

1905. Simroth, H., Über einige Folgen des letzten Sommers für die Färbung von Tieren. In: Biol. Centralbl., 25. Bd.
1906. — Über den schwarzen Hamster, als typische Mutation. Ibid., 26. Bd.
1908. — Über den Einfluss der letzten Sonnenfleckenperiode auf die Tierwelt. In: Verh. Deutschen Zool. Ges., 18. Jahresversammlung.
1896. Standfuß, M., Handbuch der paläarktischen Großschmetterlinge. Jena.
1898. — Experimentelle zoologische Studien mit Lepidopteren. In: Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 36. Bd.
1906. — Die Resultate dreißigjähriger Experimente mit Bezug auf Artenbildung und Umgestaltung in der Tierwelt. In: Verh. Schweiz. Naturf. Ges., 88. Jahresversammlung.
1907. — Jüngste Ergebnisse aus der Kreuzung verschiedener Arten und der Paarung zweier Lokalrassen derselben Art. In: Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., 11. Bd.
1909. — Hybridationsexperimente. In: Proc. 7. Internat. Zool. Congr. Cambridge, Massachusetts.
1906. Tower, W. L., An Investigation of Evolution in Chrysomelid Beetles of the Genus *Leptinotarsa*. In: Carnegie Publ., Nr. 48.
1910. — The Determination of Dominance and the Modification of Behavior in Alternative (Mendelian) Inheritance, by Conditions Surrounding or Incident upon the Germ Cells at Fertilization. In: Biol. Bull., Vol. 18.
1906. Trouessart, E. L., Sur les sous-espèces de l'Écureuil d'Europe (*Sciurus vulgaris*). In: Bull. Mus. Hist. Natur. Paris, Tome 12.
1906. Tschermak, E., Über die Bedeutung des Hybridismus für die Deszendenzlehre. In: Biol. Centralbl., 26. Bd.
1903. Vries, H. de, Die Mutationstheorie. Leipzig.
1892. Weismann, A., Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung. Jena.
1909. Wilson, E. B., The Chromosomes in Relation to the Determination of Sex. In: Science Progress.
1909. Woltereck, R., Weitere experimentelle Untersuchungen über Artveränderung, speziell über das Wesen quantitativer Artunterschiede bei Daphniden. In: Verh. Deutschen Zool. Ges., 19. Jahresversammlung.

Neapel, Februar 1911.

Die Enzyme und ihre Wirkung.

Von J. Rosenthal.

(Schluss).

Ob nur ungeordnete oder eine bestimmte geordnete Bewegung herbeigeführt wird, hängt sehr wesentlich von der Wellenlänge des absorbierten Lichts ab. Die Schwingungszahlen der für unser Auge sichtbaren Lichtstrahlen liegen etwa zwischen 400 und 800 Billionen in der Sekunde. Die chemischen Wirkungen dieser Strahlen sind je nach ihrer Wellenlänge verschieden. Die oben angeführte Zerlegung von Silbersalzen kommt hauptsächlich durch die kurzwelligen unter den sichtbaren Strahlen und die für unser Auge unsichtbaren Strahlen von noch geringerer Wellenlänge, die sogen. ultravioletten Strahlen, zustande. Die für das Pflanzenleben so wichtige Zerlegung des Kohlendioxyds in den chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen vorzugsweise durch die viel langsameren Schwingungen, welche in unserm Auge die Empfindung des Rot bewirken. Aber mit den Ätherschwingungen, welche von leuchtenden Körpern ausgehen, ist das Bereich dieser Schwingungen durchaus nicht erschöpft. Wir

wissen jetzt, dass diese sogen. Lichtschwingungen elektrischer Natur sind, und wir sind imstande, elektrische Schwingungen zu erzeugen, deren Wellenlängen sich nicht wie die der Lichtschwingungen nach geringen Bruchteilen eines Millimeters, sondern nach Zentimetern, Metern oder sogar Kilometern berechnen.

