

mäßig ab, ohne aber auch nur annähernd zu verschwinden. Aus meinen Versuchen wähle ich hier die folgende Uebersicht<sup>1)</sup>:

	C. 0.	C. 1—6.	$\frac{1}{2}$ K.	K. $\frac{1}{2}$ .	Voller K.	Pracht-K.
1893	0	17	16	29	<b>33</b>	2
1894	0	0	9	26	<b>50</b>	15
1895	0	16	<b>52</b>	16	16	0
1896	5	32	<b>33</b>	29	0	0
1897	12	<b>41</b>	27	12	7	1.

Es ist selbstverständlich nicht leicht, die Lebensmedien in den aufeinanderfolgenden Jahren hinreichend gleichmäßig zu haben; Unregelmäßigkeiten in den Zahlen können also nicht befremden; sie beeinträchtigen das Endresultat aber nicht.

Die Ernährung in der empfindlichen Periode und die Zuchtwahl wirken also stets in demselben Sinne; die bessere Ernährung bildet kräftigere Individuen mit zahlreicheren Nebenkarpellen aus; die geringere Ernährung liefert karpellenarme Schwächlinge. Die Zuchtwahl wählt daher als extreme Varianten einerseits die am besten, andererseits die am schlechtesten ernährten Exemplare aus. Ihre Eigenschaften zeigen sich aber als erblich und als akkumulierbar durch wiederholte Auslese.

Für die Selbstbefruchtung, welche bei *Papaver* oft ohne künstliche Hilfe stattfindet, wurden die Blüten einzeln in Säcken von transparentem Pergamyn eingeschlossen. [36]

---

## Versuch einer einheitlichen Betrachtungsweise der Fermentprozesse.

Von Dr. phil. et med. Carl Oppenheimer.

Der Begriff des „Fermentes“ hat im Laufe der Jahrhunderte manche seltsame Wandlung durchgemacht. Von der ganz äußerlichen Betrachtungsweise, die unter „Fermentatio“ jeden mit Gasentwicklung einhergehenden Vorgang begriff, bis zu seltsam mystischen Vorstellungen einer geheimnisvoll schaffenden Kraft, finden wir nach- und nebeneinander alle möglichen Anschauungen, die zu einer unglaublichen Begriffsverwirrung führten. Erst im achtzehnten Jahrhundert klärten sich die Ansichten allmählich: Man verstand damals unter Fermentprozessen solche Vorgänge, bei denen Umwandlungen organischer Stoffe durch ein sich zersetzendes Agens ausgelöst werden sollten, und diese Zersetzung sollte sich durch Ansteckung weiter übertragen

---

1) C. 0 = ohne Nebenkarpelle; C. 1—6 = mit 1—6 Nebenkarpelle;  $\frac{1}{2}$  K. = wenigen als ein halber Kranz; K.  $\frac{1}{2}$  = mehr als ein halber Kranz; K. = Kranz.

lassen (Stahl). In der Praxis entsprach das im Wesentlichen den bekannten Gärungserscheinungen, die man als weinige, saure und faulige Gärung unterschied. So energisch man sich nun auch seit Lavoisier bemühte, den chemischen Charakter dieser Gärungen, die Produkte dieser Spaltungen aufzuklären, so wurde doch die Theorie dadurch nicht weiter geführt, sondern sogar ziemlich vernachlässigt. Das Hauptergebnis ist eigentlich nur ein neues Wort für den fehlenden Begriff, die „katalytische“ Wirkung durch den „Kontakt“ der Fermentsubstanz (Berzelius, Mitscherlich).

