Hefemaltase wird durch 1% Karbolsäure binnen 24 Std. dauernd unwirksam.</p> <p>0,1% schadet ihr nicht.</p> <p>Terpentinölwasser schädigt die Hefemaltase binnen 24 Std. stark. 0,1% Thymol vernichtet.</p> <p>Chloroformwasser tötet binnen 24 Std. nicht.</p> <p>0,01% Silbernitrat tötet, desgl.</p> <p>0,02% Sublimat.</p> <p>0,1% Formaldehyd schädigt, 1% tötet.</p>	<p>0,02% Sublimat ferner 0,01% Höllenstein vernichtet binnen 24 Std.; 0,2% Formaldehyd ebenfalls;</p> <p>1% Fluornatrium aber nicht (durch 0,005% Gärtigkeit gefördert).</p> <p>1% Karbolsäure vernichtet binnen 24 Std., 0,1% noch nicht.</p> <p>Mit Terpentinöl gesättigtes Wasser macht die Zymase binnen 24 Std. dauernd unwirksam.</p> <p>0,1% Thymol vernichtet binnen 24 Std.</p> <p>0,1% Chloroformwasser vernichtet binnen 24 Std. nicht, wohl aber 0,5%.</p> <p>Geringe Blausäuremengen schaden nicht (Fiechter).</p>
<p>Bei der Darstellung wird Fällung und Reinigung mit Alkohol verwendet.</p>		<p>Alkohol, selbst absoluter, unschädlich (wie lange? B.).</p>	<p>Hefemaltase wird durch Alkohol sehr leicht vernichtet. Sogar 5% iger Alkohol schädigt schon etwas.</p>	<p>50% iger Äthylalkohol vernichtet die Gärkraft binnen 24 Std., 20% noch nicht (ähnlich auch Methylalkohol, höhere Alkohole aber sind giftiger).</p>

	Myrosin	Emulsin	Invertase	Diastase	Pepsin
Aus-trocknen.	Senf-myrosin erträgt das Austrocknen schlecht. Trockene Hefe hat noch wirksames Myrosin in sich.	Mandel-emulsin erträgt das Austrocknen. Hefe-emulsin ebenfalls. Mandel-emulsin kommt als Trockenpräparat in den Handel.		Die Diastase kann als trockenes Pulver hergestellt werden.	In der trockenen Hefe ist wirksames Pepsin enthalten.
Temperatur.	Tötungstemperatur für Senf-myrosin 85°. Bei 0° unwirksam (Schmidt).	Wirkungsoptimum für Mandel-emulsin 45—50°. Zerstörungstemperatur 70° (trocken erträgt es 100° mehrere Stunden). 80°, ja sogar 50° tötet das Hefe-emulsin.	Hefeinvertase wirkt nach A. Mayer am besten bei 31°, 70° tötet.	Malzdiastase wirkt am besten bei 50—55°, 75° tötet.	40° ist Optimaltemperatur, bei 75—80° hört die Fermentwirkung auf.

Getrocknete steinharte Hefe wurde mit Wasser zerrieben und dann mit Stärke verschiedener Herkunft (meist aus Cerealien) vermischt. Zwar enthält die Presshefe schon von Hause aus Stärkekörner, dieselben sind aber Kartoffelstärke, welche als schwerer angreifbar durch diastatische Fermente geschildert wird; darum wurde andere Stärke zugesetzt.

Der Versuch wurde 24 Stunden im Brutofen bei 35° stehen gelassen.

Die darauf folgende mikroskopische Untersuchung ergab, dass eine Korrosion ziemlich vieler Stärkekörner stattgefunden hatte. Es war also ein diastatisches Ferment in Wirkung getreten; dasselbe war beim Trocknen der Hefe wirksam geblieben.

Malzdiastase wird faktisch aus Malz isoliert und als trockenes Präparat in den Handel gebracht; trocken soll es sogar eine Erhitzung auf 100° ertragen.

Um das tryptische Enzym der Trockenhefe zu beobachten, braucht man nur einen kalt hergestellten Extrakt der getrockneten



Trypsin	Labferment	Katalase	Maltase	Zymase
Kommt als trockenes Pulver in den Handel. In der Trockenhefe ist wirksames Trypsin enthalten.	Das Labferment kommt als trockenes Pulver in den Handel.	Wirksame Katalase kann als Pulver hergestellt werden.	Hefemaltase erträgt das Austrocknen (mit der Hefe) nicht.	Eingetrockneter Hefepresssaft verliert die Gärkraft nach 3 Wochen (E. Buchner).
Trocken erträgt es 100°, in Lösung wird es durch 55—57° vernichtet.	40° ist die Optimaltemperatur für das Labferment der Milch. Hefelab ist sehr hitzebeständig, wirkt bei 80° C. (wenn nicht lange) am raschesten.	Tötungstemperatur 72—75° C. (je nach Reaktion der Lösung, Anwesenheit von Salzen etc.).	Hefemaltase wird durch 25° vernichtet (Lieber und Kröber, Verf), Maismaltase arbeitet nach Géduld bei 35° am besten.	Bei 25° gelingt die Gärung am besten, bei 53° erlischt sie, bei 0° hört sie nicht auf.

