

# **Die Neue Tierpsychologie**





# Georges Bohn

# Die Neue Tierpsychologie

Autorisierte deutsche Übersetzung von

**Dr. Rose Thesing**

„L'idée de science est intimement  
liée à celle de mécanisme et de déterminisme.“  
Glard.



Preisgekrönt von der  
Pariser Académie des sciences morales et politiques

Verlag von Veit & Comp., Leipzig 1912

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

## Vorwort.

---

Dieses Buch ist die Fortsetzung und Vollendung meines Buches „Die Entstehung des Denkvermögens“.<sup>1</sup> In diesem Buche versuchte ich das erste Auftreten des Psychismus bei niederen Tieren nachzuweisen, in dem vorliegenden Bande zeige ich seine Entwicklung und Ausbreitung bei den Gliedertieren einerseits und bei den Wirbeltieren andererseits.

Mein Bestreben ist es, die psychologischen Vorgänge stets auf biologische zurückzuführen. Weiterhin versuche ich zu zeigen, in welchem neuem Lichte uns die biologischen (und psychologischen) Probleme erscheinen, wenn wir sie von physikalisch-chemischen Gesichtspunkten betrachten. Die mehr oder minder phantastischen Erzählungen der früheren Psychologie lasse ich dabei natürlich ganz beiseite und stütze mich lediglich auf die neuesten, in wirklich wissenschaftlichem Geiste verfaßten Arbeiten. Das Motto, das ich diesem Buche voransetze, zeigt, was ich darunter verstehe, und wie geringe Sympathien ich finalistischen Erklärungen entgegenbringe.

Die in diesem Buche niedergelegten Ideen und Tatsachen habe ich zum erstenmal in meinen Vorlesungen an der Sorbonne behandelt.

**Georges Bohn.**

---

<sup>1</sup> Deutsche Ausgabe 1910. Verlag Theod. Thomas, Leipzig.



# Inhalt.

---

Einleitung . . . . .	Seite 1
----------------------	------------

## Erster Teil.

### Experimentelle Analyse der Lebenstätigkeiten der niederen Tiere.

I. Anwendung der physikalischen Chemie auf die Psychologie	8
II. Versuche einer tierischen Mechanik . . . . .	15
A. Tropismen . . . . .	17
B. Unterschiedsempfindlichkeit . . . . .	20
C. Kombination zwischen Tropismen und Unterschieds- empfindlichkeit . . . . .	22
III. Einführung ethologischer Gesichtspunkte in die Psychologie	25
IV. Ein Versuch, die Selektion und die Finalität aus der Psychologie auszuschalten . . . . .	37
A. Selektion der Bewegungen. Theorie der Versuche und Irrtümer, Kritik der Theorie . . . . .	39
B. Unvollkommenheiten der Anpassung bei den Hand- lungen der niederen Tiere . . . . .	43
C. Die ersten Anfänge des assoziativen Gedächtnisses.	46

## Zweiter Teil.

I. Die Analyse der Instinkte bei den Gliedertieren . . . .	49
II. Untersuchung der Empfindungen und ihrer Assoziationen bei den Gliedertieren . . . . .	53
A. Betrachtungen über die Existenz dieser Empfin- dungen . . . . .	53
B. Betrachtungen über die Kriterien der Empfindungen	55

	Seite
C. Gesetze der durch Assoziationen hervorgerufenen Reaktionen. . . . .	60
D. Entstehung der Assoziationen bei den Gliedertieren	62
E. Aufsuchen der Empfindungen durch die Assoziationsmethode . . . . .	65
III. Analyse verschiedener Instinkte . . . . .	67
A. Sichttotstellen . . . . .	67
B. Die Rückkehr ins Nest . . . . .	76
C. Das Aufsuchen der Nahrung. . . . .	89
D. Mimikry . . . . .	98
E. Soziale Instinkte . . . . .	104
F. Der Instinkt in der neuen Psychologie . . . . .	113
Zusammenfassung . . . . .	119

### Dritter Teil.

#### Analyse der psychischen Vorgänge bei den Wirbeltieren.

I. Anatomische Methoden . . . . .	123
II. Experimentelle, analytische und synthetische Methoden.	129
III. Die Pawlowsche Methode . . . . .	132
IV. Labyrinthverfahren . . . . .	158
V. Der Vexierkasten . . . . .	164
VI. Nachahmungsverfahren . . . . .	168
VII. Dressurmethode. . . . .	171
Zusammenfassung . . . . .	175
Register. . . . .	180

