© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ueber die Wirkungen der Katalysatoren.

Von **Rudolf Höber.**

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Zürich).

Das Problem des dynamischen Gleichgewichts im lebenden Protoplasma steht allem Anschein nach in engem Zusammenhange mit dem Problem der Wirkungsweise der organischen Katalysatoren, das infolge der zahlreichen schönen Untersuchungen der letzten Zeit, die sich mit katalytischen Prozessen befassen, mit Recht wieder mehr und mehr die Biologen fesselt. Gelingt es doch, vor Allem durch quantitative Messungen des Ablaufs der Fermentreaktionen, diese Vorgänge von dem mystischen Nebel zu befreien, der sie in Gestalt mancher phantastischer Spekulationen über ihre Wirkung, wie z. B. Liebig's Kontakthypothese und Naegeli's Erklärung durch Atomschwingungen, einhüllte und für Viele als ein einstweilen unlösbares Rätsel erscheinen ließ. Und dazu kommt noch, daß fast jeder Monat die Zahl der uns bekannten ungeformten Fermente, der Enzyme, um einige vergrößert, deren Bethätigungsart immer mehr der Vorstellung Bahn bricht, dass nicht nur jede typische Stoffwechselreaktion ihren eigenen Katalysator hat, sondern dass auch das ganze Hin und Her chemischer Vorgänge im Protoplasma, Zerfall und Aufbau, derart durch die verschiedenen Katalysatoren geregelt und abgestuft wird, dass daraus gerade das resultiert, was man das dynamische Gleichgewicht in protoplasmatischen Systemen nennen kann, nämlich die relative Konstanz der Zusammensetzung trotz allen Wechsels an reagierenden Stoffen.

Denn es ist ein Irrtum, dessen fünfzig Jahre alte, festgewachsene Wurzeln bisher nur schwer auszurotten sind, dass durch die Fermente „der Atomverband in den Molekülen" immer nur gelockert wird; es giebt ebensogut Fermente, die synthetische Prozesse begünstigen, ja sogar Fermente — und im Prinzip wirken sogar, wie wir später sehen werden, alle Fermente in der Art — die Beides, Destruktion und Restitution bewirken. Es kann darum für das Verständnis der Lebensvorgänge im Protoplasma nicht förderlich sein, wenn man diese beiden Seiten des Stoffwechsels scharf von einander scheidet und die Fermentprozesse einheitlich aufzufassen meint, wenn man sie, wie es neulich Oppenheimer[1]) gethan hat, den synthetischen gegenüberstellt, die durch ihr unlösbares Verbundensein mit dem lebenden Protoplasma selbst charakterisiert sein sollen.

Einstweilen von sekundärer Bedeutung ist es, wenn man sich heute meist die Fermentreaktion durch die willkürliche Annahme anschaulich zu machen sucht, dass die Fermente „die Lockerung des Atomverbandes" durch direkte Beteiligung an der Reaktion, also durch Ver-

1) „Versuche einer einheitl. Betrachtungsweise der Fermentprozesse". Biol. Centralbl. 20, 198. 1900.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bindung mit dem spaltbaren Körper, durch Vermittlung schnell verlaufender Zwischenreaktionen herbeiführen. Indessen vergessen viele, dass es sich dabei bloß um eine bildliche Umschreibung der Vorgänge handelt; denn es ist noch in keinem einzigen Fall der einwandsfreie Nachweis geführt worden, dass das Ferment an der Reaktion teilnimmt Eines dagegen steht fest und darin liegt die Bedeutung und das Eigentümliche der Fermentwirkung: die chemischen Reaktionen verlaufen in Gegenwart der zugehörigen Katalysatoren rascher als ohne sie. Das setzt voraus und lässt sich fast stets experimentell leicht nachweisen, dass die Reaktionen schon an und für sich, ohne Beihilfe des Katalysators, vor sich gehen, nur viel langsamer. Ein Beispiel wird ohne Weiteres das Verhalten verständlich machen: in Wasser gelöster Rohrzucker wird sowohl durch Diastase wie durch Säure in gleicher Weise leicht „gespalten" in Dextrose und Lävulose; die H-Jonen der Säure vertreten vollkommen die Diastase. Die Katalyse durch Säure, wie überhaupt jeder chemische Prozess geht noch rascher vor sich beim Erwärmen. Aber die „Spaltung" erfolgt bekanntlich auch allein durch längeres Erhitzen der rein wässerigen, unangesäuerten Lösung, nur viel langsamer, und enorm langsam schließlich auch in Wasser von gewöhnlicher Temperatur. Der Katalysator beschleunigt[1]) also nur eine Reaktion, die an und für sich schon allein vor sich geht, und führt sie auch nicht weiter, als sie ohne ihn verlaufen würde, d. h. in unserem Fall bis zum praktisch vollständigen Verschwinden des Rohrzuckers.