Presshefe sich selbst zu überlassen. Jener Extrakt enthält zuerst die löslichen Albuminstoffe der Hefe, wovon in der Presshefe 3,5% (auf Trockensubstanz berechnet) enthalten sind.

Kocht man frischen Extrakt jener getrockneten Hefe mit Zusatz von Spur Essigsäure, so erfolgt eine starke Gerinnung.

Wartet man einige Zeit, etwa 24 Stunden, und sucht an einem solchen gestandenen Extrakt die Gerinnung zu erhalten, so bemerkt man, dass die Gerinnungsfähigkeit verloren gegangen ist.

Es ist aber statt des verschwundenen Albumins auch nicht viel Albumose und Pepton da, wie die betreffenden Reaktionen ausweisen. Also ist ein wirksames tryptisches Ferment in dem Extrakt der getrockneten Hefe vorhanden, durch welches die Albuminstoffe weiter als bis zu Pepton umgewandelt werden.

Dass in der getrockneten Presshefe auch wirksames Pepsin enthalten sei, davon kann man sich durch folgenden Versuch überzeugen:

Um die Trypsinwirkung auszuschließen, setzte ich zu der stein-

hart getrockneten Presshefe 0,5%ige Salzsäure, und zwar auf 8 g getrocknete Hefe 100 ccm dieser Säure.

Dazu wurden dann 25 g fein gewiegtes frisches Rindfleisch gebracht und bei 30° der Verdauung 2 Stunden lang ausgesetzt.

Es stellte sich bald der eigentümliche Verdauungsgeruch ein, den man auch erhält, wenn man rohes Fleisch mit 0,5%iger Salzsäure und etwas tierischem Pepsin (aus Schweinemagen) versetzt.

Das Fleisch löste sich sichtlich auf.

Nach 2 Stunden wurde die Flüssigkeit kurz gekocht, dann durch einen Seiher gegossen, um die gröberen ungelösten Bestandteile zurückzuhalten, dann neutralisiert. Hierbei fielen die noch vorhandenen nicht peptonisierten Eiweißstoffe aus.

Im Filtrat war viel Albumose und Pepton, wie die mit einem kleinen Teil der Lösung angestellten Reaktionen ergaben.

Das übrige Filtrat wurde eingedampft bis zur Trockne, wobei eine rotbräunliche zerreibliche Masse hinterblieb, die hauptsächlich aus Albumose und Pepton bestand (neben Kochsalz, das auch in dem Trockenrückstand enthalten sein musste). Die Masse betrug 12% des angewandten Fleisches, also erstaunlich viel.

Der Extrakt trockener Hefe enthält also auch wirksames Pepsin.

Bezüglich der Zymase zeigte mir schon der erste Versuch mit getrockneter Hefe, dass in der steinhart getrockneten und zerriebenen Hefe noch lebende Zymase vorhanden sei.

Ich bemerkte beim Ansetzen der 3 Tage lang in warmer Luft gelegenen und völlig trocken gewordenen Presshefe und Rohrzuckerlösung eine ziemlich kräftige Gärung.

Da aber in dieser kurz getrockneten Hefe möglicherweise doch schon ein Absterben der Zymase sich vorbereiten konnte, so ließ ich eine Portion Presshefe 8 Tage lang, eine weitere Portion 8 Wochen lang in trockener sehr warmer Zimmerluft liegen.

Beide wiesen dann beim Ansetzen mit Rohrzuckerlösung Gärungserscheinungen auf, erstere stärker als letztere.

Der Geruch, welcher von ersterer Gärungsflüssigkeit ausging, war ein angenehmer kräftiger Gärungsgeruch, die entwickelte Kohlensäure hatte starke Schaumbildung hervorgerufen.