---

## Einleitung.

---

Im Jahre 1900 haben drei deutsche Physiologen, Bethe, Th. Beer und v. Uexküll, nachdem sie die Übertreibungen und Irrtümer der Tierpsychologen genugsam bespöttelt hatten, den Ausspruch getan: „für den Biologen gibt es keine Tierpsychologie“. Über die „Berechtigung“ einer vergleichenden Psychologie wurden mehrere Jahre lang unzählige und oft recht leidenschaftliche Debatten geführt. Aber trotzdem sie so oft totgesagt wurde, war die Tierpsychologie dennoch zu keiner Zeit so lebendig wie heute. Bedeutende Biologen haben es nicht verschmäht, neue Methoden auszuarbeiten und kritische Überlegungen anzustellen, die sie in den Dienst dieser Wissenschaft stellten; ihnen hat die Tierpsychologie in erster Linie ihre Auferstehung in verbesserter Gestalt zu danken. Anstatt darüber zu streiten, ob es möglich sei, über das Bewußtsein der Tiere etwas zu erfahren, machte man sich daran, die Handlungen der Tiere zu analysieren; experimentelle Untersuchungen, die mit aller wissenschaftlich wünschenswerten Strenge durchgeführt wurden, traten an Stelle der unfruchtbaren Wortstreite der früheren Psychologen.

In Amerika erschienen innerhalb der letzten 10 Jahre mehrere hundert Arbeiten aus dem Gebiete der Tier-

psychologie. Über die wirbellosen Tiere haben besonders Jacques Loeb, G. H. Parker, Jennings, Holmes und Turner gearbeitet, während sich Thorndike, Kinnaman, Yerkes, Watson, Berry und andere vornehmlich mit den Wirbeltieren beschäftigten. Dank dem Einfluß von Yerkes nimmt die Tierpsychologie in dem „Journal of Neurology and Psychology“ einen breiten Raum ein.<sup>1</sup> Eine ausgezeichnete Übersicht über alle neueren einschlägigen Arbeiten gibt das Buch von M. Washburn „The animal mind“.

In Frankreich war mir selbst zuerst der Gedanke gekommen, die ethologische Methode bei den Untersuchungen über die Lebenstätigkeiten der niederen Tiere anzuwenden, d. h. diese Tätigkeiten als Funktion zahlreicher Variabler aufzufassen und nun den Anteil der äußeren Bedingungen zu bestimmen. Mehrere Forscher sind mir bereits auf diesem Wege gefolgt.

Überaus wichtige Arbeiten, betreffend die höheren psychischen Tätigkeiten, sind aus dem Pawlowschen Laboratorium in Petersburg hervorgegangen. Dort haben Zéliony, Orbéli, Toropoff und andere die Methode des „psychischen Speichelreflexes“ angewendet. Ebenfalls hat der Genfer Claparède durch seine Schriften viel zum Bekanntwerden der neuen Tendenzen der vergleichenden Psychologie beigetragen. Dagegen haben Deutschland und besonders England an der großen, die Erneuerung der Tierpsychologie anstrebenden Bewegung nur einen verhältnismäßig geringen Anteil genommen. Die deutschen Arbeiten sind entweder rein physiologische

---

<sup>1</sup> Seit dem 1. Januar 1911 erscheint in New York das erste eigene Organ für Tierpsychologie unter dem Namen „Journal of Animal Behaviour“.

Untersuchungen, oder sie sind in ganz anthropomorphistischem Geiste verfaßt. Vor kurzem versuchte Zur Strassen in seiner Broschüre „Die neuere Tierpsychologie“<sup>1</sup> gegen diese veraltete Richtung anzukämpfen.

Am deutlichsten zeigt sich die Bedeutung der modernen wissenschaftlichen Tierpsychologie an dem breiten Raum, den sie auf den beiden letzten großen Versammlungen, dem Zoologenkongreß in Boston (1907) und dem Psychologenkongreß in Genf (1909) eingenommen hat.

