

Enzyme und das Wesen der Enzymwirkung.

Referat von Otto Bürger-Kirn.

Der Begriff Enzym ist eng mit der Bezeichnung Katalysator verwandt. Man versteht unter Enzymen stickstoffhaltige, organische Körper, deren wässrige Lösungen auf gewisse andere Verbindungen spezifische Wirkungen ausüben, ohne sich dabei selbst zu verändern. Nach dem Vorschlage von Duclaux benennt man die Enzyme im allgemeinen nach dem betreffenden Stoff, der gespalten wird. Je nach den Reaktionen, die von den einzelnen Enzymen hervorgerufen werden, teilt man sie in Gruppen ein; diese Vorgänge können sein: Hydrolysen, Sauerstoffabgabe bzw. Oxydation, Spaltung, Gärung und andere¹⁾.

In der folgenden Tabelle seien einige Enzyme aufgeführt, gleichzeitig mit den Umwandlungen, die sie hervorrufen:

| Enzym | verwandelt | in |
|---|--|--|
| Esterasen | Ester | Fettsäuren und Alkohole |
| Amylasen und Amylopektinasen | Stärke, Glykogen | Maltose Dextrine |
| Maltase } Emulsin } Laktase } | α } Glukoside und β } Galatoside | Glukose, Galaktose + Zucker, Alkohol oder Phenolrest |
| Invertase | Fruktoside | Fruktose und Zuckerrest |
| Pepsin | Proteine | Albumose |
| Arginase | Arginin | Harnstoff + Ornithin |
| Urease | Harnstoff | CO ₂ + NH ₃ |
| Chymosin | Kasein | Parakasein und Molkeneiweiß |
| Milchsäurebakterien- zymase | Glukose | Milchsäure |
| Laktacidase | Milchsäure | Alkohol und Kohlensäure |
| Aldehydasen | Aldehyde | Säuren |
| Alkoholoxydase der Essigsäurebakterien ²⁾ | Alkohol | Essigsäure |

¹⁾ Man vergl. auch: Bürger, Was sind Enzyme? (Nat. Wochenschrift, 1913, No. 42). ²⁾ Zusammengestellt nach Prof. H. Euler: „Allgemeine Chemie der Enzyme“. Verlag J. F. Bergmann, Wiesbaden, 1910.

Da der Begriff Katalyse öfters vorkommt, und auch zur Erklärung der Enzymwirkung selbst mitbenutzt wird, soll hier zunächst darauf näher eingegangen werden.

Ein Katalysator ist ein Stoff, welcher ohne selbst durch die Reaktion verbraucht zu werden, die Geschwindigkeit ändert, mit welcher eine Reaktion ihre Gleichgewichtslage erreicht. Sauerstoff und Wasserstoff verbinden sich bei gewöhnlicher Temperatur so langsam, daß wir eine Bildung von Wasser nicht wahrnehmen können. Erhitzen wir jedoch das Gasgemisch oder lassen wir elektrische Funken durchschlagen, so findet eine merkliche Vereinigung der beiden Elemente statt. Aber auch schon die Gegenwart einer winzigen Menge fein verteilten Platins genügt, um bei Zimmertemperatur eine Vereinigung zu bewirken. Dies ist ein Beispiel für die vielen katalytischen Reaktionen, die wir kennen, und deren Zahl und Wichtigkeit von Tag zu Tag zunimmt. Spuren von Eisen und Mangan ermöglichen Oxydationen mit Wasserstoffsuperoxyd, eine ganz geringe Säuremenge hydrolysiert den Rohrzucker. Diese wenigen Beispiele aus der endlosen Kette der Katalysen mögen die Erscheinung an und für sich erklären.

Um nun die wesentlichen Merkmale einer Katalyse zu erkennen, wie sie bei Reaktionen auftreten, deren Agenzien eine bekannte chemische Zusammensetzung besitzen, teilen wir die Reaktionen in zwei Klassen: einmal in solche, die sich zwischen Ionen abspielen und die augenblicklich verlaufen (Schwefelsäure fällt sofort aus einem löslichen Bariumsalz das unlösliche Sulfat aus), andererseits in solche, die eine meßbare Zeit nötig haben, um ihr Endstadium zu erreichen (Hydrolyse des Rohrzuckers).