In energischeren Fluss kam diese Frage erst, als man neue Fermentprozesse kennen lernte, als Robiquet das Emulsin, Schwann das Pepsin, Payen und Persoz die Diastase fanden. Dadurch wurde das Feld der bekannten Thatsachen erweitert und Liebig war der erste, der durch eine wissenschaftliche Vertiefung der alten Stahl'schen Zersetzungslehre eine Theorie der Fermentprozesse schuf. Nach seiner Anschauung werden die Umsetzungen des Zuckers, der Eiweißkörper, der Stärke etc. ausgelöst durch den Kontakt mit der sich zersetzenden Fermentsubstanz, oder Hefe der jenen anderen „albuminoiden Substanzen“. Liebig hielt seine Theorie auch dann noch hartnäckig fest, als durch die klassischen Arbeiten von Pasteur nachgewiesen wurde, dass die Wirkung der Hefe und einiger anderer Gärungserreger fest mit dem Lebensvorgang von Mikroorganismen zusammenhängt. Und gerade dadurch, dass Liebig in seltsamer Verblendung die offensichtliche Bedeutung dieser Kleinwesen für den Gärprozess einfach leugnete, und nach wie vor diesen Vorgang auf eine Zersetzung der Hefe zurückführte, hat er selbst seiner Anschauung jede Wertschätzung entzogen. Dadurch, dass man die völlige Unrichtigkeit seiner Ansicht von der Zersetzung der Fermente bei ihrer Wirkung leicht erweisen konnte, ist man leider soweit gegangen, auch den tieferen Kern der Liebig'schen Anschauung, nämlich die einheitlich-energetische Betrachtungsweise der Fermentprozesse, völlig in den Hintergrund zu drängen und der Pasteur'schen rein biologischen Auffassung zu fast unbestrittenem Siege zu verhelfen. Und doch hat Pasteur durch den absolut sicheren Beweis, dass für die alkoholische Gärung Mikroorganismen nötig sind, doch noch keine Erklärung, keine Theorie der „geformten“ Fermente, wie man jetzt diese von Mikroben ausgelösten Prozesse, im Gegensatz zu den „ungeformten“ Fermenten: Pepsin, Diastase etc., nannte, gegeben. Im Gegentil, die Pasteur'sche Theorie der Alkoholbildung, dass nämlich die Hefe durch Sauerstoffmangel gezwungen würde, dem Zucker Sauerstoff zu entziehen und daraus Kohlensäure zu produzieren, während der Alkohol den Rest des Nährmaterials darstellt, ist bald als falsch erwiesen worden.

So sehen wir denn also das Sonderbare, dass ein Versuch einer energetischen Erklärung, bloß weil sein Autor sich gegen unzweifelhafte biologische Thatsachen sträubte, von den Anhängern dieser biologischen Fakta völlig in den Hintergrund gedrängt wird, ohne dass man versucht, die gescheiterte Liebig'sche Theorie aller Fermentationen durch eine neue zu ersetzen. Man wiegte sich voller Genugthuung in dem erhebenden Bewusstsein, durch die Thätigkeit der Mikroorganismen die Wirkungen der geformten Fermente „erklärt“ zu haben, und liess damit de facto jeden Zusammenhang dieser Fermente mit den ungeformten fallen, ohne sich auch zu einer formellen Trennung entschließen zu können.

Die einzigen, welche noch nach einem Zusammenhang zwischen den „Enzymen“<sup>1)</sup> und den geformten Fermenten fahndeten, in der festen Ueberzeugung, dass auch die Mikroben ihre Thätigkeit durch abgesonderte Enzyme vollziehen, waren Traube und Hoppe-Seyler. Aber ihre Stimme verhalte ohne Wirkung, zumal es ihnen nicht gelang, solche Enzyme zu isolieren.

Daneben gingen andererseits mehrfache Versuche, die Wirkungsweise ausschließlich der Enzyme zu erklären, ohne die geformten Fermente mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen, so dass damit thatsächlich die Kluft immer mehr erweitert wurde, und beide Arten von Vorgängen nur noch in dem Namen zusammenhingen.

So ist es denn auch zu erklären, dass Naegeli<sup>2)</sup>, als er durch seine bedeutungsvolle Abänderung der Liebig'schen Hypothese eine neue Theorie der Fermentwirkungen schuf, an dem grundsätzlichen Unterschied zwischen den Enzymen und den Gärungserscheinungen festhielt.

Naegeli ersetzte die unhaltbare Vorstellung von der „chemischen Zersetzung“ der Fermente durch die theoretisch weit weniger angreifbare von der energieauslösenden Wirkung von Atom-schwingungen. Er nahm an, dass die normalen Schwingungen der Atome in jedem Substrat durch die Zufuhr des Fermentes so verstärkt wurden, dass sie schließlich über die für Erhaltung des statischen Gleichgewichtes zulässige Amplitude hinausgehen und dadurch zu einem Einsturz des labilen Moleküles führen sollten. Dadurch hat er uns wenigstens ein Bild von der „katalytischen“ Wirkung geben können. Wodurch aber die Fermente diese Intensivierung der Atom-schwingungen bewirken, ist trotz Naegeli auch heute noch das große Rätsel. Immerhin hat er das große Verdienst, zum ersten Mal seit Liebig wieder eine energetische Betrachtungsweise der Fermente angestrebt zu haben. Indes untersuchte er nur die En-

1) So hatte Kühne die ungeformten Fermente kurz bezeichnet.