Nun giebt es aber eine große Zahl von chemischen Reaktionen, die zum Stillstand gelangen, bevor die reagierenden Stoffe verbraucht sind; mischt man z. B. 1 Mol Alkohol mit 1 Mol Essigsäure, so entstehen nur $^2/_3$ Mole Aethylacetat und $^2/_3$ Mole Wasser, die Restdrittel der Mole von Alkohol und Essigsäure bleiben ungespalten, und genau dasselbe Gleichgewicht stellt sich ein, wenn man von 1 Mol Aethylacetat und 1 Mol Wasser ausgeht. Offenbar verläuft also die Reaktion $C_2H_5.OH + CH_3COOH \rightleftarrows C_2H_5COO.CH_3 + H_2O$ in dem einen Sinn der Reaktionsgleichung ebenso gut wie im anderen, und sie kommt allgemein bei beliebigen Mengenverhältnissen immer zum Stillstand dann, wenn das Verhältnis der Konzentrationen der reagierenden Bestandteile zu denen der entstehenden Bestandteile ein bestimmtes konstantes geworden ist. Die entstehenden Bestandteile wirken in dem Vorgang der Reaktion fortwährend entgegen, und umsomehr, je mehr von ihnen sich schon gebildet hat; das geht daraus hervor, dass die Reaktion mit der Annäherung an den Gleichgewichtszustand immer mehr sich verlangsamt. Es ist also, als ob die Reaktion zu gleicher Zeit in doppeltem Sinne abliefe; nur dass im Anfang der Vorgang im einen Sinne bei

1) Es sind auch einige Fälle von Verlangsamung, also negativer Beschleunigung bekannt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Weitem überwiegt, dann immer weniger und weniger, bis schließlich, wenn das Gleichgewicht erreicht ist, jeder Verlauf dem anderen an Stärke gleichkommt.

Im Prinzip stellt sich aber auch bei den scheinbar vollständig und einseitig verlaufenden Reaktionen ebensolch ein Gleichgewicht her, nur dass der Rest der ursprünglichen, reagierenden Bestandteile in diesen Fällen ein minimaler ist, der sich der direkten Analyse entzieht, wie z. B. der Rohrzucker nach Beendigung der Inversion durch Säure.

Das konstante Verhältnis der Konzentrationen, die sogenannte Gleichgewichtskonstante hat im Allgemeinen einen verschiedenen Wert für verschiedene Temperaturen; mit anderen Worten: das Gleichgewicht kann durch Temperaturerhöhung oder -erniedrigung im einen oder anderen Sinne der Reaktionsgleichung verschoben werden, und es ist ein allgemeines Gesetz, dass, wenn die Umsetzung unter Wärmetönung abläuft, eine Temperaturerhöhung die endotherme Reaktion begünstigt, eine Temperaturerniedrigung die exotherme. Ein besonders augenfälliges Verhalten in dieser Hinsicht zeigt die Reaktion:

$$TlCl + KCNS \rightleftarrows KCl + TlCNS.$$

Je nach Konzentration der Lösung und Temperatur verläuft sie praktisch vollständig, d. h. bis zum Verbrauch der Reaktionsstoffe entweder in dem durch den oberen oder in dem durch den unteren Pfeil angedeuteten Sinn der Gleichung.