Nach unserer Erklärung ist aber ein Katalysator ein Stoff, der die Geschwindigkeit einer Reaktion ändert, sie also entweder beschleunigt, oder aber sie verzögert. Die angeführten Beispiele für katalytische Reaktionen beziehen sich auf Reaktionsbeschleunigungen. Ein Beispiel für den umgekehrten Fall, eine sog. „negative Katalyse“ ist z. B. die Hemmung der Phosphoroxydation durch eine Spur Aetherdampf.

Es dürfte vielleicht von Interesse sein, sich den katalytischen Vorgang symbolisch vor Augen zu führen. Wir lassen auf einer glatten Fläche eine Metallkugel hinabgleiten und zwar neigen wir die Ebene so, daß das Hinabgleiten der Kugel nur langsam erfolgt. Ebenso wie dieser Vorgang, so braucht auch jede chemische Reaktion eine gewisse Zeit zu ihrer Vollendung. Wollen wir die Fallgeschwindigkeit der Kugel erhöhen, so können wir dies etwa durch Oelen erreichen. In diesem Falle wäre also das Oel der Katalysator, der die Reaktion beschleunigt. Die Menge des verwendeten Oeles ist nicht gleichgiltig; sie ist innerhalb gewisser Grenzen der Fallgeschwindigkeit proportional. Dies ist eine allgemeine Eigenschaft der Katalysatoren. Eine andere Tatsache, die sich ergeben hat, ist, daß die Form der gebildeten

Energie wohl beeinflußt werden kann, der totale Energieumsatz durch die Gegenwart des Katalysators jedoch weder vermindert, noch vermehrt wird. Nur wenn eine Reaktion schon im Verlauf begriffen ist, kann ein Katalysator die Reaktionsgeschwindigkeit ändern, durch eine Katalyse wird also nie eine Reaktion in Gang gesetzt.

Läßt man der Reaktion genügend Zeit zu ihrer Vollendung, so ist es gleich, ob man eine geringere oder eine größere Menge des Katalysators dem Reaktionsgemisch zusetzt, vorausgesetzt natürlich, daß der Katalysator nicht vorher paralyisiert oder zerstört wurde. Der Grad der Reaktionsbeschleunigung ist, wie schon gesagt, der Konzentration des vorhandenen Katalysators proportional. Trotz dieses Gesetzes müssen wir darüber erstaunt sein, wie geringe Mengen eines Katalysators noch dazu imstande sind, eine merkliche Wirkung zu erzeugen. Nach Bredig und v. Berneck ist kolloides Platin imstande, auf eine Menge Wasserstoffsperoxyd einzuwirken, die 1000 000 fach so groß ist, wie das eigene Gewicht.

Bei der Definition des Begriffs Katalysator sprachen wir von der Geschwindigkeit, mit der die Reaktion ihre Gleichgewichtslage erreicht. Wird nun aber die Lage dieses Gleichgewichtes irgendwie dadurch beeinflußt, daß es unter Einwirkung eines Katalysators erreicht wurde? Die Antwort lautet nein. Eine Gleichgewichtsverschiebung könnte nur durch Aenderung der Energiezufuhr erfolgen. Da jedoch in der Energiezufuhr, wie wir gesehen haben, keine Aenderung eintritt, so müssen wir schließen, daß die Gleichgewichtslage unabhängig von der Natur des Katalysators ist. Aendert sich dagegen während der Reaktion der Katalysator, sei es nun in physikalischer oder chemischer Hinsicht, so kann natürlich von einem gleichbleibenden Gleichgewicht keine Rede mehr sein, da er Energie verbraucht oder abgegeben hat. Dasselbe gilt auch bei einer intermediären Bindung zwischen Katalysator und Substrat, von der später noch die Rede sein soll.

Eine große Anzahl katalytischer Reaktionen ist auf die Bildung von Zwischenprodukten zurückzuführen. Nach Ostwald ist die Summe der Geschwindigkeiten jener Zwischenreaktionen immer größer als die Geschwindigkeit der nicht katalysierten Reaktion, wenn es sich überhaupt um eine Katalyse mit Bindung von Katalysator und Substrat handelt. Die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen Jodwasserstoffsäure und Wasserstoffsperoxyd wird bedeutend gesteigert, wenn als Katalysator Molybdänsäure zugesetzt wird. Dies ist nach Brode eine katalytische Reaktion mit intermediärer Bindung, es konnten nämlich als Zwischenprodukte eine Reihe von Permolybdänsäuren nachgewiesen werden.