2) Naegeli, Theorie der Gärung, München 1879.

zyme unter seinem neuen Gesichtspunkt und zog nicht die Konsequenz aus seiner Theorie, nunmehr alle Fermentwirkungen von einem einheitlichen Standpunkt zu betrachten. Im Gegenteil hält auch er an dem tiefgreifenden Wesensunterschied beider Arten von Fermenten fest.

Die Kluft schien also unüberbrückbar und so war es denn leicht zu verstehen, wenn schließlich Hansen<sup>1)</sup> aus alle dem die Konsequenz zog, dass man den Begriff „Ferment“ als logisch und materiell unhaltbar überhaupt streichen sollte, um zu unterscheiden zwischen Enzymen und den Gärungsercheinungen als Teil des Stoffwechsels der Mikroben. Damit wäre wenigstens eine reinliche Scheidung unpassend kombinierter Begriffe gegeben.

Indessen lernte man bald wichtige Thatsachen kennen, welche es unmöglich machen, selbst praktisch eine haarscharfe Grenzlinie zwischen Enzymen und geformten Fermenten zu ziehen. Es giebt nämlich Fermente, die eine Mittelstellung einnehmen. Während manche Enzyme von der sie erzeugenden Zelle ohne Weiteres an die umgebenden Medien abgegeben, sezerniert werden, wie z. B. das Pepsin und die Diastase, zeigen andere eine viel festere Bindung an das Protoplasma. Während es z. B. unmöglich ist, der gesunden Hefezelle außer Diastase irgend ein Ferment zu entziehen, gelingt dies, wenn man die vitale Energie der Hefezelle, z. B. durch Austrocknen oder durch gewisse Gifte (Chloroform, Toluol), lähmt. Dadurch wird zwar die alkoholisierende Fähigkeit der Hefe vernichtet; sie giebt aber in diesem Zustande neue Enzyme an einen Wasserinfus ab, besonders diejenigen, die die Maltose und den Rohrzucker in einfache Zucker spalten, die Maltase und die Invertase<sup>2)</sup>. Es ist kaum zu entscheiden, ob man diese Fermente, die normalerweise fest an die Hefezelle gebunden sind, zu den „geformten“ rechnen darf: es ist dies kaum durchzuführen, wenn wir sehen, dass die Fermente, wenn sie einmal von der Zelle getrennt sind, wie echte Enzyme wirken. Noch viel mehr gilt diese eigentümliche Mittelstellung von dem invertierenden Enzym der *Monilia candida*, das auch aus der toten Zelle nicht zu isolieren ist und doch unabhängig von der vitalen Energie der Zelle wirksam ist, wenn man diese durch Toluol lähmt (E. Fischer l. c.).

War also schon durch diese Thatsache die durchgreifende Bedeutung des Unterschiedes zwischen geformten Fermenten und Enzymen gewaltig erschüttert, so erwiesen die epochemachenden Resultate von E. Buchner<sup>3)</sup>, dass hier ein fundamentaler Gegensatz gar nicht besteht. Dadurch, dass es ihm gelang, den Typus der geformten

1) Hansen, Arbeiten a. d. botan. Inst. Würzburg III.

2) S. dazu E. Fischer, Z. f. physiol. Ch. 26. 71 (1898).

3) E. Buchner, Chem. B. XXX, XXXI.

Fermente, dasjenige, das man als untrennbar fest mit dem Leben der Zelle verbunden erachtet hatte, das Ferment der alkoholischen Gärung des Traubenzuckers als Enzym, das ohne lebende Zelle wirken kann, aus der Hefe zu isolieren, bietet er uns die Möglichkeit, den biologischen Standpunkt in der Betrachtung der Fermentprozesse als relativ unwesentlich bei Seite zu schieben zu Gunsten einer einheitlichen energetischen Anschauung über das Wesen dieser Vorgänge.

Wir müssen uns also fragen: Welcher Art müssen die Umsetzungen sein, die wir als Fermentwirkungen bezeichnen; und wo ist die Grenze zu ziehen zwischen ihnen und anderen Prozessen nicht fermentativer Art?