Trotz der zahlreichen in den letzten Jahren publizierten Arbeiten, hat sich jedoch die „neue Tierpsychologie“ noch nicht soweit entwickelt, um wissenschaftlich befriedigen zu können. Zu viel Zeit wurde auf die Bekämpfung der „alten Psychologie“ verwendet. Man sammelte wohl eine Unmenge von Tatsachen, ohne jedoch die Beziehungen zwischen den Tatsachen zu erforschen. So erarbeitete man zwar einzelne wahrhaft fruchtbare Methoden, aber sie gestatten keine allgemeine Anwendung. Eine Methode, mit der man bei der einen Tiergruppe glänzende Resultate erzielt, kann bei einer anderen vollständig versagen.

Um eine Übersicht über den augenblicklichen Stand der Tierpsychologie zu geben, erschien es mir zweckmäßig, die verschiedenen Richtungen und Untersuchungsmethoden systematisch zu besprechen. Aus dieser Überlegung heraus habe ich das Tierreich in drei große Abschnitte geteilt. Zuerst will ich die vielgestaltige Welt der niederen Tiere, der Infusorien, Polypen, Seesterne und Würmer beschreiben, die sich in ihren Reaktionen nicht erheblich von ihren Geschwistern aus dem Pflanzenreich unter-

---

<sup>1</sup> Verlag von B. G. Teubner, Leipzig 1909.

scheiden. Wie diese sind sie nur für die großen Naturkräfte, Licht, Schwerkraft, Feuchtigkeit, Luft, empfindlich, doch ist ihre Körpersubstanz sensibler und bewahrt die Eindrücke der auf sie wirkenden Reize länger auf. In dem Maße als das Nervensystem sich ausbildet, werden die Reize zu Empfindungen, diese kombinieren sich in verschiedener Weise, die Reaktionen erscheinen nicht mehr als direkte Antworten auf die äußeren Reize und man gewinnt den Eindruck, daß das Tier sich von den äußeren Bedingungen immer unabhängiger macht.

Die Lebensäußerungen, die man unter dem etwas verschwommenen Namen „Psychismus“ zusammenfaßt, erfahren die weitgehendste Vervollkommnung bei den beiden spezialisiertesten Gruppen des Tierreichs, den Arthropoden und den Vertebraten. Wir werden späterhin sehen, welche wichtige Rolle dem Chemismus bei diesen Fragen zukommt. Nun sind die chemischen Umsetzungen der Arthropoden und der Wirbeltiere ganz verschieden. Charakteristisch für die erste Gruppe ist das Chitin, für die Wirbeltiere die Knochen.

Das Chitin erscheint zuerst bei den Rotatorien, hier tritt es rein als „Schmuckmerkmal“ ohne weitere biologische Bedeutung auf, aber bei den höheren Klassen bedingt es große Umwälzungen in der Organisation. Am ausgesprochensten tritt uns das bei den Crustaceen und Insekten entgegen. Diese Tiere, mit ihrem aus gegliederten und mit Chitinleisten versehenen Stücken bestehendem Hautpanzer, ihrem mit Pigmentflecken besetzten Rückenschild, auf dem sich einzelne der Flecken bereits zu hochorganisierten Augen entwickelt haben, sind ganz veräußerlicht, ganz Sensibilität. Ihre Empfindungen verfeinern und assoziieren sich, ferner sind diese Empfin-

dungen nicht nur äußeren, sondern auch inneren Ursprungs; jede Bewegung ist von Empfindungen begleitet (Muskelempfindungen), und diese wieder lösen die nächstfolgende Bewegung aus. Auf diese Weise kommt eine durch Gewohnheiten geschaffene Kette von Empfindungen und Bewegungen zustande; eine einmal begonnene Tätigkeit muß ihren vollständigen Ablauf nehmen. Man wollte darin, daß die Tiere sich häufig durch nichts in einer Tätigkeit beirren lassen, eine Äußerung der „Aufmerksamkeit“ sehen, — das Insekt sollte sich dem Menschen nähern. In Wirklichkeit ist diese Tatsache nur ein Ausdruck dafür, daß das Tier sich gewissen Empfindungen nicht zu entziehen vermag; es bleibt stets den stärksten Empfindungen untertan.

Knorpel und Knochen erscheinen zuerst bei den Schwimmtieren, den Fischen, und da vor allem am Kopfe. Es kommt zu der Ausbildung einer Schädelkapsel und — vielleicht als Folge der schützenden knöchernen Kapsel — entwickelt sich aus dem Nervensystem das Zentralorgan. Je höher man in der Wirbeltierreihe aufsteigt, desto stärker wächst die Kopfnervenmasse an, bis sie sich aus primitiven Anfängen zu dem wunderbaren Assoziationsapparat, dem Gehirn, entwickelt hat. Mit der Ausbildung des Gehirns geht eine mächtige Entfaltung der Intelligenz einher und damit zugleich wird das Maximum der Unabhängigkeit gegenüber äußeren Kräften erreicht.