Als man schon frühzeitig aus dem lebenden Organismus den Katalysatoren sehr ähnliche Stoffe hergestellt hatte, wie

z. B. 1833 die Diastase, nannte man diese Körper Fermente und unterschied nach Pasteur 2 verschiedene Gruppen: Diastase und ähnliche Fermente nannte man lösliche oder unorganische Fermente, während man z. B. Hefe ein „organisches Ferment“ nannte.

Diese Bezeichnungsart führte jedoch zu mancherlei Verwirrung, die Kühne veranlaßte, einen neuen Namen, Enzym, einzuführen.

Seine Ausführungen in „Untersuchungen aus dem physiol. Institut der Universität Heidelberg“ I, 1878, S. 293 lauten¹⁾:

„Die Bezeichnungen, geformte und ungeformte Fermente, haben, wie bekannt, allgemeine Zustimmung nicht erwerben können, da von der einen Seite erklärt wurde, man könne chemische Körper, wie das Ptyalin, das Pepsin usw., nicht Fermente nennen, da der Name schon an Hefezellen und anderen Organismen vergeben sei (Brücke), während von der anderen Seite gesagt wurde, Hefezellen könnten kein Ferment sein und heißen, weil man dann alle Organismen, mit Einschluß des Menschen, dazu mache (Hoppe-Seyler). Ohne weiter untersuchen zu wollen, weshalb der Name von so entgegengesetzten Seiten solchen Anstoß erregt, habe ich zunächst aus dem bloßen Widerspruche Anlaß genommen, einen neuen vorzuschlagen, indem ich mir erlaubte, einige besser bekannte, von manchen als ungeformte Fermente bezeichnete Substanzen Enzyme zu nennen. Damit war an sich keine bestimmte Hypothese verbunden, sondern nur gesagt, das ἐν ζύμῃ etwas (in der Hefe) vorkomme, das diese oder jene zu den fermentativen gerechnete Wirkung habe, aber indem ich den Ausdruck nicht auf das Invertin der Hefe einschränkte, gesagt, daß verwickeltere Organismen, aus denen die Enzyme: Pepsin, Trypsin usw. zu gewinnen sind, nicht so grundsätzlich von den einzelligen verschieden seien, wie es sich z. B. Hoppe-Seyler zu denken scheint“.

Nach dieser Bezeichnungsweise definieren wir also Enzyme als durch lebende Organismen hervorgebrachte Katalysatoren. Wie wir oben gesehen haben, gibt es nur zwei Eigenschaften, die allen Katalysatoren gemeinsam sind, einmal ändern sie die Geschwindigkeit einer in Gang befindlichen Reaktion, ohne jedoch, andererseits, in die Endprodukte der Reaktion einzutreten. Wenn nun unsere Definition richtig ist, müssen die Enzyme ebenfalls diese Eigenschaften besitzen. Auf den Beweis hier einzugehen, würde mich zu weit führen. Auch bei den Enzymen genügen winzige Spuren, um eine Katalyse zu beschleunigen. Invertase kann nach O'Sullivan und Tompson ihr 200.000faches Gewicht Saccharose hydrolysieren; Labferment vermag nach Hammarsten sein 400.000faches Gewicht Kasein in Milch zur Gerinnung zu bringen.

¹⁾ Man vergl. W. M. Bayliß: Das Wesen der Enzymwirkung, deutsch von K. Schorr. (Th. Steinkopff, Dresden, 1910).

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Enzyme.