Auch in der Flüssigkeit mit der 8 Wochen lang getrockneten Presshefe war weingeistiger Geruch wahrzunehmen und auch ziemlich kräftige Schaumbildung. Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass letztere Hefe ganz abgestorben war. Die Zellen hatten granuliertes Aussehen, Sprossverbände und frische Sprossungen fehlten. Trotz 3tägigem Liegen in der Rohrzuckerlösung hatte sich keine Hefezelle angeschickt, neue Sprossungen zu treiben; alle Zellen lagen isoliert, unverbunden mit anderen. Die Hefe, welche nur 8 Tage lang trocken gelegen war, zeigte nach 2tägigem

Aufenthalt in Rohrzuckerlösung manche frische Sprossung, aber doch in der großen Mehrzahl abgestorbene nicht sprossende Zellen.

Lufttrockene Hefe enthält also nach 8 Tagen, ja nach 8 Wochen, noch wirksame Zymase.

Es steckt also nur ein Enzym in der Hefe, welches durch völliges Lufttrocknen der Hefe abstirbt, nämlich die Maltase.

Das Hefeemulsin wird durch Austrocknen der Hefe nicht vernichtet.

Das Hefemyrosin ebenfalls nicht.

Hingegen soll das Senfmyrosin das Austrocknen schlecht ertragen.

Nach H. Euler (Arkiv för Kemi. Bd. 4, Nr. 13) lässt sich freilich auch bei vorsichtiger Entwässerung der Hefe durch Trocknen höchstens  $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{30}$  der Zymase wirksam erhalten.

Hingegen bleibt von der Invertase beim Entwässern etwa die Hälfte erhalten. „Zum Vergleich sei erwähnt, dass die gleiche Hefe bei derselben Trocknung nicht mehr als etwa  $\frac{1}{20}$  ihrer Gärwirkung behielt.“

Zur Erklärung der verschiedenen Empfindlichkeit stellt Euler folgende Hypothese auf:

„Die Hefeenzyme sind ursprünglich Bestandteile des Plasmas und werden entweder schon in der lebenden Zelle vom Plasma abgeschieden und dann am Plasma wieder regeneriert; sie sind dann relativ leicht extrahierbar und sind in relativ großer Menge in den Zellen vorhanden. Oder aber die Abtrennung erfolgt erst (teilweise) beim Entwässern der Hefe oder durch mechanische Mittel, überhaupt unter den Umständen, unter welchen das Plasma getötet wird. Gegen Antiseptika sind die Hefeenzyme in dem Maße unempfindlich als sie vom lebenden Plasma befreit sind.“

Eine andere Erklärung der verschiedenen Empfindlichkeit der Enzyme gegen chemische Einwirkungen ist wohl nicht ganz von der Hand zu weisen.

Es ist bekannt, dass verschiedene Stoffe bei recht verschiedenen Verdünnungsgrenzen mit dem gleichen dritten Stoffe reagieren. Das gilt von den echten chemischen Reaktionen, wobei Moleküle zertrümmert und wiederum aufgebaut werden, ganz allgemein; es ist das zu bekannt, als dass Beispiele nötig wären. Auch reagiert ein und derselbe Stoff verschieden leicht mit verschiedenen Stoffen.

Ganz ebenso verhält es sich nun mit den verschiedenen Enzymen und Plasmen.

Dieselben sind gegen ein und dasselbe Gift sehr verschieden empfindlich.

Ferner verhält sich ein und dasselbe Plasma oder Enzym recht verschieden gegen verschiedene Gifte; die tödlichen Konzentrationen der Gifte müssen immer wieder besonders bestimmt werden,

## Versuche über die Eiweißnatur der Fermente.

### Versuch a:

1 g Diastase wurde mit 20 ccm Wasser und Spur Pepsin vermischt und dann 24 Stunden bei 20° stehen gelassen.

Es zeigte sich nun deutlicher Verdauungsgeruch. Die Lösung gab mit Phosphorwolframsäure starken Niederschlag, hingegen keinen solchen mit gesättigter Zinkvitriollösung und nur schwache Opaleszenz mit gesättigter Ammonsulfatlösung. Somit war Pepton gebildet worden.

Von der ursprünglich unlöslichen Diastase war das meiste in Lösung gegangen.

Nur ein ziemlich kleiner Rest war noch übrig geblieben als feiner Satz.

Wegen der geringen Menge unterblieb eine weitere Untersuchung des Restes.

### Versuch b:

Eine kleine Menge Diastase wurde auf einem Platinblech erhitzt. Sie verkohlte unter Aufblähen und ergab den bekannten Geruch nach verbranntem Horn.

Somit stimmen diese zwei wichtigen Eiweißreaktionen auf die vermutete Eiweißnatur meiner Diastase. Freilich kann immer der Einwand gemacht werden, dass ja die Diastase nicht rein und das Eiweiß nur Beimengung war.