Nun wissen wir, dass die Enzyme die Fähigkeit haben, aufgespeicherte Energiemengen auszulösen, und wissen, dass auch die Hefe einen derartigen Vorgang bewirkt; hier ist also der Angelpunkt des Verständnisses: Wir müssen diese energetische Grundlage auf alle Fermentprozesse ausdehnen. Als Fermentprozesse werden wir demzufolge alle derartigen Prozesse der organischen Welt bezeichnen, bei denen aufgehäufte Spannkraften ausgelöst werden, bei denen durch geringfügige Erschütterungen ein labiles Gleichgewicht der Atome eines Moleküls zusammenstürzt unter Bildung eines neuen stabileren Gleichgewichtes. Dies ist ein Vorgang, bei dem ein Teil der aufgespeicherten Spannkraft als lebendige Kraft abgegeben wird, also ein exothermaler Prozess: die bei einem Fermentprozess gebildeten Spaltprodukte müssen also weniger Spannkraft enthalten, als das ursprüngliche Substrat; und dies können wir zahlenmäßig dadurch ausdrücken, dass sie eine geringere Verbrennungswärme aufweisen.

Wir werden also alle exothermal verlaufenden Spaltungsprozesse, die mehr oder minder direkt in dem Machtbereich lebender Organismen stattfinden, als Fermentprozesse bezeichnen, alle endothermal, d. h. unter Aufnahme von Energie, unter Bildung neuer Spannkraften einhergehenden Vorgänge von den fermentativen scheidern müssen.

Wenn wir dieses Prinzip aus der energetischen in die chemische Betrachtungsweise übersetzen, so finden wir, dass von den in Organismen stattfindenden chemischen Prozessen nur zwei Gruppen unter unsere Definition fallen können, insofern als sie exothermal verlaufen, nämlich die einfache hydrolytische Spaltung unter Aufnahme von Wasser und ferner die oxydativen Vorgänge, mögen sie unter Verbrauch atmosphärischen Sauerstoffes oder durch intramolekulare Oxydation verlaufen. Alle anderen Prozesse der tierischen und pflanzlichen Zellen, vor allem jene umfangreichen Reduktionen und Synthesen müssen wir als endothermal streng von den Fermentprozessen trennen und als unlösbar fest verbunden mit dem Stoffwechsel der Lebewesen betrachten, z. B. die Synthese

von Eiweiß in den Pflanzen, von Glykogen in der Leber der Tiere. Wir gelangen dadurch noch fernerhin zu einer wertvollen Einheitlichkeit auf dem nunmehr von der theoretischen Betrachtung der Fermente losgelösten biologischen Gebiet. Nach der Pasteur'schen Anschauung war Gärung identisch mit dem Stoffwechsel der Mikroben bis zu den niederen Pilzen inklusive; was aber berechtigt uns hier willkürlich eine Grenze zu ziehen? Wieso ist der Stoffwechsel der höheren Pilze nicht mehr Fermentwirkung, wieso nicht der der Algen und Moose? Oder gar der höherer Lebewesen? In der That ist in der Konsequenz dieser Anschauung von Green<sup>1)</sup> der Versuch gemacht worden, alle Fermentprozesse dem Lebensprozess im weiteren Sinne zuzuschreiben, womit auf jede dynamische Erklärung vorläufig verzichtet wird.

Wir aber ziehen die trennende Grenzlinie dort, wo sich die Vorgänge thermodynamisch an dem Unterschiede ihrer Energieumsetzungen differenzieren lassen: die biologische Betrachtung kommt erst an zweiter Stelle. Die Beziehungen aller Fermente zum Leben beschränken sich darauf, dass alle von lebenden Zellen erzeugt werden und mehr oder minder fest an ihnen haften, sowie auf die enorme Wichtigkeit, die die Fermente für die Zelle besitzen; wir vereinigen aber einerseits die Fermente aller Lebewesen vom Bakterium bis zum Menschen unter eine Kategorie, und sind dadurch in der Lage, nunmehr davon befreit auch die rein vitalen, nur durch die Energie der Zelle selbst ausführbaren, endothermalen Umwandlungen im Stoffwechsel aller Lebewesen zu einer zweiten Kategorie zu vereinigen.

So zerfällt die Gesamtheit der Energieumsetzungen aller Lebewesen in zwei parallel gehende, theoretisch von einander unabhängige, praktisch freilich bisweilen äußerlich ineinandergeflochtene Vorgangsreihen: die Aufspeicherung der von der Allmutter Sonne gelieferten Energie im endothermalen, rein vitalen, synthetisch-reduktiven Stoffwechsel und die Rückführung dieser Energie in den großen Kreislauf durch fermentative Prozesse exothermaler Natur.