Wir sind heute nicht mehr der Meinung, daß das Tierreich eine gerade Entwicklungsreihe vorstellt, in der die Wirbeltiere sich aus den Arthropoden entwickelt haben. Vielmehr sind diese beiden Tiergruppen, wie dies Bergson<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> H. Bergson, „L'évolution créatrice“. Bibliothèque de philosophie contemporaine. F. Alcan. 1907.

in seinem Buche „L'évolution créatrice“ ausgeführt hat, die Endpunkte zweier ganz entgegengesetzter Entwicklungsrichtungen.

„Auf den beiden Wegen, den die Entwicklung eingeschlagen hat, um einerseits zu den Arthropoden, andererseits zu den Vertebraten zu gelangen, bestand die Entwicklung in erster Linie (abgesehen von den Fällen der Rückbildung durch Parasitismus oder durch andere Ursachen) in einer Vervollkommnung des motorisch-sensiblen Nervensystems. Die Natur erstrebt leichte Beweglichkeit, Biagsamkeit, Mannigfaltigkeit der Bewegungen (natürlich erst nach vielem Herumtasten, wobei sie zuerst in den Fehler verfiel, die Masse und die brutale Kraft zu übertreiben). Aber dieses Streben und Suchen vollzog sich in zwei verschiedenen Richtungen. Ein Blick auf das Nervensystem der Arthropoden und das der Wirbeltiere zeigt uns sofort den Unterschied. Der Körper der ersteren besteht aus einer längeren oder kürzeren Reihe hintereinander geschalteter Ringe, die motorische Tätigkeit verteilt sich dann auf eine wechselnde, oft ziemlich beträchtliche Anzahl von Körperanhängen verschiedener Funktion. Bei den Wirbeltieren konzentriert sich die Tätigkeit auf zwei Paar Gliedmaßen, und die Funktionen der einzelnen Organe sind weit weniger von deren Gestalt abhängig . . .“

Auf verschiedenen Wegen gelangte man demnach einerseits zur Ameise, andererseits zum Menschen. Die Ameise aber ist die vollkommenste Verkörperung des Instinktes, der Mensch die höchste Vollendung der Intelligenz. Bergson will uns in sehr überzeugender und verlockender Weise die beiden Entwicklungswege weisen, deren Endpunkte Instinkt und Intelligenz ausmachen.

„Empfindungslosigkeit der Pflanzen, Instinkt und Intelligenz sind die Elemente, die alle drei aus der Lebenstätigkeit hervorgehen. Während einer Entwicklung, in der sie sich häufig in den unerwartetsten Formen manifestierten, gingen ihre Wege, allein durch das Faktum ihrer Weiterentwicklung, auseinander. Der Grundirrtum, der seit Aristoteles sich von Geschlecht zu Geschlecht weiter vererbt und die meisten Naturphilosophien verseucht hat, liegt darin, daß man in dem pflanzlichen, dem instinktiven und dem vernünftigen Leben drei Entwicklungsgrade des gleichen Geschehens annehmen wollte, während es doch drei divergierende Richtungen einer Lebenstätigkeit sind, die sich auf einer gewissen Ausbildungsstufe in diese drei Wege gespalten hat. Die Unterschiede zwischen diesen drei Richtungen sind nicht etwa Intensitätsunterschiede, oder auch nur graduelle Unterschiede, sie sind vielmehr durch eine Wesensverschiedenheit bedingt.“

Wenn dem wirklich so ist, dann können wir uns nicht mehr darüber wundern, daß die Methoden, die man mit gutem Erfolge bei der Analyse der Instinkte und der Intelligenz anwendet, untereinander verschieden sind. Auch meine Unterteilungen fänden dadurch ihre Rechtfertigung.