Ein Versuch über Farbstoffabsorption (mit Methylviolett) ergab, dass 1 g Diastase aus 20 ccm Farbstofflösung (0,25 % Methylviolett) sehr viel Farbstoff wegnimmt, so dass die Diastase tiefgefärbt, die Lösung viel schwächer gefärbt erscheint.

## Versuche über Basen- und Säurebindung durch zweifelhafte Eiweißstoffe.

Bei Heferversuchen habe ich gefunden, dass beträchtliche Mengen von Basen sowohl wie auch von Säuren durch dieselbe gebunden werden.

Ich bezog diese Bindung auf das Hefeeiweiß, weil kaum eine andere Auffassung möglich war.

Denn in der Hefe kommt sonst kein Stoff in solcher Menge vor, dass man die Bindung von Säuren und Basen, die in so großer Quantität eintrat, darauf beziehen konnte. Auch binden die Kohlehydrate diese Stoffe nicht<sup>1)</sup>.

Ich prüfte nun zunächst einige Handelspräparate von Proteinstoffen auf das Basenbindungsvermögen (Verf. a. a. O.).

1) Die Bindung hochkonzentrierter Säuren, wie starker Salpetersäure, durch Cellulose kann hier nicht als Gegenbeweis gelten.

Überblicken wir die mit den Eiweißstoffen erhaltenen Resultate bezüglich des Ammoniakbindungsvermögens, so ergibt sich eine durchweg geringere Bindung als bei Diastase.

Es ergab sich für Blutalbumin, Pepton, Muskeleiweiß, Hühner-eiweiß, Casein der Reihe nach 3,74—0,00—2,55—4,25—3,9% Ammoniakbindung berechnet auf den lufttrocknen Eiweißstoff.

Diesen Zahlen stehen 10,2% Ammoniakbindung bei dem Diastasepulver gegenüber.

Woher dieser große Unterschied?

Wenn die Diastase ein Eiweißstoff ist — und darauf weisen doch wohl viele Erscheinungen hin — dann ist es wohl naturgemäß, an das Protoplasmaweiß zu denken. Denn aus dem Protoplasma stammen die Enzyme. Sie sind vielleicht Trümmer des hochmolekularen Plasmaeiweißes.

Wie verhält sich nun dies gegen Ammoniak?

Ich habe das an Hefe geprüft.

Wenn man 1%ige Ammoniaklösung auf (Press-)Hefe einwirken läßt, so ergibt sich eine deutliche Bindung des Ammoniaks, indem der Ammoniakgehalt der Lösung abnimmt.

Wendet man viel Presshefe und relativ wenig Ammoniaklösung an, so kann man erreichen, dass der Ammoniakgeruch fast völlig verschwindet.

Es entsteht durch die Bindung „Ammoniakhefe“, welche nach dem Wegwaschen der anhängenden Lösung völlig geruchlos ist.

Etwas Ammoniak bleibt natürlich immer noch in Lösung, da die Reaktionsfähigkeit zwischen Hefeeiweiß und Ammoniak ihre Grenze hat.

Diese Grenze liegt bei lebender Hefe allerdings recht tief, denn 0,017%ige Ammoniaklösung wird noch gebunden.

Tote Hefe freilich bindet bei dieser Verdünnung nicht mehr.

Mit dieser letzteren hat man zu rechnen, wenn Hefe mit 1%iger Ammoniaklösung behandelt wird.

Es stirbt dieselbe sofort ab.

Die entstandene Ammoniakhefe kann, nach genügendem Auswaschen, direkt nicht als ammoniakhaltig erkannt werden, weder durch den Geruch noch durch die Lackmusreaktion.

Hingegen ergibt sich Ammoniakgeruch beim Kochen mit Kalkwasser oder mit Kalilauge.

Ferner verursachen die Dämpfe braunen Fleck auf Curcupapier, braunen Fleck auf Manganvitriolpapier, blauen Fleck auf Kupfervitriolpapier.

Also wird durch Kochen mit fixen Alkalien aus der Ammoniakhefe Ammoniak abgespalten, ähnlich wie aus irgendeinem Ammoniaksalz.

Was die Menge des gebundenen Ammoniaks anlangt, so habe ich schon vor einiger Zeit (Pflüg. Arch. Bd. 156) festgestellt, dass 20 g Presshefe binnen 24 Stunden ca. 1 g Ammoniak aus 100 ccm einer 1,7%igen Ammoniaklösung zu binden vermögen.