werden hauptsächlich durch ihre kolloide Natur gekennzeichnet. Enzyme besitzen daher die Fähigkeit, Bestandteile der Lösung, aus der sie ausgefällt werden, durch Adsorption mitzureißen. Es kommt hier das Gesetz zur Anwendung: Wenn die Oberflächenspannung einer Lösung mit steigender Konzentration abnimmt, so reichert sich der gelöste Stoff in der Oberfläche an, wenn umgekehrt die Oberflächenspannung einer Lösung mit steigender Konzentration zunimmt, so ist die Konzentration in der Oberfläche geringer als im Innern. Ein gelöster Stoff wird also adsorbiert, wenn er die Oberflächenspannung erniedrigt. Die Enzyme scheinen nicht die gleiche chemische Struktur zu besitzen und es liegen keine Anhaltspunkte vor, anzunehmen, die Enzyme seien Eiweißkörper, auch spricht nichts dafür, daß alle Enzyme einer einzigen Körperklasse angehören. Einige scheinen allerdings einer in der Chemie bisher unbekanntem Klasse von Stoffen anzugehören, die Stickstoff und Kohlehydrat in ihren Molekülen enthalten. Andererseits existiert aber auch keine Tatsache, welche bestimmt den Eiweißcharakter irgend eines der hydrolysierenden Enzyme ausschließt. Es sind daher alles mehr Vermutungen als Tatsachen, was man über die chemische Natur der Enzyme sagen kann. Da, jedoch die anorganischen Katalysatoren Stoffe von genau definierter chemischer Zusammensetzung sind, so liegt die Annahme nahe, auch die organischen Enzyme als Körper von bestimmter chemischer Zusammensetzung anzusehen, es sei denn, daß der Beweis fürs Gegenteil erbracht würde.

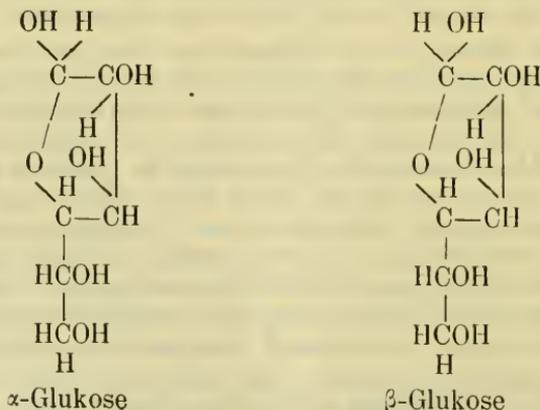
Zum Unterschied von den anorganischen Katalysatoren werden Enzyme bei Temperaturen von etwa 100° zerstört. Dies scheint eine Folge der kolloiden Natur dieser Stoffe zu sein und stellt ein oft angewandtes Hilfsmittel dar, um zu entscheiden, ob es sich um ein Enzym oder einen Katalysator handelt.

Von den Methoden der Darstellung von Enzymen hatte ich die von Buchner zur Herstellung der Zymase schon in der vorigen Arbeit beschrieben. Eine andere von Wiechowski sei hier noch kurz beschrieben, die besonders bei lebenden Geweben wertvoll ist. Man verwandelt das Gewebe in eine fein gehackte Masse und preßt es durch ein feines Sieb. Dann breitet man die Masse in dünnen Schichten auf Glasplatten aus und trocknet im Luftstrome. Das erhaltene trockene Häutchen wird abgekratzt und unter Toluol fein zermahlen. Diese feine Suspension wird mit Toluol gewaschen. Nach dem Abdampfen bleibt dann ein feiner Staub zurück, den man zur gelegentlichen Benutzung aufbewahren kann. Bei Bedarf braucht man nur, entsprechend der Löslichkeit des Enzyms, diesen Staub zu ex-

trahieren. Enthält die Enzymlösung noch andere Stoffe, wie z. B. Eiweiß, so muß man natürlich für deren Beseitigung Sorge tragen.

1898 sprach van't Hoff die Vermutung aus, Enzyme könnten auch chemische Synthesen ausführen, bzw. beschleunigen. Diese Vermutung wurde in den verflossenen Jahren durch zahlreiche Versuche bewiesen. Croft Hill beobachtete im gleichen Jahre eine synthetische Wirkung der Hefemaltase. Wirkt Hefemaltase monatelang auf eine 40%ige Glukoselösung bei 30° ein, so wird ihr Reduktions- und Drehungsvermögen im Sinne einer Maltosebildung geändert. Wie jedoch Emmerling nachwies, beruht die beobachtete Wirkung nicht auf der Bildung von Maltose, sondern von Isomaltose und dextrinartigen Produkten. Isomaltose wird, auch durch Maltase, nicht weiter gespalten. Aehnlich synthetisiert Kefirlaktase wie E. Fischer und E. F. Armstrong beobachteten, aus Galaktose und Glukose nicht Laktose, sondern Isolaktose, die durch Kefirlaktase nicht zerlegt wird. Emulsin verhält sich Maltose gegenüber umgekehrt wie Maltase; es spaltet Isomaltose, aber synthetisiert Glukose zu Maltose. Diese Versuchsergebnisse verallgemeinerte Armstrong dahin, daß „Enzyme gerade diejenigen Moleküle aufbauen, welche sie nicht zu spalten vermögen“. Ist diese Behauptung richtig, so muß man annehmen, daß diejenigen Enzyme, welche ein chemisches Gleichgewicht von beiden Seiten aus herstellen, Gemische eines synthetisierenden und eines hydrolysierenden Enzymes darstellen.