Hier öffnet sich also ein weites Feld für neue experimentelle Forschung und hier setzt meine eigne Untersuchung ein. Vielleicht, sagte ich mir, gelingt es, durch elektrische Schwingungen von geeigneter Wellenlänge und geeigneter Beschaffenheit ähnliche Zerlegungen hochkomplizierter Stoffe herbeizuführen wie durch Enzyme. Solche elektrische Schwingungen werden durch materielle Körper ebenso wie die Schwingungen der Lichtwellen absorbiert. Wie es keinen absolut durchsichtigen Körper gibt, so gibt es auch kein absolutes Dielektrikum. In der Regel wird auch hier die strahlende Energie der elektrischen Schwingungen in ungeordnete Bewegungen umgewandelt werden und nur Erwärmung der absorbierenden Substanz bewirken. Unter geeigneten Umständen aber kann es gelingen, einen Teil dieser Energie in geordnete Bewegung von solcher Art zu verwandeln, dass chemische Zerlegung eintritt.

Diese Voraussicht ist in Erfüllung gegangen. Es ist mir gelungen, gewisse hochkomplizierte Körper, welche durch Enzyme zerlegt werden, in ganz gleicher Weise zu spalten, indem ich sie der Einwirkung elektrischer Schwingungen bestimmter Art aussetzte.

Ich ging bei meinen Versuchen von der bekannten, schon vor 65 Jahren von M. Faraday gemachten Entdeckung des Zusammenhangs von Licht und Magnetismus aus⁵⁾. Die Polarisations ebene eines Lichtstrahls, welcher sich in einem magnetischen Kraftfeld parallel zur Achse des Feldes fortpflanzt, wird gedreht, und zwar entweder nach rechts oder nach links, je nachdem die Fortpflanzung der Lichtschwingungen vom Nord- zum Südpol oder umgekehrt erfolgt. In einem solchen Kraftfeld hat man sich, sagte ich mir, den Äther als in einem Zustand der Spannung befindlich vorzustellen. Wenn aber das Kraftfeld schwankt, so müssen Ätherschwingungen eigener Art entstehen. Von diesen vermutete ich, dass sie auf jene Körper zerlegend wirken werden⁶⁾.

5) M. Faraday, Experimental Researches. XIX. series. Philos. Transactions 1846. S. 1. Übersetzung von S. Kalischer. Bd. III. S. 1ff.

6) Diese Schwingungen sind, wie man sieht, von etwas anderer Art als die gewöhnlich mit dem Namen „elektrische Schwingungen“ belegten, die ich als Hertz'sche Schwingungen bezeichnen möchte. Sie kommen mit dem überein, was in benachbarten Leitern die Induktionserscheinungen hervorruft. Da es sich um periodisch verlaufende Zustandsänderungen des Äthers handelt, so dürfen wir aber für sie unzweifelhaft auch die Bezeichnung „Schwingungen“ gebrauchen. Sie lassen sich am passendsten als „Rotationschwingungen“ auffassen.

Ich brachte deshalb die zu verändernden Stoffe entweder in wässriger Lösung oder, wenn sie unlöslich waren, in Wasser aufgeschwemmt in ein Solenoid und leitete durch dessen Windungen elektrische Ströme, welche in regelmäßiger Folge entweder einfach unterbrochen oder in ihrer Richtung gewechselt wurden. So lange die Ströme nach Intensität und Richtung konstant blieben, konnte, wie zu erwarten war, keine Veränderung der eingeführten Stoffe beobachtet werden. Waren aber die Ströme schwankend, so traten Zerlegungen ein, wie sie bei den betreffenden Substanzen durch Enzyme hervorgerufen werden.