Das macht 5 g Ammoniak auf 100 g Presshefe und ca. 15 g Ammoniak auf 100 g Trockenhefe, also 15% berechnet auf Hefetrockensubstanz.

Damit haben wir gefunden, dass die starke Ammoniakbindung wie bei Diastase auch beim Protoplasmaeiweiß, ja noch in gesteigertem Maße, angetroffen wird.

Es scheint, als ob bei gewöhnlichem Präparateneiweiß nicht mehr so viele basenbindende Gruppen, die Säuregruppen, vorhanden wären.

Weitere Versuche über Fermente haben ergeben:

### Tabelle über Säure- und Basenbindung durch Enzyme.

Name des Enzyms (bezw. Eiweißstoffes)	Eigenschaften	Bemerkungen
Diastase (Pulver)	<p>Gelblichgraues Pulver, fast unlöslich in Wasser; in Normal-(1,7%)-Ammoniak oder n-Natronlauge nur wenig löslich (die Flüssigkeit wird gelb bis rot). In dem ungelösten Teil findet sich bei der Behandlung der Diastase mit n-Ammoniak oder n-Lauge eine nicht unerhebliche Menge der Base gebunden vor, bis zu 0,1 g <math>\text{NH}_3</math> bezw. 0,17 g NaOH pro 1 g Diastase, d. i. 10% <math>\text{NH}_3</math> bezw. 17% NaOH.</p> <p>In n-Schwefelsäure (4,9%) löst sich die Diastase ebenfalls nicht auf. Eine Bindung der Säure konnte nicht festgestellt werden.</p> <p>Die Bindung der Basen in dem Diastasepulver ist so fest, dass die Ammoniakdiastase geruchlos ist, nicht alkalisch reagiert, und erst beim Kochen der noch schleimigen, in Wasser aufgeschwemmten Masse mit gelöschtem Kalk oder mit Kalilauge Ammoniak entweichen lässt.</p> <p>Die Diastase wird durch Pepsin unter etwas Salzsäurezusatz anscheinend verdaut.</p> <p>Sie gibt beim Erhitzen Geruch nach verbranntem Horn.</p> <p>Methylviolett wird davon in starkem Maße absorbiert.</p>	<p>Hefezellen binden aus n-Ammoniak 15% <math>\text{NH}_3</math>, aus n-Natron über 20% NaOH (berechnet auf Hefetrockensubstanz).</p> <p>Hefezellen binden bei gleicher Behandlung gegen 13% Schwefelsäure (berechnet auf Hefetrockensubstanz).</p> <p>Reaktion des Pulvers gegen Lackmuspapier kaum merklich alkalisch.</p>
Blutalbumin (hornige Masse in spröden Blättchen)	<p>absorbiert 3,74% <math>\text{NH}_3</math> (berechnet auf Trockensubstanz des Eiweißstoffes); ferner 6,37% Schwefelsäure.</p>	<p>Reaktion des Pulvers auf Lackmuspapier deutlich alkalisch.</p>