Bei der Hydrolyse des Rohrzuckers entsteht eine d-Glukose, die von Tanret als α -Glukose bezeichnet wurde. Diese d-Glukose geht allmählich in die ϵ -Glukose über, die ein Gleichgewicht zwischen der α -Glukose und der optisch isomeren Form, der β -Glukose, darstellt. Die beiden Körper unterscheiden sich bekanntlich durch die Stellung von H und OH in der endständigen Aldehydgruppe, wie die beiden Strukturformeln zeigen.



Nach Tanret sind in einer 10%igen Glukoselösung, in der Gleichgewicht herrscht, 3·7% α -Glukose und 6·3% β -Glukose vorhanden. Eine Lösung von Glukose in Methylalkohol bildet zwei Methylglukoside. In jeder Hefe, die Maltose fermentiert, ist nun, wie Fischer gezeigt hat, ein Enzym vorhanden, das Maltose hydrolisiert, dieses Enzym ist die Maltase. Die Maltase vermag das α -Methylglukosid, aber nicht die β -Form zu hydrolysieren, während umgekehrt das Emulsin das α -Glukosid nicht angreift und das β -Glukosid mit Leichtigkeit hydrolysiert. Maltose erscheint also seiner Struktur nach als α -Glukosid, während die natürlichen Glukoside (z. B. das Salizin) β -Glukoside sind.

Außer diesen enzymatischen Synthesen sind uns noch andere bekannt.

Durch Pankreaslipase entsteht aus Buttersäure und Aethylalkohol Aethylbutyrat. Salicin wird aus Saligenin und Glukose durch Emulsin synthetisiert. Im Hefepreßsaft (Zymase) bildet sich aus Zucker Glykogen (Cremer). Danilewski stellte fest, daß Labferment in konzentrierten Lösungen von Wittepepton eigentümliche Eiweißniederschläge hervorruft, die bei allen Albumosen stattfinden. Auch Aminosäuren können nach Lawrow koaguliert werden. Dieser Vorgang ist die sogenannte »Plasteinbildung«.

Die Aufgabe der Enzyme besteht ja, wie wir eingangs gesagt haben darin, die Geschwindigkeit zu ändern, mit der eine Reaktion vor sich geht. Es sind daher vor allem auch die Faktoren erforscht worden, von denen die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmt wird.

Nach dem Massenwirkungsgesetz verläuft jede Reaktion mit einer Geschwindigkeit, die der Anzahl der reagierenden Moleküle proportional ist, da doch die Zusammenstöße der einzelnen Moleküle abhängig sind von der Konzentration der Lösung, in welcher die Reaktion vor sich geht. Die Schnelligkeit der Konzentrationsänderung ist proportional der Menge der noch unzersetzt gebliebenen Substanz. Werden x g Zucker in der Zeit t invertiert, so wäre die durchschnittliche Inversionsgeschwindigkeit in dieser Zeit gleich $\frac{x}{t}$; oder wenn K eine Konstante und C die Konzentration bedeutet, so ist

$$\frac{x}{t} = K \cdot C.$$

Dabei muß so kurz gewählt sein, daß die Konzentration für diese Zeit gleich bleibt, es muß also ein Differential der Zeit in Betracht gezogen werden, daher lautet in der Sprache der Differentialrechnung jetzt die Gleichung:

$$\frac{dx}{dt} = K \cdot C$$

x und C sind proportional, können also gegenseitig ersetzt werden

und es folgt, wenn wir die Abnahme der Konzentration durch ein Minuszeichen andeuten:

$$-\frac{dC}{dt} = K \cdot C$$

Diese Gleichung drückt eine sogenannte „unimolekulare“ Reaktion aus. K heißt dabei die Reaktions-Konstante, die ihren Wert immer beibehält.