Hauptbedingung für die Erzielung eines positiven Erfolges sind unter allen Umständen ganz bestimmte Zahlen der Unterbrechungen oder Richtungswechsel. Sind diese nicht getroffen, so bleibt der Erfolg aus. Statt dessen tritt als Folge der Absorption der Schwingungen nur Erwärmung ein. Hat man aber die richtige Frequenz getroffen, so kann man Zerlegung erhalten, auch wenn die Erwärmung sehr geringfügig ist. Ganz zu vermeiden ist sie niemals. Erstlich entsteht in den Windungen des Solenoids Joule'sche Wärme, welche zum Teil auf die innerhalb des Solenoids befindliche Substanz übergeht⁷⁾. Zweitens entstehen in der Flüssigkeit durch Induktion kreisförmig verlaufende Wirbelströme. Denn wenn auch die Substanzen, mit denen gearbeitet wird, Nichtelektrolyte und deshalb Nichtleiter der Elektrizität sind, so ist doch das benutzte destillierte Wasser nicht in dem Maße chemisch rein, um ein vollkommener Isolator zu sein. Immerhin müssen diese Wirbelströme sehr schwach sein und können nur wenig Wärme liefern. Daneben aber wird ein großer Teil der Energie der Schwingungen, um deren Wirkungen es sich bei unseren Versuchen handelt, von der in das Solenoid eingeführten Substanz absorbiert. Wenn die Frequenz richtig getroffen ist, dann wird ein Teil dieser Energie in diejenige geordnete Bewegung übergeführt, welche den Effekt hat, die Substanz zu zerlegen, und nur der Rest tritt als ungeordnete Bewegung in Gestalt vermehrter Energie der unzerlegten Molekeln, d. h. als Temperatursteigerung, auf.

Durch diese Erfahrung wird jeder Verdacht beseitigt, dass die beobachtete Zerlegung eine Folge der Erwärmung sein könnte. Abgesehen davon, dass gelinde Erwärmung, wie sie in den gut gelungenen Versuchen eintritt, innerhalb der Versuchsdauer nachweislich keine hydrolytische Spaltung herbeiführt, zeigt sich ja eben, dass Spaltung und Erwärmung zwei differente Wirkungen der Stromschwankungen sind, zwei Summanden, von denen der eine sehr gering sein kann, während der andere erhebliche Wirkungen ausübt.

⁷⁾ Um diesen Teil der Wärmeentwicklung in mäßigen Grenzen zu halten, muss der Ohm'sche Widerstand des Solenoids möglichst gering und die Zahl der Windungen nicht zu groß sein.

Aus demselben Grunde ist es auch ausgeschlossen, dass irgendwelche andere Nebenwirkungen der elektrischen Schwankungen sekundär die Zerlegung bewirken. Man könnte daran denken, dass in den Windungen des Solenoids durch Induktion hohe Spannung entsteht und diese in der Flüssigkeit Ionen freimacht, oder dass die Ionisation in der Flüssigkeit selbst durch die oben erwähnten, wenn auch schwachen Wirbelströme entsteht. Aber alle diese Vermutungen halten nicht Stich vor der Grundtatsache, dass eben nur bei ganz bestimmten Frequenzen die Zerlegung eintritt, bei zu geringen oder zu hohen dagegen ausbleibt. Aus alledem folgt, dass die Erscheinungen, von welchen ich spreche, nichts mit elektrolytischen oder sekundär elektrolytischen Vorgängen zu tun haben. Ganz abgesehen davon, dass die wirkenden Ströme nur allein in den Solenoidwindungen verlaufen und die Stoffe, auf welche gewirkt wird, Nichtelektrolyte sind, können auch die schwachen, sekundär entstehenden Ströme nicht für die Wirkung verantwortlich sein, da diese Wirkung dann nicht ausschließlich an ganz bestimmte Schwingungszahlen gebunden sein könnte.

Diese wirksamen Schwingungszahlen festzustellen, ist sehr schwierig. An theoretischen Anhaltspunkten, sie im Voraus zu bestimmen, fehlt es ganz und gar. Man ist daher vollkommen auf das Probieren angewiesen. Ich habe außerordentlich viel Zeit verloren dadurch, dass ich anfangs mit hochfrequenten Schwingungen arbeitete, wie man sie nach den Methoden von Hertz u. a. erhält. Die Intensität dieser Ströme ist ja an und für sich gering; außerdem werden sie durch die Selbstinduktion des zu meiner Anordnung notwendigen Solenoids geschwächt, ja bei sehr hohen Frequenzen vollkommen ausgelöscht, da dann das Solenoid als Drosselspule wirkt. Ich ging dann zu Schwingungen von sehr geringen Frequenzen über. Entweder leitete ich den von der städtischen Zentrale gelieferten Strom direkt durch die Solenoidwindungen unter Einschaltung eines hydrolytischen Unterbrechers und einer passenden Selbstinduktion. Oder ich brachte das Solenoid in den Nebenschluss eines Flammenbogens zusammen mit einer Kapazität und einer veränderlichen Selbstinduktion. Oder ich schaltete das Solenoid direkt in den Stromkreis zusammen mit einem Grisson'schen Unterbrecher und einer sehr großen Kapazität. Im ersten Falle erhält man unterbrochenen Gleichstrom, im zweiten Wechselströme von annähernd sinuodalem Verlauf⁸⁾, im dritten unterbrochenen Gleichstrom, dessen Richtung wegen der Einrichtung des Grisson-Unterbrechers von Zeit zu Zeit wechselt, wenn man das Solenoid zwischen Kommutator und Kondensator schaltet. Die Frequenzen, welche man mit der