---

## Erster Teil.

# Experimentelle Analyse der Lebenstätigkeiten der niederen Tiere.

---

### I.

#### Anwendung der physikalischen Chemie auf die Psychologie.

Ein Gesichtspunkt, der sich bei den Untersuchungen über die Lebenstätigkeiten der niederen Tiere besonders fruchtbar erwiesen hat, ist der physikalisch-chemische. Nach Jacques Loeb sind die Tiere „chemische Maschinen“, und die wissenschaftliche Analyse der psychischen Erscheinungen hat nur die Aufgabe, die ihnen zugrunde liegenden physikalisch-chemischen Gesetze aufzufinden. Loeb selbst erbrachte den Nachweis, daß sich diese Forderung — wenigstens für manche Fälle — erfüllen läßt, und ich möchte gleich hier wenigstens die wichtigsten durch die Anwendung physikalisch-chemischer Methoden auf die Psychologie gewonnenen Resultate anführen.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vergl. den Vortrag von J. Loeb auf dem Genfer Kongreß (1909) und „Die Bedeutung der Tropismen für die Tierpsychologie“. Leipzig 1909.

Erster Fall. — Ein Tier, das seitlich vom Licht getroffen wird, dreht sich automatisch herum, bis es der Lichtquelle gegenüber steht.

Bei diesem Vorgang müssen wir zwei Faktoren berücksichtigen: die photochemische Wirkung des Lichtes und den symmetrischen Körperbau des Tieres.

Was die photochemische Wirkung des Lichtes betrifft, so wissen wir heute, daß eine große Zahl chemischer Reaktionen im organischen Körper, ganz besonders Oxydationsprozesse, durch das Licht beeinflußt werden. Man braucht sich in dieser Hinsicht nicht allein auf Loeb zu verlassen, die Arbeiten von Luther, Neuberg, Ciamician und Wolfgang Ostwald weisen nach der gleichen Richtung. Auf Grund der zahlreichen, von diesen Forschern aufgefundenen Tatsachen, haben wir das Recht zu behaupten, daß die Wirkung des Lichtes auf Tiere und Pflanzen im letzten Grunde auf eine Veränderung in der Geschwindigkeit des Ablaufs chemischer Reaktionen in den Retinazellen, oder anderen lichtempfindlichen Zellen des Organismus, zurückgeht. Mit der Lichtintensität nimmt auch die Geschwindigkeit mancher chemischer Reaktionen, speziell der Oxydationen, nach einem Gesetz zu, an dessen Erforschung man gegenwärtig arbeitet.

Wenn wir andererseits von dem symmetrischen Körperbau der Organismen sprechen, so meinen wir nicht bloß eine morphologische, sondern auch eine chemische Symmetrie. Die symmetrischen Körperstellen sind chemisch identisch und zeigen den gleichen Stoffwechsel, während die nicht symmetrischen Körperstellen chemisch verschieden sind und im allgemeinen einen quantitativ und qualitativ verschiedenen Stoffwechsel besitzen.

## 10 Experim. Analyse der Lebenstätigkeiten der niederen Tiere.

In dem oben erwähnten Fall einer seitlichen Beleuchtung sind die beiden Netzhäute ungleich belichtet und die chemischen Reaktionen, beispielsweise die Oxydationen, gehen in der einen Retina rascher vor sich als in der anderen. Dementsprechend treten in dem einen Sehnerv bedeutendere chemische Änderungen ein, als in dem anderen. Diese Verschiedenheit der Reaktionen wird von den sensiblen zu den motorischen Nerven und schließlich zu den von den letzteren innervierten Muskeln fortgeleitet. Die Folge ist, daß die Muskeln der einen Körperhälfte in stärkere Tätigkeit geraten als die der anderen. Durch die ungleiche Tätigkeit der symmetrischen Muskeln beider Körperhälften wird dann natürlich auch eine Änderung in der Fortbewegung des Tieres bedingt.

In dieser Weise erklärt Loeb eine bekannte Lebenserscheinung, den Heliotropismus. Ein typisches Beispiel hierfür bietet das Verhalten der Blattläuse (Aphiden). Hält man mit Blattläusen stark infizierte Pflanzen im Zimmer und läßt diese austrocknen, so verwandeln sich die anfangs ungeflügelten Aphiden in geflügelte, die nach dem erleuchteten Fenster fliegen. „Wenn eine einzige Lichtquelle vorhanden ist und das Licht die Tiere von der Seite trifft, so werden unter den Muskeln, welche die Drehung des Kopfes oder des Körpers besorgen, gerade diejenigen in stärkere Spannung und Tätigkeit geraten, die auf der belichteten Seite des Tieres liegen. Infolgedessen wird der Kopf und damit der ganze Körper des Tieres gegen die Lichtquelle gerichtet. Sobald das geschehen ist, werden die beiden Retinae gleich stark beleuchtet, und die Muskeln in den beiden Körperhälften arbeiten nunmehr gleich stark. Es ist infolgedessen kein Grund mehr vorhanden, daß das Tier in dem einen oder anderen Sinne

aus dieser Richtung abweichen sollte. Es wird deshalb automatisch zur Lichtquelle geführt.“