Durch Addieren (hier integrieren) dieser unimolekularen Reaktionen erhalten wir eine Gleichung für die Reaktionskonstante, die am praktischsten in folgender Form geschrieben wird:

$$K = \frac{1}{t_2 - t_1} \log \text{nat} \frac{C_1}{C_2}$$

wobei K die Geschwindigkeitskonstante, C_1 und C_2 die jeweiligen Konzentrationen des Substrates in den Zeiten t_1 und t_2 (vom Anfang der Reaktion an gerechnet) bedeuten.

Ist t die Zeit, die seit dem Beginn der Reaktion verflissen ist, x die Menge der in dieser Zeit gebildeten Produkte und $a-x$ die Endkonzentration, so ist

$$K = \frac{1}{t} \log \text{nat} \frac{a}{a-x}$$

Diese Formeln mögen zeigen, wie man in der biologischen Wissenschaft durch mathematisch geformte Gesetze sich eine Uebersicht verschafft, aus der man ersehen kann, ob alle Faktoren in Rechnung gesetzt wurden.

Wird ein Ester von Wasser hydrolysiert, so verläuft die Reaktion zumeist sehr langsam, wird aber in dem Maße, wie die Konzentration der gebildeten freien Säure zunimmt, sehr beschleunigt. Ostwald hat diesen Vorgang mit dem Namen „Autokatalyse“ belegt. Verschwindet im Verlaufe der Reaktion der Katalysator, so handelt es sich um eine negative Autokatalyse.

Die Faktoren, welche die Reaktionsgeschwindigkeit einer Enzymlösung beeinflussen, sind etwa folgende:

A. Verzögerung erfolgt durch:

1. Reversibilität (Gleichgewichtsänderung).
2. Verbindung des Enzyms mit dem Substrat.
3. Negative Autokatalyse.
4. Zerstörung der Enzymeigenschaften.

B. Beschleunigung erfolgt durch:

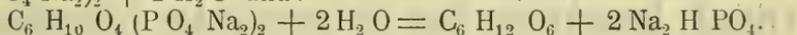
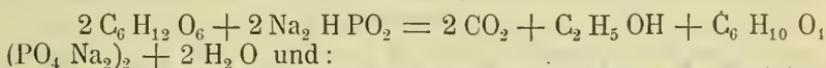
1. Wie A 2, wenn ein verhältnismäßig großer Ueberschuß des Substrates vorhanden ist.
2. Positive Autokatalyse.

Soll ein Enzym seine Aktivität entfalten, so muß es vorher irgend eine Bindung mit dem Substrat eingehen. Da die Enzyme kolloide Körper darstellen, sind sie besonders geneigt, sogenannte „Adsorptionsverbindungen“ zu bilden.

Von größerer und allgemeinerer Bedeutung für das Zustandekommen enzymatischer Reaktionen, als man bis vor kur-

zum angenommenen hatte, sind die sogenannten Aktivatoren oder Ko-Enzyme. Magnus unterwarf einen Leberextrakt der Dialyse, dabei verlor dieser nach und nach seine anfängliche lipolytische Fähigkeit, die er jedoch wieder gewann, sobald das Dialysat wieder hinzugefügt wurde. Der dialysierte inaktive Extrakt konnte auch durch Vermischen mit gekochtem Leberextrakt wieder aktiv gemacht werden. Der Teil, der bei der Dialyse nicht herausdiffundierte, wurde durch Kochen zerstört, kann also als das eigenliche Enzym betrachtet werden. Der dialysable Stoff dagegen heißt „Koenzym“. Bertrand beobachtete eine vermehrte Oxydationskraft der Laccase beim Zusatz von geringen Mengen Mangansalzen und verwandte hierbei zum ersten Male den Namen „Koenzym“ oder „Koferment“, obgleich wir es hier eher mit einem sog. „Accelerator“ zu tun haben. Auch für das Enzym des Hefepreßsaftes konnten Harden und Young ein koenzymatisches Verwandtschaftsverhältnis feststellen. Filtriert man Hefesaft durch ein Martinsches Gelatinefilter, so erhält man eine Substanz, die, obgleich sie die Zymase enthält, inaktiv ist. Bringt man nun einen Teil des Filtrates (das für sich allein ebenfalls inaktiv ist) zu dem Enzym, so findet eine starke Fermentation statt, wobei jedoch vorausgesetzt ist, daß das Filtrat auch anorganische Phosphate gelöst enthält, die gleichfalls als Koenzym wirken. Die Natur des andern Koenzym ist uns bis jetzt noch unbekannt.