8) Der Verlauf der Ströme wird um so mehr von der Sinusform abweichen, je größer die Selbstinduktion im Nebenschluss ist. In meinen Versuchen war diese immer groß.

ersten und dritten Methode erhalten kann, können auf einige Hundert in der Sekunde getrieben werden; bei der zweiten Methode gelangt man, je nach der Größe der eingeschalteten Kapazität und Selbstinduktion, bis zu sehr hohen Schwingungszahlen. Die Stromstärke wurde durch einen veränderlichen Vorschaltwiderstand passend abgestuft. In den Wirkungskreis wurde ein Hitzdrahtamperemeter eingeschaltet. Dieses gestattet zwar, da es sich um veränderliche Ströme handelt, keine sichere Messung der benutzten Stromstärken, gibt aber doch eine ungefähre Vorstellung von denselben. Die in meinen Versuchen benutzten, am Hitzdrahtamperemeter abgelesenen Stromstärken lagen in der Regel zwischen 5 und 10 Ampere, stiegen aber in einzelnen Fällen bis auf 15 Ampere.

Die so erhaltenen Schwingungen erwiesen sich als wirksam für fast alle von mir bisher geprüften Stoffe. Es zeigte sich aber, worauf ich schon hingewiesen habe, dass für jeden Stoff bestimmte Frequenzen wirksam sind, dass also die für einen Stoff gefundenen Frequenzen bei anderen Stoffen ganz unwirksam bleiben. Diese charakteristischen Frequenzen für alle Stoffe zu bestimmen, ist aus den angeführten Gründen äußerst schwierig und zeitraubend. Ob Zerlegung eingetreten ist, wird je nach der Natur der Stoffe entweder durch chemische Reaktionen oder durch die Änderung des Drehungsvermögens für polarisiertes Licht festgestellt.

Eine für Stärke wirksame Frequenz liegt zwischen 440 und 480 Schwingungen in der Sekunde. Das gilt ebensowohl für unterbrochenen Gleichstrom wie für Wechselstrom. Eine ganz genaue Angabe über die Frequenz vermag ich nicht zu machen, da ich leider mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln eine absolute Konstanz der Frequenz nicht erreichen konnte. Hat man eine passende Frequenz getroffen, so kann man den allmählichen Zerfall der Stärkemolekeln in kleinere Gruppen mit dem Auge verfolgen. Der anfangs dicke Stärkekleister wird dünnflüssiger; die großen Klumpen zerfallen zu einem feinkörnigen Schlamm, dessen Körnchen sich beim Stehenlassen senken und von einer fast klaren Flüssigkeit abscheiden. Letztere wird anfangs bei Zusatz von Jod noch rein blau, in späteren Stadien rosenrot, endlich bleibt sie ganz ungefärbt. Die gewöhnlichen Zuckerproben fallen anfangs vollkommen negativ aus, dann treten sie andeutungsweise auf, später werden sie ganz deutlich. Dabei fand ich sehr häufig, dass in einem gewissen Stadium bei Zusatz von verdünntem Kupfersulfat zu der alkalisch gemachten Probe kein Kupferoxydhydrat ausgefällt wurde, sondern mit tiefblauer Farbe gelöst blieb, aber bei Erhitzung nicht reduziert wurde. Auf dieses Stadium folgte ein anderes, in welchem die Reduktion zwar eintrat, aber erst nach dem Kochen der Probe, ähnlich wie man das bei Anstellung der Trommer'schen Probe mit Maltose sehen kann. Später erst trat starke Reduktion schon

bei mäßiger Erwärmung ein, wie es für Glukose charakteristisch ist. Aus alledem geht hervor, dass die hydrolytische Spaltung der hochkomplizierten Stärkemolekeln in kleinere Gruppen ganz allmählich erfolgt und in ganz ähnlicher Reihenfolge, wie es bei der Einwirkung diastatischer Enzyme der Fall ist.