Name des Enzyms (bezw. Eiweißstoffes)	Eigenschaften	Bemerkungen
Muskelleiweiß (feines Pulver)	bindet 2,55 % $\text{NH}_3$ von seinem Trockengewicht; bindet 4,9 % $\text{H}_2\text{SO}_4$ von seinem Trockengewicht.	Reaktion schwach sauer.
Hühnereiweiß (hornige, aber spröde Masse)	bindet 4,25 % seines Trockengewichtes an Ammoniak; bindet 6,37 % seines Trockengewichtes an Schwefelsäure.	Reaktion des befeuchteten Pulvers gegen Lackmuspapier schwach alkalisch.
Casein (feines, weißes Pulver)	bindet 3,9 % seines Trockengewichtes an Ammoniak; ferner 10,78 % Schwefelsäure.	Reaktion des Pulvers auf Lackmuspapier ganz schwach sauer.
Takadiastase	vermochte 3,74 % ihres Gewichtes Ammoniak zu binden.	Reaktion des Pulvers gegen Lackmuspapier schwach alkalisch.
Pepsin (Pulver von gelblicher Farbe)	löst sich ganz auf, in Wasser wie auch in n-Ammoniak. Bindung von Basen und Säuren nicht nachweisbar; von Säuren wurden n-Schwefelsäure und n-Salzsäure mit negativem Erfolge geprüft, von Basen n-Ammoniak.	Reaktion gegen Lackmus deutlich sauer. Geschmack deutlich bitter, dabei aber auch süß.
Trypsin, alt (Pulver)	vermochte 3,74 % Ammoniak und 5,88 % Schwefelsäure zu binden.	Reaktion gegen Lackmus neutral. Mein Präparat war ziemlich schwer löslich in Wasser und in n-Schwefelsäure, leichter in n-Ammoniak.
Trypsin, frisch (Pulver)	Erster Versuch über Säure- und Basenbindung verunglückt. Ein nachträglicher Versuch ergab 3,4 % Ammoniakbindung, 1,96 % Schwefelsäurebindung.	Reaktion gegen Lackmus neutral. 1 g in 10 ccm Wasser wenig löslich, dito in 10 ccm n-Schwefelsäure, aber ganz leicht in 10 ccm n- $\text{NH}_3$ .
Lab (Pulver)	vermochte 3,4 % Ammoniak und 2,94 % Schwefelsäure zu binden, beide aus n-Lösung.	Reaktion gegen Lackmus sauer. 1 g Lab in 10 ccm Wasser teilweise sich lösend, mit 10 ccm n-Ammoniak ganz löslich.
Emulsin <sup>2)</sup> , durchscheinende, grau-violette Stückchen (Kahlbaum, Berlin)	Basen und Säuren werden gebunden. Bei n-Ammoniak war eine Bindung von 4,25 % $\text{NH}_3$ titrimetrisch im Filtrat nachzuweisen; bei n-Schwefelsäure eine Bindung von 7,35 % $\text{H}_2\text{SO}_4$ .	In Wasser schwer löslich. In n-Ammoniak etwas mit bräunlicher Farbe löslich; der Rückstand schleimig. In n-Schwefelsäure unlöslich. Reaktion gegen Lackmus etwas sauer.

Um Parallelen für meine Befunde zu erhalten, durchsuchte ich die Enzymliteratur nach Angaben über die Bindung bezw. Adsorption, ferner die elektrochemische Natur der Enzyme, sowie nach Beobachtungen über die Eiweißnatur.

Diastase (in der neueren Literatur vielfach Amylase genannt): Michaëlis behandelt in seiner Abhandlung „Absorptionsanalyse der Fermente“ (Biochem. Zeitschr. VII, X, XII, XV) die Adsorption der Enzyme durch Kaolin und Tonerde, sowie durch andere Stoffe. Die genannten sind einsinnig geladene Adsorbentien, der Kaolin negativ, die Tonerde positiv.

Die Pflanzendiastase wird nach ihm von Tonerde vollkommen adsorbiert, von Kaolin nicht oder nur in saurer Lösung.

Meine Diastase ist vermutlich Malzdiastase gewesen. Denn diese ist am leichtesten zu erhalten und praktisch vom größten Interesse.

Meine Takadiastase, vom *Aspergillus Oryzae* erzeugt und aus Koji-Hefe stammend, war von Grüber bezogen; sie wies ebenfalls die Fähigkeit, Ammoniumhydroxyd zu binden, auf.

Es ist nun interessant, dass meine Diastase ebenfalls nur mit basischen, d. i. elektropositiven Stoffen sich zu verbinden vermochte.

Speichelamylase freilich wird sowohl von Kaolin als von Tonerde absorbiert.

Malzamyase wandert in reiner wässriger Lösung überwiegend kathodisch, aber gleichzeitig etwas anodisch. Bei saurer Reaktion wandert sie rein kathodisch, bei alkalischer rein anodisch. Sie ist also nach diesen Versuchen amphoter.

Von durchaus einseitiger Bindungsfähigkeit scheint auch die Invertase zu sein. Ich hatte leider kein Präparat zur Hand.

Sie wird unter allen Umständen von Tonerde, unter keinen Umständen von Kaolin adsorbiert, hat also den Charakter einer Säure (nach Michaëlis).

Trypsin:

Es zeigte bei den Versuchen von Michaëlis einen amphotereren Charakter. In reinem Wasser wandert es zur Anode; durch  $\frac{1}{2}$  % Essigsäure wird es umgeladen und wandert zur Kathode.

Mein Trypsin ergab sowohl Basen- wie auch Säurebindung.

Somit ist es amphoter.

Die Resultate stimmen also überein.

Nach Hammarsten ist das Trypsin ein Nukleoprotein, was ja auch von vielen anderen Enzymen schon behauptet worden ist.

Unter Trypsin ist hier wie früher die Pankreastryptase verstanden; sie ist im Handel leicht erhältlich.

Labferment:

Auch dieses Enzym erwies sich bei meinen oben beschriebenen Versuchen als basen- und säurebindend. Es verhält sich also amphoter.



Sonst gilt das Labenzym als chemisch mit anderen Enzymen übereinstimmend.