Für unsere Betrachtungsweise ist es sehr unerheblich, ob die Fermente mehr oder minder fest an das Protoplasma gebunden sind; noch hat man nicht alle Fermente, die wir als solche auffassen dürfen, isoliert, z. B. das Milchsäureferment; aber selbst wenn dies auch in Zukunft nicht gelingen sollte, so würde es doch für unsere rein energetische Definition genügen, ein Agens für ein Ferment zu erklären, wenn seine Wirkung losgelöst von der vitalen Energie der Zelle vorgestellt werden kann, auch wenn sie nicht als solche demonstriert werden kann. Selbst wenn also Buchner's Zy-

---

1) Green, Ann. of botan. VII.

mase noch mit Protoplasmasplittern im Zusammenhang stünde, würde diese unsere Anschauung wenig beeinflusst.

Wir haben also durch unsere Definition die Möglichkeit erlangt, theoretisch scharf zwischen Fermentwirkungen und rein vitalen Umsetzungen zu unterscheiden; in der Praxis ergeben sich indessen einige Schwierigkeiten. Es giebt biologische Prozesse, bei denen wahrscheinlich echte Fermentprozesse hydrolytischer und oxydativer Natur so vielfach mit rein vitalen Reduktionen und Synthesen verflochten sind, dass es praktisch sehr schwierig ist, den Knoten zu entwirren. Dies gilt besonders von den Fäulnisprozessen der Eiweißkörper. Hier walten zweifellos auch einfache Enzyme, die man zum Teil sogar schon isoliert hat; daneben wirkt aber die vitale Energie der Bakterien so vielfach sekundär verändernd ein, dass ein klares Bild des Gesamtvorganges nicht zu erhalten ist.

Giebt uns so unsere einheitliche Auffassung der Fermentprozesse die Möglichkeit, das Gebiet dieses Problems scharf zu umgrenzen, so ist damit Grund gegeben für die Hoffnung, auch Einblick in das innere Wesen der Prozesse zu gewinnen. Noch sind wir davon freilich weit entfernt. Mag man auch die sehr geistvolle Naegeli'sche Hypothese acceptieren; sie giebt uns auch nur ein, allerdings sehr plausibles Bild von der Erscheinungsform dieser Vorgänge; ihr inneres Wesen, die Ursache dieser gesteigerten Intensität der Atomschwingungen kann sie uns auch nicht enthüllen.

Man ist vielfach zu der Annahme geneigt, dass die Fermente ganz analog wirken den katalytischen Stoffen der anorganischen Natur und unter diesen namentlich den verdünnten Säuren. Und in der That verlaufen vielfach die fermentativen Prozesse ganz analog den Säurespaltungen der betreffenden Substanzen, so namentlich die Einwirkung der sacharifizierenden Fermente auf die Stärke.

Indessen, abgesehen davon, dass diese Analogie nur bis zu den hydrolytisch wirkenden Fermenten reicht, die oxydativen dagegen nicht betrifft; es finden sich doch sehr gewichtige Unterschiede zwischen beiden Prozessen.

Außer Differenzen, welche sich im Verlaufe der Reaktion in Intensität und Geschwindigkeit physikalisch-chemisch konstatieren lassen (Tammann)<sup>1)</sup>, ist es namentlich die Spezifität der Fermentwirkung, welche einer einfachen Analogisierung beider Prozesse Halt gebietet.

Denn während die Säuren bei ihrer spaltenden Wirkung unter annähernd gleichen Bedingungen wahllos ebensowohl Proteide, wie Stärke und Glukoside angreifen, wirkt ein Ferment mit ganz bestimmter Eigenart nur auf eine ganz beschränkte Zahl von verwandten Stoffen: Diastase hat keinerlei Einwirkung auf Eiweißkörper und Glukoside, ebensowenig Pepsin auf Stärke etc. An einer spezifi-

1) Tammann, Z. f. physiolog. Ch. XVI.

sehen Auslese scheidet der Versuch, die Fermentwirkung einfach den katalytischen Kräften gleichzustellen.