Ich habe mich bei den Versuchen mit Stärke länger aufgehalten, weil es mir an ihr am besten gelungen ist, den Verlauf der hydrolytischen Spaltung in ihren einzelnen Stadien zu verfolgen. Das liegt wohl zum Teil daran, dass ich die hierzu erforderlichen Frequenzen mit den mir zu Gebote stehenden Hilfsmitteln herstellen konnte, ohne die Stromstärke auf ein zu geringes Maß herabzudrücken.

Niedrigere Frequenzen als für die Stärke habe ich bisher nur für Proteine wirksam gefunden, welche bei 320—360 Wechsell in der Sekunde in Albumosen und Peptone zerlegt werden konnten. Alle anderen von mir untersuchten Körper (Glukoside, Disaccharosen) erforderten viel höhere Frequenzen; doch unterlasse ich es, Zahlenwerte anzugeben, da ich diese erst durch erneute Versuche sicherstellen möchte.

Nichtsdestoweniger glaube ich als Ergebnis meiner bisherigen Versuche schon jetzt behaupten zu dürfen, dass die verschiedensten hochkompliziert gebauten Stoffe, welche durch Enzyme hydrolytisch spaltbar sind, in ganz analoger Weise zerlegt werden durch die Einwirkung elektromagnetischer Schwingungen von der Art, wie sie in meinen Versuchen benutzt wurden.

Es ist sehr auffällig, dass die als wirksam befundenen Frequenzen so niedrig liegen. Wir stellen uns die hypothetischen Schwingungen der Atome und Atomkomplexe innerhalb der Molekeln jedenfalls mit viel größeren Frequenzen vor, als die von mir als wirksam gefundenen Unterbrechungen. Aber man muss bedenken, dass die von mir benutzten Methoden niemals Schwingungen von sinuoidalem Verlauf geben. Das ist selbst bei Benutzung der zweiten oben angegebenen Methode, Flammenbogen mit Kapazität und Selbstinduktion, nicht der Fall. Die so erzeugten elektrischen Schwingungen sind also stets von mehr oder minder starken Obertönen begleitet. Einer dieser Obertöne, dessen Schwingungszahl also irgendein ganzes Vielfaches der benutzten Unterbrechungszahl ist, kann deshalb die wirksame Frequenz erreichen. Hierfür spricht, dass ich die Zerlegung der Stärke auch öfter bewirken konnte, wenn ich statt 440 Unterbrechungen in der Sekunde nur 220, 660 oder 1320 in der Sekunde anwandte⁹⁾. Es wird also die Aufgabe weiterer

9) Diese Zahlen beanspruchen nur annähernde Gültigkeit. Leider reichten die mir zu Gebote stehenden Hilfsmittel nicht aus, die Frequenzen längere Zeit konstant zu erhalten und zuverlässig zu bestimmen. Die angegebenen Zahlen sollen so verstanden werden, dass Frequenzen zwischen 220—240, 440—480, 660—720, 1320—1440 wirksam befunden wurden.

Untersuchung sein müssen, die eigentlich wirksame Frequenz herauszufinden. Vorläufig glaube ich aber soviel behaupten zu dürfen, dass für jede zerlegbare Substanz eine Reihe von Unterbrechungszahlen wirksam ist, welche ganze Vielfache der als wirksam befundenen niedrigsten Unterbrechungszahl sind und dass unter diesen eine bestimmte, erst noch zu bestimmende Frequenz die eigentlich wirksame ist, so dass Wirkung nur erhalten werden kann, wenn ein Oberton von dieser Frequenz und genügender Stärke in dem angewandten Klang von niedriger Frequenz enthalten ist.