Früher bevor die Bedeutung der Berthollet'schen Entdeckung, dass für den chemischen Vorgang nicht blos die Art der reagierenden Bestandteile, sondern auch ihre Konzentration in Betracht kommt, erkannt war, war man der Meinung, dass von selbst verlaufende Reaktionen, d. h. Reaktionen, zu deren Zustandekommen es keiner Energiezufuhr bedarf, immer unter Wärmeentwicklung, also exotherm verlaufen. Die Ansicht ist aber als irrig erkannt; es giebt eine ganze Menge Reaktionen, die sich von selbst und endotherm abspielen, wie z. B. die Bildung von Cyan aus Kohlenstoff und Stickstoff, von Acetylen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, die Spaltung von Salmiak in Salzsäuregas und Ammoniak, und wenn auch aus mehreren Gründen die größere Zahl der Reaktionen unter Wärmeentwicklung verläuft, so ist doch der Versuch, die Regel zu einem allgemeinen Gesetz (Berthelot's principe du travail maximum) zu erheben, heute als gescheitert anzusehen. Jede deutlich umkehrbare Reaktion, wie die eben genannte zwischen Thalliumchlorür und Kaliumrhodanid widerspricht ja dem Gesetz; denn geht sie in einem Sinne exotherm vor sich, so muss sie im anderen endotherm verlaufen. Es ist also auch unberechtigt, einen Vorgang deshalb für einen exothermen Prozess zu erklären, weil dabei „ein labiles Gleichgewicht der Atome eines Moleküles zusammenstürzt unter Bildung eines neuen stabilen Gleichgewichtes"; und „alle exothermen Reaktionen im Organismus, nämlich die einfache hydrolytische Spaltung und die oxy-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dativen Vorgänge als Fermentprozesse streng von den Reaktionen und Synthesen, als endothermen Vorgängen zu trennen."[1]) Denn Spaltungen und Synthesen können exotherm und endotherm stattfinden, und Spaltungen und Synthesen können den Uebergang ins stabile Gleichgewicht darstellen. Das endotherm gebildete Cyan z. B. stellt gegenüber dem Gemisch von Kohlenstoff und Stickstoff den stabilen Zustand dar. Die einzige Bedingung für die Möglichkeit eines freiwilligen Ablaufs einer Reaktion ist vielmehr die, dass in dem System freie, arbeitsfähige, umwandelbare Energie vorhanden ist, die bei dem Uebergang ins stabile Gleichgewicht wohl in thermische, aber auch in elektrische, in Oberflächen-, in mechanische oder sonst eine Energie umgewandelt werden kann. Jedenfalls ist der thermische Effekt einer Reaktion gar kein Maaß für die Entfernung des Systems vom Gleichgewicht und für seinen Energieinhalt.[2])

Soviel von der Reaktionskinetik und dem chemischen Gleichgewicht. Aus den Betrachtungen geht hervor, dass im Prinzip jede Reaktion umkehrbar ist, dass die Umkehrbarkeit vielfach nachweisbar ist und dass vielfache Uebergänge zwischen den umkehrbaren und den nicht umkehrbaren Reaktionen denkbar und auch nachweisbar[3]) sind, endlich, dass durch Aenderungen am System, z. B. Temperaturänderung, sowohl der exotherme wie der endotherme Prozess begünstigt werden kann.

Kehren wir nun zu der Frage zurück, wie die Katalysatoren in einem chemischen System wirken. Da sie, wie gesagt, immer nur Vorgänge (positiv oder negativ) beschleunigen, nicht sie modifizieren können, so ist es selbstverständlich, dass sie das Gleichgewicht zwischen reagierenden und entstehenden Mengen nicht verschieben. Man mag, um bei dem einen Beispiel zu bleiben, von Alkohol und Essigsäure, oder von Aethylacetat und Wasser ausgehen und dem Körperpaar als Katalysator H-Jonen zufügen; das $^2/_3$-Gleichgewicht wird nur rascher erreicht als ohne die Säure. Einzelne Erfahrungen, die man mit organischen Katalysatoren gemacht hat, mögen dem widersprechen, aber nur scheinbar. Die Spaltung von Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure durch Hefe oder Zymase verläuft oft nicht, wie gewöhnlich, bis zum vollständigen Verbrauch des Traubenzuckers; aber das scheinbare

1) Oppenheimer a. a. O. S. 202.