Worauf beruht denn aber diese spezifische Wirkung? Emil Fischer ist es durch geniale Versuche gelungen, den ersten Lichtschimmer in dieses Dunkel zu werfen, und zwar dadurch, dass er die stereochemische Betrachtungsweise in dieser Frage anwandte. Dass der lebenden Zelle, und den „geformten“ Fermenten ein außerordentlich feines Unterscheidungsvermögen für sterische Verschiedenheiten innewohnt, ist schon seit den denkwürdigen Versuchen von Pasteur bekannt, der fand, dass Schimmelpilze aus racemischen Weinsäuregemischen nur die rechtsdrehende Form verzehren. Aehnlich ergab sich, dass sie aus racemischen Zuckergemischen etc. stets nur die d-Form bevorzugten. Ferner kannte man längst das eigenartige Verhalten der Hefe gegen die Zuckerarten. Von allen Zuckern sind überhaupt nur die mit 3, 6, 9 Kohlenstoffen gärfähig, und auch von diesen nur bestimmte Konfigurationen, und von diesen wiederum nur die d-Form! So gären von den Hexosen nur d-Glukose, d-Mannose, d-Galaktose und die linksdrehende d-Fruktose. Emil Fischer aber war es vorbehalten, auch für die Enzyme derartige stereochemische Empfindlichkeiten nachzuweisen. Erstens zeigte er, dass die Infuse der „kranken“ Hefe zwei Enzyme enthielten, von denen das eine die Maltose, das andere den Rohrzucker spaltet, die aber beide auf den Milchzucker, der sterisch von ihnen verschieden ist, nicht einwirken, dass hingegen dieser wieder nur von einem besonderen Enzym der Milchzuckerhefen, der Laktase gespalten wird. Besonders prägnant sind aber seine Versuche, die er mit seinen künstlichen Glukosiden anstellte.

Durch Kondensation von Zuckern mit Methylalkohol erhielt er Methylglukoside dieser Zucker und zwar in zwei stereoisomeren Formen, die er als  $\alpha$  und  $\beta$  bezeichnet. Auf diese ließ er nun Enzyme und zwar einerseits Hefeninfus (enthaltend Maltase und Invertase) und andererseits Emulsin einwirken. Es ergab sich dabei folgendes: die Glukoside der nicht gärfähigen Zucker wurden von beiden Enzymen nicht angegriffen; von den Glukosiden der gärfähigen Zucker wurde die  $\alpha$ -Reihe nur von dem Hefeninfus, die  $\beta$ -Reihe nur vom Emulsin gespalten; im Anschluss davon konnte er ferner zeigen, dass der vom Hefeninfus nicht spaltbare Milchzucker durch Emulsin angegriffen wurde.

Wir sehen also, dass durch diese Ergebnisse die Spezifität der Fermente als eine ungemein fein differenzierte erscheint. Andererseits wird sie aber dadurch auch in ganz bestimmter Richtung eingeschränkt. Dass die Fermente nicht in dem Sinne spezifisch wirken, dass sie ihre Thätigkeit ausschließlich auf einen Stoff von ganz bestimmter chemischer Individualität richten, kann man ja ohne weiteres

daraus erschließen, dass Pepsin z. B. alle die verschiedenen Eiweißkörper, Emulsin zahlreiche Glukoside spaltet. Es zeigt sich aber auch besonders prägnant in diesen Versuchen, bei denen die Hefenzyme und das Emulsin sich im stande erwiesen, künstlich hergestellte Stoffe, auf die sie also sicher nicht eingestellt sein konnten, zu spalten.

Es scheint also bei der spezifischen Fermentwirkung, die einerseits so streng die feinsten Unterschiede respektiert, andererseits ganz verschiedene Stoffe angreift, viel weniger auf das Vorhandensein von strukturellen Aehnlichkeiten, als auf das Vorhandensein ganz bestimmter sterischer Eigentümlichkeiten anzukommen, der wohl bestimmte Eigenarten im sterischen Bau des Fermentes entsprechen; und in diesem Sinne ist das berühmte Wort von Fischer von dem „Schlüssel“ Ferment, der zu dem „Schlosse“ Substrat passen muss, aufzufassen.

Wenn wir diesen Gedankengang weiter verfolgen, so drängt sich uns unwillkürlich ein Vergleich auf, den exakt zu verfolgen freilich unendlich schwierig und völlig verfrüht sein würde; nur als eine Ahnung dessen, was vielleicht kommen wird, schwebt er uns verlockend vor und ermuntert uns, diesen Gedanken Worte zu leihen: es ist der Vergleich der spezifischen Fermentwirkung mit der der bakteriellen Toxine und der ihnen verwandten pflanzlichen Toxalbumine. Den Lesern dieser Zeitschrift wird es erinnerlich sein, dass ich vor kurzem<sup>1)</sup> in wenigen Worten auf den Zusammenhang zwischen Toxinen und Fermenten hingewiesen habe. Er dokumentiert sich besonders in der Wirkung außerordentlich kleiner Mengen, in der Abweichung von dem normalen toxikologischen Verhalten, in der außerordentlichen Empfindlichkeit, z. B. gegen Säure und Wärme. Namentlich wird für das Tetanustoxin die Fermentnatur sehr energisch proklamiert<sup>2)</sup>.