Ob dies der Fall ist, hängt natürlich nicht nur von der Höhe des Grundtons, sondern auch von der Klangfarbe, d. h. in unserem Falle von dem zeitlichen Verlauf der Stromschwankung ab, kann also sehr verschieden sein je nach der Methode, durch welche die Unterbrechungen erzeugt werden. So erklärt es sich, dass die Unterbrechungen durch elektrolytische Unterbrecher bei gleicher Frequenz der Unterbrechungen häufig bessere Wirkungen zeigen als die durch den Flammenbogen. Erstere sind eben reicher an Obertönen, geben also die größere Wahrscheinlichkeit, dass der unbekannte, eigentlich wirksame Oberton vorhanden sei. Auf die gleichen Umstände lässt es sich wohl zurückführen, dass die in ihrem Verlauf der Sinusform mehr entsprechenden Ströme im Nebenschluss des Flammenbogens, wie ich oft zu beobachten Gelegenheit hatte, zwar die ersten Stadien der Zerlegung der Stärke geben, aber nicht bis zum Auftreten der Glukose fortschreiten.

Immerhin glaube ich auf Grund meiner Versuche behaupten zu dürfen, dass es gelingt, durch elektrische Schwingungen von der Art, wie ich sie benutzt habe, Zerlegungen ähnlicher Art hervorzu- bringen wie durch Enzyme. Sehen wir dies als erwiesen an, so haben wir darin eine wesentliche Stütze der oben dargestellten Theorie der Enzymwirkungen. Die Zerlegung kann dann angesehen werden als Folge einer durch Resonanz hervorgebrachten Verstärkung der intermolekularen Bewegungen, welche zur Sprengung der die Molekel zusammensetzenden Atomgruppen und Freimachung kleinerer Gruppen führt, die sich durch Anlagerung von OH-Gruppen zu neuen, beständigen Molekeln ergänzen.

Es ist eine für die Theorie der Enzyme wichtige Tatsache, dass, soweit unsere bisherige Erfahrung reicht, alle die Stoffe, welche durch Enzyme zerlegt werden, ein oder mehrere asymmetrische Kohlenstoffatome enthalten. Dass dies auch für die Molekeln der Enzyme gilt, ist in hohem Maße wahrscheinlich. Nun liegt es nahe anzunehmen, dass die Art der inneren Bewegung der Atome und Atomgruppen innerhalb des Molekularkomplexes von der Anordnung der Atome abhängt. Während wir uns die Schwingungen der ganzen Molekeln als in geraden Linien vorgehend zu denken haben, werden die schwingenden Bewegungen der Atome je nach

der Natur der Atomkombination mannigfach verschiedenartige Gestaltungen zeigen. Dass diese Bewegungen sich zum Teil auf den in den Atominterstitien enthaltenen Äther übertragen, dürfen wir aus der Tatsache schließen, dass alle Stoffe mit asymmetrischen Kohlenstoffatomen die Polarisationssebene der sie durchsetzenden Lichtstrahlen ablenken. Eine gleiche Ablenkung erfahren die Lichtstrahlen, wenn sie ein elektromagnetisches Kraftfeld durchsetzen; die Polarisationssebene wird nach rechts gedreht, wenn sich der Lichtstrahl vom Nord- zum Südpol fortpflanzt, nach links, wenn seine Fortpflanzung entgegengesetzt gerichtet ist.

Ein derartiges Kraftfeld wird dargestellt durch ein von einem elektrischen Strom durchflossenes Solenoid. Bringen wir in das Solenoid einen materiellen Körper, so befindet sich der in den Interstitien des Stoffs enthaltene Äther in einem abnormen Spannungszustand, aber nicht in schwingender Bewegung. Wechselt die Stromstärke (oder die Stromrichtung), so gerät der Äther in Schwingungen, welche man als Rotationsschwingungen bezeichnen und mit denjenigen vergleichen kann, welche man in der Optik als Zirkumpolarisation bezeichnet. Von diesen eigenartigen elektrischen Schwingungen setze ich voraus, dass sie auf die materiellen Atome einwirken, wie umgekehrt ja auch die Atombewegungen auf den Äther, was aus den eben angeführten optischen Erscheinungen gefolgert werden muss. Und solche Einwirkungen können, so nehme ich an, unter Umständen zur Lockerung des Atomverbandes und damit zur Zerlegung der Molekeln in einfachere Atomkomplexe führen.