2) Am anschaulichsten ist diese Unabhängigkeit der freien Energie von der den chemischen Vorgang begleitenden Wärmetönung wohl in den Fällen, in denen, wie in den Volta-Ketten, die freie Energie in Form von elektrischer Energie auftritt, deren Betrag sowohl größer als auch kleiner als die der verschwindenden chemischen Energie äquivalente Menge thermischer Energie sein kann, in denen also eventuell nicht nur keine Wärmeenergie nach außen abgegeben, sondern sogar noch von außen aufgenommen werden muss, wenn das Element sich nicht bei der Arbeit abkühlen soll.

3) Ich erinnere an die Löslichkeit von Ag Cl, die Dissoziation des Wassers.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gleichgewicht zwischen verschwindenden und auftretenden Stoffen stellt sich nur deshalb ein, weil der Katalysator durch die Reaktionsprodukte geschädigt und unwirksam gemacht wird. Es genügt, den Alkohol zu entfernen oder durch Wasserzusatz zu verdünnen, um die Reaktion ein Stück weiter zu fördern. Und ähnlich in vielen anderen Prozessen, die durch organische Katalysatoren geleitet werden; ja sogar an anorganischen, wenn sie labiler Natur sind, wie z. B. das noch zu erwähnende colloidale Platin, hat man ähnliche Erfahrungen sammeln können.

Was die biologische Bedeutung dieser verschiedenen Thatsachen anlangt, so werfen sie ungeahntes Licht gerade auch auf die synthetischen Vorgänge in den Organismen. Es muss bei allen unvollständig verlaufenden Reaktionen — und das sind theoretisch ja alle Reaktionen — durch ein und dasselbe Ferment Destruktion wie Restitution beschleunigt werden, und je nach der Modifikation der Nebenumstände entweder der eine oder der andere Vorgang begünstigt werden können. Van't Hoff hat in seiner Düsseldorfer Rede[1]) die höchst interessante Bemerkung gemacht, dass im Prinzip das Trypsin ebensogut das Eiweiß aus seinen Spaltungsprodukten regenerieren kann, wie es für gewöhnlich diese aus jenen entstehen lässt. Und ist auch einstweilen diese Forderung der Theorie der Katalyse durch geschickte Wahl der Bedingungen experimentell noch nicht verifiziert, so existieren doch schon andere sehr bemerkenswerte Ansätze zur Ausnützung der Katalysatoren für synthetische Prozesse. Die wichtigste Beobachtung in dieser Hinsicht ist wohl die von Hill[2]), der Maltose mit Hülfe von Maltase nicht nur spaltete, sondern ebenso auch aus den Spaltungsprodukten regenerieren konnte. Auch E. Fischer ist es früher einmal geglückt, einen Zucker, — leider entsinne ich micht nicht, welchen — aus seinen Komponenten mit Hülfe von H-Jonen wieder aufzubauen. Und die neulich von Cremer[3]) beobachtete Bildung von Glykogen aus gährungsfähigen Zuckern im Hefepresssaft spricht ebenfalls für die mögliche Leitung des an und für sich reversiblen Prozesses auch einmal in der anderen Richtung als der gewöhnlichen.

Wie soll man sich nun die Wirkungsweise der Katalysatoren vorstellen? Solange unsere Kenntnisse über sie selbst und ihre Aeußerungen noch so lückenhaft sind, solange die von verschiedenen Autoren aufgestellten Hypothesen quantitative Berechnungen ihrer Wirkungen noch nicht gestatten, solange die Wahl zwischen den einzelnen Vorstellungen noch Geschmacksache ist, so lange sollte eine neue Anschauung von einem Autor nur nach möglichst kritischer Abwertung gegen die schon ausgesprochenen und nach gründlicher Würdigung

1) Zeitschrift f. anorg. Chemie, 1898.
2) Journ. of the Chem. Soc., London 73, 634. 1898.
3) Berichte der deutschen chem. Ges. 32, 2062.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

des vorhandenen experimentellen Materials proklamiert werden. Gerade die Geschichte der Katalyse lehrt, wie eine mit Bestimmtheit gegebene „Erklärung", wie die der intramolekularen Schwingungen in den Fermentmolekülen, als ausreichend gelten und eine weitere oder die richtige Fragestellung nur verzögern kann.