Es zeigt die üblichen Reaktionen der Enzyme.

Seine Lösung in Wasser ist eine kolloidale, d. h. eine Scheinlösung, in Wirklichkeit also eine Suspension feinsten Partikel. Es haftet deshalb auch an porösen Niederschlägen, Tierkohle u. s. w. an (Jacoby).

Ammonsulfat fällt die wässrige Lablösung bei 80—100% Sättigung aus (Fuld und Spiro).

Kochsalz fällt diese Lösung bei 20% unter Säurezusatz aus (Blumenthal und Lehner).

Somit haben wir bei Lab bis jetzt keine Ursache, von der Annahme seiner Proteinnatur abzugehen.

Die systematische Stellung des Labfermentes innerhalb der großen Gruppe der Enzyme ist noch ziemlich unklar.

Es wird bei den Proteasen, d. i. den den Eiweißkern angreifenden Enzymen in der Regel aufgeführt, obwohl die Gerinnung der Eiweißstoffe ein noch ziemlich unbekannter Vorgang ist.

Das Lab wird sogar vielfach mit dem Pepsin identifiziert; doch macht das Pepsin schon bei der ersten Untersuchung einen ganz anderen Eindruck.

Meine Versuche über Säure- und Basenbindung beim Pepsin führten zu dem bemerkenswerten Resultat, dass Pepsin unter allen bis jetzt geprüften Enzymen das einzige ist, welches weder Säure aus n-Schwefelsäure, noch Base aus n-Ammoniaklösung bindet.

Das Labferment bindet beide.

Die Natur des Labfermentes erscheint Oppenheimer so zweifelhaft, dass er, um der Hauptfrage nahezutreten, zunächst folgende Teilfragen stellt (O. Fermente II, p. 554ff.):

a) Ist das Lab überhaupt eine Protease, d. h. greift es sein Substrat, das Kasein, unter hydrolytischer Spaltung an?

Diese Frage beantwortet er zustimmend, da bei der Umwandlung von Kasein in Parakasein (oder mehrere Parakaseine) eine Verringerung des Komplexes eintritt. Wahrscheinlich geht die Spaltung sogar weiter, so dass dieselbe Protease auch das Parakasein langsam weiter abbaut. Die Gerinnung bedeutet also einen Abbauprozess des Kaseins.

b) Ist das Labferment völlig selbständig oder hängt seine Sekretion untrennbar mit der des Pepsins und anderer Fermente zusammen? Das ist schwerer zu beantworten.

Manche haben völlige Übereinstimmung behauptet, so dass Lab und Pepsin ein und derselbe chemische Stoff wäre, nur in verschiedenem elektrochemischem Zustande.

Tatsächlich hat das Pepsin (in neutraler Lösung) eine Labwirkung (Michaëlis).

Doch sprechen viele Befunde auch gegen die Übereinstimmung.

Nach Rakoczy, um nur eines anzuführen, verschwindet beim Rinde das Lab sehr schnell im Lauf der ersten Lebensmonate, während das Pepsin zunimmt. Auch der reine Magensaft des Kalbes enthält in den ersten Monaten viel mehr Lab als später. Das Lab von neugeborenen Pferden, Schweinen u. s. w. verhält sich genau wie das des Kalbes.

Es soll auch Tiere geben, deren Magensaft nur peptische, gar keine Labwirkung besitzt.

Auch bei Bakterien findet man keine Parallelität zwischen Lab und Protease.

Das sind eine Anzahl gewichtigere Tatsachen gegen die Einheitsidee.

Vermutlich gibt es im Magen aller Tiere, außer Kalb und Schaf, neben Lab ein Parachymosin, das „chemisch nichts anderes ist als Pepsin und eine relativ geringe labende Komponente besitzt“.

Kann man die beiden Enzyme trennen oder doch wenigstens verschieden beeinflussen?

Ja; denn nicht alle Labpräparate enthalten Pepsin. Im Kälberlab kann man die labende Kraft durch Erwärmen stark schwächen, ohne die (geringe) proteolytische wesentlich zu beeinflussen.

Also keine Identität von Lab und Pepsin!

Pepsin:

Mein Präparat löste sich vollständig in Wasser auf (1 g Pepsin in 10 g Wasser), ebenso in n-Ammoniak.

Die Lösung färbte Lackmus rot, der Geschmack war etwas bitter.

Ein Bindevermögen für Basen oder Säuren war nicht nachweisbar. Weder n-Schwefelsäure noch n-Salzsäure wurde von meinem Pepsin gebunden, n-Ammoniak wurde auch nicht gebunden.