Erinnern wir uns, daß man früher lange Zeit hindurch das Fliegen der Insekten nach dem Licht durch einen „Willensakt“ der Tiere zu erklären versuchte. Wie man aber jetzt sieht, ist das Insekt dem Licht in gleicher Weise unterworfen, wie ein fallender Stein der Schwerkraft. Freilich darf man diesen Vergleich nur *cum grano salis* nehmen. Loeb selbst sagt ja „nur ist die Wirkung der Schwerkraft auf die Bewegungsrichtung des fallenden Steins eine direkte, während die Wirkung des Lichtes auf die Bewegungsrichtung der Aphiden eine indirekte ist, insofern als erst vermittelt der Beschleunigung von chemischen Reaktionen das Tier veranlaßt wird, sich in einer bestimmten Richtung zu bewegen.“

Zweiter Fall. — Schwerer lassen sich jene Fälle erklären, in denen die Tiere ihre Bewegungsrichtung so lange ändern, bis sie mit der Vertikalen, oder wenigstens einer der Vertikalen am nächsten kommenden Richtung, zusammenfällt. Loeb hat schon vor nunmehr zwölf Jahren sich diese Erscheinung in folgender Weise zu erklären gesucht. In den gegenüber der Schwerkraft empfindlichen Zellen sollen sich zwei Substanzen von ungleichem spezifischen Gewicht befinden, z. B. zwei nicht oder nur schwer mischbare flüssige Stoffe, oder ein fester und ein flüssiger Stoff. Wenn der Tierkörper nun eine zur Schwerkraft schräge Stellung einnimmt, so ist natürlich die gegenseitige Lagerung der beiden Stoffe auf beiden Körperseiten verschieden. Diese Verschiedenheit der gegenseitigen Stellung der Substanzen kann eine Verschiedenheit in der Geschwindigkeit der chemischen Reaktionen bewirken; die Folgen wären dann analog, wie bei seitlicher

Beleuchtung. Man spricht in diesen Fällen von Geotropismus.

Dritter Fall. — Ein nicht oder nur schwach heliotropisches Tier kann künstlich, durch Behandlung mit irgend einer chemischen Substanz, stark heliotropisch gemacht werden.

Ein überraschendes Beispiel für das eben Gesagte finden wir in dem Verhalten der kleinen Süßwasserkopepoden. Bringt man diese Tiere in ein nur von einer Seite her beleuchtetes Aquarium, so kümmert sich die Mehrzahl gar nicht um das Licht. „Das wird mit einem Schlage anders, wenn wir dem Wasser etwas Säure, am besten die leicht in die Zellen diffundierende Kohlensäure zusetzen. Wir tun das, indem wir einige Kubikzentimeter kohlensäurehaltiges Wasser langsam zu je 50 ccm Süßwasser zusetzen. Ist das geschehen, so werden die Tiere in wenigen Minuten alle energisch positiv heliotropisch, bewegen sich so geradlinig, wie es die Unvollkommenheit ihrer Schwimmbewegung erlaubt, zur Lichtquelle und bleiben hier dicht gedrängt an der Lichtseite des Gefäßes sitzen“ . . . „Wie bringt nun die Säure diese Wirkung zustande? Wir wollen annehmen,“ meint Loeb, „daß die Säure als ein Sensibilisator wirkt. Das Licht bewirkt chemische Umsetzungen, z. B. Oxydationen, an der Oberfläche des Tieres, insbesondere des Auges . . . Die Masse der photochemischen Stoffe, welche durch das Licht umgesetzt wird, ist oft relativ klein, so daß auch, wenn das Licht die Krustaceen (Copepoden) nur auf einer Seite trifft, doch der Unterschied des Stoffumsatzes auf beiden Seiten des Körpers zu gering bleibt, um eine für die Drehung des Tieres zur Lichtquelle ausreichende Spannungsverschiedenheit in den