Nach Allem, was man von der Natur der Fermente weiß, sind wenigstens die organischen äußerst kompliziert zusammengesetzte Stoffe; darum ist es nicht verwunderlich, daß einigermaßen diskutirbare Hypothesen über die Bethätigungsart gerade an die Beobachtungen an anorganischen Fermenten anknüpfen.[1]) Deren Eigenschaften sind in jüngster Zeit wieder in einer Reihe überaus interessanter Experimente an einem einfachen Beispiel, dem des kolloidealen Platins, von Bredig und Müller von Berneck[2]) studiert worden.

Man gewinnt das „Ferment" durch Zerstäubung von Platindraht im elektrischen Lichtbogen unter destilliertem Wasser; es resultiert eine Flüssigkeit, die dunkelbraun gefärbt ist durch das suspendierte Platin, dessen Verteilung so überaus fein ist, dass die Teilchen vom Filter nicht zurückgehalten werden und von nachweislich kleinerer Größenordnung als Lichtwellen sind. Das Platin in dieser Form teilt nun die allen Fermenten gemeinsame Eigenschaft, die nach Jakobson[3]) von ihrer „spezifischen", z. B. invertierenden oder eiweißspaltenden unabhängig ist, Wasserstoffsuperoxyd in Wasser und Sauerstoff zu zerlegen, und es entfaltet ebenso wie alle Fermente seine Wirkung schon in Spuren; es genügen $0{,}3 . 10^{-6}$ mgr Platin in 1 cm³, um Zersetzung herbeizuführen. Ebenso wie sehr viele Enzyme wirkt es besser in alkalischer als in neutraler Lösung, und zwar existiert ein Optimum der Alkaleszenz, wieder wie bei den organischen Katalysatoren, das bei etwa $^1/_{32}$ Mol NaOH in 1 l gelegt ist. Das Erstaunlichste ist aber, dass das Platin genau ebenso wie die Fermente vergiftet werden kann und genau durch die gleichen Gifte wie jene, nämlich durch Schwefelwasserstoff, Sublimat und vorzugsweise durch Blausäure, und dass es sich ebenso wie die organischen Enzyme allmählich von der Blausäurevergiftung, die mit der minimalen Menge von 0,003 mgr in 1 l hervorgerufen werden kann, wieder erholt.[4])

---

1) Vgl. darüber Bodländer, über langsame Verbrennung. Wagner, Zeitschr. f. phzsik. Chemie 28, 65. Gernez, Annales scientifiques de l'Ecole norm. sep. 4, 336. Euler, Oefversigt af Kongl. Vetenskap-Akademiens Förhandlingar, Stockholm 1899, 3. 309.

2) Zeitschrift f. physik. Chemie 31, 258.

3) Zeitschrift f. physiolog. Chemie 16, 350.

4) Die Fermentwirkung des kolloidalen Platins lässt sich sehr schön neben der irgend eines organischen Fermentes demonstrieren. Die Platinflüssigkeit stellt man sich her, indem man zwischen zwei etwa 1 mm starken Platindrähten bei einer Spannung von 30—40 Volt und einer Stromstärke von

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Auch für dieses denkbar einfachst konstituirte Ferment lässt sich nichts Definitives von der Art und Weise der Bethätigung aussagen. Nur soviel ist wohl sicher, dass die Größe der Platinoberfläche eine wichtige Rolle spielt, dass also die katalytischen Vorgänge zum Teil, aber sicher nur zum Teil Oberflächenerscheinungen darstellen. Denn jede Verkleinerung der Oberfläche durch Ausfällen der Suspensionen, jede Vergrößerung durch Zusatz von OH-Jonen verändert in entsprechendem Sinne die fermentative Thätigkeit. Andere fein verteilte Metalle und Metalloxyde, wie Gold, Silber, Mangandioxyd, Kobaltioxyd u. A. wirken ganz ähnlich wie Platin; es liegt also der Gedanke nahe, auch den Metallgehalt der organischen Katalysatoren in einer Beziehung zu denken zu deren katalytischen Eigenschaften. Ist doch in neuerer Zeit von Spitzer[1]) auf den Eisengehalt des Oxydationsfermentes und seine Bedeutung für die oxydativen Leistungen des Enzyms aufmerksam gemacht worden; enthält doch Bertrand's Laccase[2]) Mangan, und das Chlorophyll und nach den Angaben von Friedenthal[3]) eine ganze Anzahl anderer Enzyme, wie Diastase, Trypsin, Pepsin u. A. Eisen.