Darin wich das Pepsin von den andern geprüften Enzymen ab.

Im übrigen ist die chemische Natur des Pepsins noch wenig erkannt.

In manchen neueren Arbeiten wird es als ein Nukleoprotein erklärt. Hingegen gibt Pekelharing an, dass dem Pepsin die Phosphorsäure fehlt, was gegen diese Ansicht spricht.

Bei meinen bisherigen Versuchen hat von den geprüften Enzymen nur eines total negatives Resultat ergeben, nämlich das Pepsin, welches weder Säuren noch Basen bindet; eines ferner teilweise negatives Resultat, nämlich die Diastase, welche nur Basen aber keine Säuren bindet.

Das Pepsin verhält sich total anders wie das Labferment. Somit findet die Anschauung, dass sie identisch seien, in meinen Versuchen keine Stütze.

Die meist vorhandene Fähigkeit der Enzyme, sowohl Säuren als Basen zu binden, spricht für die viel behauptete Eiweißnatur

derselben. Wenn die Bindung unterbleibt, wie beim Pepsin, so wage ich das nicht als Beweis gegen die Eiweißnatur anzuführen. Es gibt ja auch zweifellos zur Gruppe der Proteinstoffe gehörige Substanzen, wie das Fleischpepton, welche nicht binden. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass die Größe des Moleküls hier etwas ausmacht.

Es war mir leider nicht möglich, alle bekannteren Enzyme in den Bereich der Untersuchung zu ziehen, geschweige denn die selteneren.

Meine Versuche hätten sich auch noch auf eine Reihe von anderen Stoffen als Säuren und Alkalien erstrecken sollen. Doch sind die hierfür erforderlichen Enzyme zu teuer zu beschaffen.

### Die Reaktionszeit.

Im gegenwärtigen Krieg hat die rasche Beantwortung eines Sinnesreizes durch eine bewusste Bewegung, die Reaktionszeit, besonders für die Bedienungsmannschaft der Maschinengewehre und der Flugmaschinen, eine besondere Bedeutung.

Im Hinblick darauf werden die für diese Dienstzweige in Betracht kommenden Leute „soldats mitrailleurs“, in der französischen Armee einer besonderen Prüfung auf die Dauer der Reaktionszeit unterworfen. Man bedient sich dabei eines elektrischen Apparats von d'Arsonval; die Gesichtswahrnehmung wird durch die Bewegung eines Zeigers und die Gehörsempfindung durch einen Ton hervorgerufen, welchen ein niederfallendes Hämmerchen auf ein Metallplättchen des Apparats erzeugt; durch letzteres kann auch eine Tastempfindung auf der Hand oder im Nacken hervorgerufen werden. Durch einen Hebeldruck gibt der zu Prüfende die Dauer der Reaktionszeit an. In der Sitzung der Pariser Akademie der Wissenschaften vom 10. Juli 1916 berichtet darüber J.-M. Lahy (sur la psycho-physiologie du soldat mitrailleur. C. R. Ac. sc. Paris Nr. 2, 1916). Die Prüfung erstreckte sich auch auf die „plasticité fonctionelle“, d. h. darauf, wie lange es dauert, bis der Rhythmus in der Atmung und Zirkulation wieder zur Norm zurückkehrt; bei jeder Bewegung ist nämlich seine Frequenz erheblich gesteigert, und die Dauer dieser Veränderung ist um so kürzer, je kaltblütiger das Individuum ist. Bei den besten Mitrailleuren fehlen Veränderungen im Rhythmus der Atmung und der Zirkulation fast ganz. Die Reaktionszeit für das Hören darf nicht über  $\frac{12}{100}$  Sek. betragen. Da dieselbe gewöhnlich mit  $\frac{15}{100}$  Sek. angegeben werde, müsse sie also für die Mitrailleure kürzer sein.

Ch. Richet (Du minimum de temps dans la réaction psycho-physiologique aux excitations visuelles et auditives. C. R. Ac. sc. Paris Nr. 4, 24 juillet 1916) gibt als die Dauer der Reaktionszeit in  $\frac{1}{1000}$  Sek. im Durchschnitt für das Sehen 195, Hören 150 und die Tastempfindung 145 an. Nur ein einziges Mal seien bisher niedrigere Zahlen gefunden worden, nämlich 102 von Swift für das Hören.

Meade-Beach mache folgende Angaben, die beträchtlich niedriger seien als die bekannten:

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Bokorny Thomas

Artikel/Article: [Einiges über die Hefeenzyme. 475-493](#)