Auch darin, dass die Wirkung beider Agentien so exquisit spezifisch ist, zeigt sich eine weitgehende Uebereinstimmung. Es ist darum außerordentlich verlockend, auch für die Art der spezifischen Wirkung Aehnlichkeiten anzunehmen. Bekanntlich erklärt Ehrlich die spezifische Wirkung der Toxine durch das Vorhandensein von haptophoren Gruppen, die sich in passende haptophore Gruppen der angegriffenen Zelle verankern und dadurch Gelegenheit finden, die Wirkungen ihrer toxophoren Gruppen auf die Zelle ausstrahlen zu lassen. Dürften wir uns vorstellen, dass die sterischen Angriffspunkte für die Fermente (das „Schloss“) und die sterisch-spezifischen Gruppen der Fermente selbst (der „Schlüssel“) in irgend einer Art den „haptophoren“ Gruppen verwandt sind, und dass die Fermente an Stelle der toxophoren eine „zymophore“ Gruppe tragen, die die chemische Spal-

1) Biol. Centralbl. 1899, 799.

2) Tizzoni und Cattani, Arch. ital. d. Biol. XIV.

tung der angegriffenen Substanz in ähnlicher Weise bewirkt, wie die toxophore die physiologische, so hätten wir eine handliche Vorstellung von dem spezifischen Wirken der Fermente. Und wie die krystalloiden, einfachen Gifte sich um keine spezifische haptophore Gruppe kümmern, sondern wahllos, resp. nur nach rein chemischen Gesetzen, die Zelle angreifen, so brauchten auch die „katalytisch“ wirkenden Substanzen, wie die Säuren, keine spezifischen Wirkungen mehr auszuüben. Und ferner, wie die toxophore Gruppe an sich nicht spezifisch zu sein braucht, sobald sie erst durch die haptophore der Zelle nahe gerückt ist, so brauchte auch die „zymophore“ Gruppe, sobald sie erst einmal fest an das zu fermentierende Substrat gebunden ist, nur noch die einfachen Funktionen einer Säure oder dergl. auszuüben und wir hätten dadurch das Mittel, thatsächlich die gesuchte Analogie zwischen den Fermentwirkungen und den einfachen katalytischen Prozessen zu konstatieren.

Indessen, so schön das alles klingen mag, noch haben wir kein Recht, diese Anschauung etwa mit dem Vollklang einer wissenschaftlichen Hypothese zu bezeichnen. Zu groß ist die Kluft, welche die Vorstellung von haptophoren Gruppen im Protoplasmaleib der Zelle von der solcher Gruppen in einfachen Stoffen, wie dem Rohrzucker, scheidet.

Doch giebt es einige Thatsachen, welche man wohl in diesem Sinne verwerten könnte. Zunächst haben die Fermente die Fähigkeit sich schon vor der Wirkung fest an ihre Substrate zu binden, so dass sie nicht mehr durch Wasser fortgewaschen werden können, wie dies besonders vom Pepsin gegenüber frischem Fibrin bekannt ist. Das könnte man im Sinne einer Bindung der haptophoren Gruppen verwerten. Ferner kann man für den Zusammenhang einer „zymophoren“ Gruppe mit Säuren die Thatsachen ins Treffen führen, dass alle Fermente am besten in sehr verdünnten Säuren wirken und einige, wie das Pepsin, sich auch mit Salzsäure zu einer lockeren Verbindung vereinigen.

Viel bedeutsamer aber ist die Erscheinung der spezifischen Bakteriolyse und Hämolyse, die ich am angegebenen Orte ausführlich geschildert habe. Hierbei entwickelt sich zur Abwehr des eingedrungenen protoplasmatischen Schädling's ein ganz spezifisch auf ihn eingestelltes proteolytisches Ferment, das mit seiner haptophoren Gruppe die haptophore Gruppe des Bakteriums oder des Erythrocyten ergreift und ihn durch seine zymophore Gruppe, das „Addiment“, zur Auflösung bringt. Hier, für diesen einen Fall, haben wir also thatsächlich die gesuchte Spezifität durch passende haptophore Gruppen. Indessen darf man diesen speziellen Fall nicht ohne weiteres verallgemeinern.