Ich sage: unter Umständen, d. h. wenn die Verhältnisse nicht richtig getroffen sind, wird der Effekt nur Temperaturzunahme sein. Zu diesen richtigen Umständen gehört aber vor allem die richtige Frequenzzahl der Unterbrechungen. Da wir von vornherein gar nichts über diese Frequenz wissen, also rein auf das Ausprobieren angewiesen sind, so wird man verstehen, dass derartige Versuche sehr zeitraubend sind und dass ihre Erfolge in hohem Grade von Glückszufällen abhängen. Gebietet man über eine Anzahl positiver Versuche und kann man zeigen, dass nicht Nebenumstände das Ergebnis herbeigeführt haben können, so ist damit der von uns gesuchte Beweis erbracht, dass Energiezufuhr von außen in geeigneter Form die chemische Spaltung der hochzusammengesetzten Stoffe in einfachere Komponenten veranlassen kann. Damit ist also die zweite unserer oben (S. 190) aufgestellten Hypothesen als brauchbare Unterlage für eine Theorie der Enzymwirkungen dargetan.

Über unsere erste Hypothese kann ich mich kurz fassen. Sie enthält nichts, was uns hindern könnte, sie als Hypothese zuzulassen, wenn wir auch zu ihrer näheren Begründung nicht viel

hinzufügen können. Wir haben Grund zu der Vermutung, dass den Enzymen ebenso wie den von ihnen zerlegten Stoffen, ein oder mehrere asymmetrische Kohlenstoffe zukommen. Die hypothetischen Schwingungen der Atome innerhalb der Molekeln werden daher bei ihnen ebenso wie bei jenen Substanzen, wie ich annehme, nicht in geraden Linien vor sich gehen. Nehmen wir nun an, dass jedem Enzym eine ganz bestimmte Art von Eigenbewegung seiner Atome zukomme, dann sehen wir ein, weshalb ein solches Enzym auch nur auf einen bestimmten Stoff oder auf eine Gruppe von Stoffen zu wirken vermag, deren Eigenschwingungen von ähnlicher Art sind. Dann erhält Emil Fischer's schönes Gleichnis vom Schlüssel und Schloss einen anschaulichen Inhalt und wir sind zu einer wirklich brauchbaren Theorie der Enzymwirkungen gelangt.

Über eine beim Phototropismus des *Lasius niger* L. beobachtete Eigentümlichkeit.

Von Osw. Polimanti.

Schon oft, namentlich im Sommer, habe ich gegen Eintritt der Abenddämmerung eine große Menge gewöhnlicher fliegender Ameisen (*Lasius niger*, L.) in den Straßen Neapels herumfliegen gesehen. Bei aufmerksamer Beobachtung sieht man, dass sie alle auf die großen Bogenlampen (500—1000 Kerzen) zufliegen und dort zu Hunderten herumflattern, während keine oder nur einige um die kleinen elektrischen Glühlampen (30—50 Kerzen), Gaslampen oder Lampen mit Auer'schem Glühlicht herumfliegen.

Ich wollte mir nun Aufklärung über diese Form von Phototropismus verschaffen, über die Eigenschaft, die diesen Tieren innewohnt, dass sie auf eine Lichtquelle zufliegen, von welcher Stärke diese auch sein mag, ja, dass sie die stärkste Lichtquelle auswählen, nach dieser Stelle hinfliegen und dort bleiben.

Als ich die Literatur über dieses Thema zu Rate zog, fand ich im Buche von Rád1¹⁾ eine Hindeutung auf diese Erscheinung, die meine Aufmerksamkeit auf sich gezogen hatte: (S. 108) „Die Orientierung gegen die Lichtquelle ist nur der Phototropismus in seiner einfachsten Form, während die Möglichkeit auch weniger helle Punkte fixieren zu können, schon eine höhere Form des Phototropismus ist.“

Rád1 führt aber keine Beobachtungen oder Experimente an, die er etwa an Tieren in dieser Hinsicht gemacht hätte; er erwähnt nur diese Tatsache und gibt keine Erklärung für den Übergang von der einen zu der andern von diesen Formen von Phototropismus.

1) Rád1, E. Untersuchungen über den Phototropismus der Tiere. Leipzig, W. Engelmann, 1903.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Rosenthal Julius Isidor

Artikel/Article: [Die Enzyme und ihre Wirkung. 214-222](#)