Unter dem Einfluß dieses „Enzymsystems“ gehen also, in der Formelsprache ausgedrückt, folgende Umsetzungen vor sich:



Aehnlich wie man durch Einspritzen von Toxinen in den lebenden Organismus Antitoxine erhält, so bildet der Organismus auch sogenannte Antienzyme als Schutzmittel gegen körperfremde Enzyme. Aber auch das normale Serum enthält Substanzen, welche z. B. die Trypsinwirkung mehr oder weniger vollständig aufheben; da es nach den bis jetzt bekannten Tatsachen nicht wahrscheinlich ist, daß diese Körper von den eigentlichen Antienzymen wesentlich verschieden sind, so kann man sie ebenfalls unter die Antienzyme rechnen. Das Blut enthält normalerweise einige Antienzyme, so Antitrypsin und Antilab; andere können durch subkutane Injektion von Enzymen erhalten werden. (So hergestellt wurden die Antikörper von Lipase, Emulsin, Amylase, Pepsin, Papain und Urease.)

Wie verschieden hohe Temperaturen auf Enzymreaktionen einwirken, wurde oben erwähnt. Auch verschiedenartige Bestrahlung äußert sich in verschiedener Weise. Zwar scheinen die Enzyme keine so hohe Lichtempfindlichkeit zu besitzen wie die Toxine. Strahlen der Wellenlänge 280 μ . schwächen Trypsin,

Diastase und Labferment, allerdings erfordern die Enzyme zu ihrer Zerstörung eine bedeutend längere Zeit als die Toxine. Wie Jamada und Jodlbauer fanden, schädigen die durch Glas durchtretenden Sonnenstrahlen Invertase, aber ausgesprochen nur dann, wenn Sauerstoff zugegen ist. Stärker hemmend als gewöhnliche Strahlen wirken ultraviolette Strahlen. So fand R. Green, daß Diastase durch ultraviolette Strahlen zerstört wird, während sichtbare Strahlen im Gegenteil dieses Enzym aktivieren. Von Röntgenstrahlen werden Enzyme nicht geschwächt, während Radiumstrahlen und Radiumemanation nicht immer ohne Einfluß auf Enzyme sind.

Experimentelle Ergebnisse über den Verlauf enzymatischer Reaktionen anzugeben, dürfte sich aus dem Grunde nicht empfehlen, da dies doch lediglich nur ein Aufzählen und Aneinanderreihen von Zahlen sein würde, die nicht von allgemeinem Interesse sind.

Zum Schlusse seien hier der Tabakfermentation einige Worte gewidmet. Diese Tabakfermentation ist ein Gärungsprozeß, der an Feuchtigkeit und Wärme gebunden ist und Farbe sowohl wie Geschmack des Tabaks entscheidend beeinflußt; und zwar geben schnelle Fermentation bei großer Feuchtigkeit und Wärme dunklen Tabak, während man durch langsame Fermentation helle Tabake erzielt. Worauf dieser für die Tabakindustrie so wichtige Prozeß beruht, ist bis heute noch nicht festgestellt, jedoch kann man vermuten, daß wir es auch hier mit einer Enzymwirkung zu tun haben.

Kritische Bemerkungen über die europäischen Lebermoose.

Mit Bezug auf die Exemplare des Exsiccatenwerkes:

Hepaticae europaeae exsiccatae.

XI. Serie.

Von Victor Schiffner (Wien).

Vorwort:

Mit dieser XI. Serie beginnt die Vorlage der Trigonanthae mit Ausnahme der Cephaloziellaceae, die erst nach Beendigung einer monographischen Bearbeitung in den Hep. eur. exs. ausgegeben werden sollen. Die vorliegende Serie enthält nur Arten der großen und schwierigen Gattung Cephalozia (Eucephalozia im Sinne von Spruce), den Schluß derselben wird die nächste Serie bringen. Diese Reihe ist sehr wertvoll, weil sie manche der kritischen Formen in Original-Exemplaren oder vom Original-Standorte bringt und wegen ihrer großen Vollständigkeit; es fehlen nur folgende zwei Arten: *C. affinis* Lindb. und *C. lacinulata* Jack. Die übrigen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [62](#)

Autor(en)/Author(s): Bürger-Kirn Otto

Artikel/Article: [Enzyme und das Wesen der Enzymwirkung 181-190](#)