Eine andere Entdeckung, die die Beziehungen zwischen Fermenten und Toxinen von einer anderen Seite her beleuchtet, ist die Entdeckung eines spezifischen Antikörpers gegen das Labferment durch

Morgenroth<sup>1)</sup>. Genau in derselben Art, wie der Organismus sich der Toxine durch abgestoßene Seitenketten zu erwehren sucht, die die Antitoxine darstellen, so scheint er auch unter dem Einflusse des Fermentes Antikörper zu bilden, die, der Milch beigemischt, das Ferment, wenn wir bei jenem Bilde bleiben wollen, an seiner haptophoren Gruppe abfängt, und es hindert, seine spezifische Wirkung auf die Milch auszuüben.

Noch ein Wort zum Schluss. Es ist mir nicht möglich gewesen, die hier gebotene Anschauung, die wohl in der Durchführung einiges Neue enthält, wenn es auch gerade kein großes Verdienst sein mag, diese, ich möchte sagen, in der Luft liegenden Konsequenzen zu ziehen, in allen ihren Beziehungen in volles Licht zu rücken. Ich bin mir wohl bewusst, dass noch viele Fragen, die hier nur gestreift werden konnten, einer ausführlicheren Darstellung bedürfen, und hoffe, in einer umfangreicheren Arbeit darauf zurückkommen zu können. [30]

### L'année biologique.

Comptes rendus annuels des travaux de biologie générale, publié sous la direction de Yves Delage, professeur à la Sorbonne, avec la collaboration d'un comité de redacteurs. Secrétaire de la redaction Georges Poirault, docteur ès sciences. Paris. Librairie C. Reinwald, Schleicher frères, éditeurs.

Den Sammelwerken, welche in gedrängter Zusammenfassung die Fortschritte der Wissenschaft in einem Jahrbuch zusammenstellen und so manche schwer zugängliche Einzelabhandlung zugänglich machen, zugleich aber das Gesamtergebnis der Jahresarbeit übersichtlich vorlegen, hat sich jetzt auch dieses französische Unternehmen unter der Leitung des berühmten Biologen Yves Delage zugesellt. Vor uns liegen zur Zeit zwei stattliche Bände in gr. 8 von 731 und 808 Seiten, die Litteraturen der Jahre 1895 und 1896 umfassend. Die Liste der Mitarbeiter weist neben einigen Belgiern, französischen Schweizern, Amerikanern, Engländern und einem Italiener (Errera, Bologna), Franzosen und in Frankreich lebende Ausländer auf, darunter meist bekannte und allgemein geachtete Namen. In der ausführlichen Vorrede zum ersten Band setzt der Herausgeber Delage auseinander, dass es in dem neuen Sammelwerke hauptsächlich darauf abgesehen sei, die theoretischen Schlussfolgerungen aus den Einzelthatsachen zu ziehen, das, was er in seinem Werk: *La structure du Protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale* (Paris, C. Reinwald et comp., 1895) begonnen hat, fortzusetzen und die Fortschritte dieser Arbeiten zu registrieren und zu bewerten. Dementsprechend nehmen die Arbeiten über Morphologie der Zelle, Erbllichkeit u. dgl. den größten Raum ein. Die Art der Berichterstattung weicht etwas von der unsrer „Jahresberichte“ ab. Das Ganze ist in 20 Kapitel eingeteilt. Jedes Kapitel zerfällt in drei Abschnitte; der erste giebt eine möglichst gedrängte Uebersicht der wichtigsten, in dem Jahre veröffentlichten Fortschritte des betreffenden Gebiets, der zweite die Bibliographie, der dritte eine Analyse der einzelnen Abhandlungen, methodisch geordnet, während durch Zahlen auf die bibliographischen Angaben des zweiten Abschnitts hingewiesen ist. Ausgeschlossen bleiben alle rein deskriptiven, dem Zweck des Werks nicht dienenden Arbeiten. Alle Uebersichten und Analysen der Einzelarbeiten sind von ihren Verfassern unterzeichnet.

So ergänzt das neue Unternehmen in vieler Beziehung die vorhandenen Sammelwerke und wird den Forschern auf allen Gebieten der Biologie von Nutzen werden können. P. [16]

1) Morgenroth, Centralblatt f. Bakt. 26, 349 (1889).

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Oppenheimer Carl

Artikel/Article: [Versuch einer einheitlichen Betrachtungsweise der Fermentprozesse. 198-208](#)