Zum Schlusse dieser Ausführungen über Katalysatoren ist es wohl geeignet, noch die Frage aufzuwerfen, warum gerade bei den chemischen Umsetzungen in den Organismen, und besonders in den höheren Organismen so vielfach die Katalysatoren eine Rolle spielen, zumal da es sich ja, wie wir gesehen haben, um Umsetzungen handelt, die auch ohnedies zustandekommen. Die Antwort liegt fast schon in diesem Nachsatz. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die meisten organischen Reaktionen ebenso wie die Gasreaktionen bei gewöhnlicher Temperatur außerordentlich langsam verlaufen im Gegensatz zu den anorganischen Reaktionen, die im Wesentlichen Jonenreaktionen sind. Es gelingt freilich, durch entsprechende Temperaturerhöhung die Reaktionsgeschwindigkeit so zu steigern, dass die Umsetzungen merklicher Mengen rasch zustande kommen, z. B. die Bildung von Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff oder die Hydrolyse der Stärke; aber diese Art der Beschleunigung verbietet sich bei den Organismen von selbst. An die Stelle der Tem-

---

8—12 Ampère für Momente einen Lichtbogen unter destilliertem Wasser bildet, in dem dann die Kathode mehr und mehr zerstäubt. Das käufliche Hydrogenium peroxydat. medicinale ist trotz seiner stark sauren Reaktion direkt zum Gebrauch geeignet; man verdünnt es zur Hälfte mit der Platinlösung und füllt die Mischung in ein enges, einerseits zugeschmolzenes Rohr, das man in einen Trog mit Wasser stellt. Die Wirkung von NaOH und HCN lässt sich ebenfalls leicht zeigen und daneben die Zersetzung von H_2O_2 durch Emulsin, das man durch Zerreiben von süßen Mandeln mit Wasser gewinnt.

1) Pflügers Archiv, Bd. 67, 615.

2) Compt. rend. 122 u. 124.

3) Archiv f. Physiologie 1900, 181.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

peratursteigerung treten dann die Katalysatoren, und umso reichlicher und mannigfaltiger, je mehr sich die Bedürfnisse nach schnellen und mannigfachen und lokalen Stoffumsetzungen im Organismus herausbilden. Es wäre sicherlich eine dankbare Aufgabe, Zahl und Art der Fermente in den verschiedenen Gruppen der niederen und höheren tierischen und pflanzlichen Organismen nach ihrer Bedeutung für den Stoffwechsel vergleichend zu untersuchen. [57]

R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie.

5. Aufl. Gr. 8. XII u. 622 S. 570 Abbildungen. Jena, Gustav Fischer, 1900.

Im Jahrgang 1897 hatten wir Gelegenheit, die vierte Auflage von Hertwig's Lehrbuch anzuzeigen. Jetzt liegt uns die fünfte vor. Die Vorzüge des Buches sind bekannt und anerkannt genug. Es wird daher genügen, darauf hinzuweisen, dass der Verf. wiederum bemüht war, den Fortschritten der Wissenschaft Rechnung zu tragen, ohne den Umfang des Buches allzusehr zu vergrößern. Deshalb wurde in der neuen Auflage mehr als in früheren von kleinerem Druck Gebrauch gemacht und dadurch Platz für neue Zusätze geschaffen. Ganz neu hinzugekommen ist ein kurzer Abriss des geologischen Baus der Erde und der paläontologischen Verbreitung der wichtigsten Tierstämme. Durch klaren, scharfen Druck und vortreffliches Papier ist doch überall die Lesbarkeit so gut, dass den Augen keine größere Anstrengung zugemutet wird. Einige Figuren wurden durch neue, bessere ersetzt. P. [77]

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Soeben erschien:

Die Entwicklung der Biologie

im 19. Jahrhundert.

Vortrag auf der Versammlung deutscher Naturforscher zu Aachen am 17. September 1900 gehalten

von

Oscar Hertwig,

Direktor des anatomisch-biologischen Instituts der Berliner Universität.

Preis: 1 Mark.

Verlag von Arthur Georgi in Leipzig. — Druck der k. bayer. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn in Erlangen.

ZOBODAT - 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): Höber Rudolf

Artikel/Article: Ueber die Wirkungen der Katalysatoren. 681-688