Die theoretischen Betrachtungen und die experimentellen Befunde zeigen also übereinstimmend, daß es möglich ist, die Faltung plastischer Substanzen, der Gesteine, weicher Metalle¹⁾ usw.,

¹⁾ Hieraus ergeben sich nicht nur für die Beobachtung in der Natur, sondern auch für die Technik wichtige Folgerungen.

Über das Verhalten von Libellen- und Eintagsfliegenlarven.

VON FRIEDRICH ALVERDES, Halle a. S.

In 3 Publikationen¹⁾ habe ich mich mit dem „Verhalten“ der wasserlebenden Larven von Ephemeren und Libellen — und zwar aus den Gattungen *Cloëon* und *Agrion* — beschäftigt. Bei diesen Larven funktionieren noch nicht, wie bei dem erwachsenen Tier, die 3 Nebenaugen, sondern allein die beiden Komplexaugen. Zerstört man bei einer *Cloëon*-Larve das eine Komplexauge mit Hilfe einer glühenden Nadel, so nimmt das Tier fortan eine durchaus schiefe Körperstellung ein; diese letztere ist eine Folge davon, daß die einseitige Blendung eine dauernde Herabsetzung des Muskeltonus auf der Gegenseite hervorruft. Am stärksten schief gehalten wird der Kopf; aufwärts gewandt ist dabei ausnahmslos das geblendete Auge. Im gleichen Sinne geneigt sind Thorax und Abdomen; das Hinterleibsende, das den geringsten Neigungsgrad aufweist, ist meist nach der geblendeten Seite herübergebogen. Dieses Herüberbiegen des hinteren Körperendes läßt sich erklären durch eine gewisse Erschlaffung der Abdominalmuskeln auf der der Blendung gegenüberliegenden Seite; entsprechend wird die Wendung des Kopfes hervorgerufen durch eine Herabsetzung des Muskeltonus auf der intakten Seite. Die 3 Extremitäten der geblendeten Seite behalten den normalen Streckungsgrad bei; diejenigen der Gegenseite sind hingegen mehr oder weniger stark eingekrümmt, wodurch aber der betreffende Körperpart nicht erhoben, sondern abwärts geneigt wird. Es funktioniert also das Komplexauge der *Cloëon*-Larve als „tonisches Sinnesorgan“, d. h. der Muskeltonus der einen Körperhälfte wird weitgehend beeinflusst durch die Lichtperzeption, welche von seiten des Komplexauges der Gegenseite statthat.

Dunkelheit setzt bei der *Cloëon*-Larve in gleicher Weise den Muskeltonus herab wie die Blendung. Am deutlichsten ließ sich dies an einseitig geblendeten Individuen zeigen. Die betreffenden Tiere wurden aufgescheucht und, während sie noch herumschwammen, mit einem Pappsturz überdeckt. Wurde der letztere nach einigen Minuten wieder aufgehoben, dann drehten in gelungenen Fällen die Versuchstiere das Hinterleibsende regelmäßig zur geblendeten Seite herüber; gleichzeitig setzte eine geringfügige Bewegung nach der intakten Seite hin ein. Diese wurde dadurch verursacht, daß die 3 Extremitäten der dem intakten Auge gegenüberliegenden Seite sich ein wenig streckten, wobei aber die Krallen dieser Gliedmaßen am gleichen Platze verharren. Infolgedessen wurde der Tierkörper seitwärts nach der unblendeten Seite verschoben, und die 3 Extremitäten, welche dieser letzteren angehörten, machten einige Bewegungen, bis ein neues Gleichgewicht gewonnen war; das Tier nahm

¹⁾ Zool. Anz. 58, 13–32. 1924; Biol. Zentralbl. 43, 577–605. 1923; Zeitschr. f. wiss. Biol. Abt. A (im Druck).

nach der klassischen Elastizitätstheorie zu berechnen.

Die geologische Tektonik ist daher heute nicht mehr lediglich eine beschreibende, sondern daneben auch schon eine exakte Wissenschaft. Es steht der experimentelle Weg des Laboratoriumsversuchs mit naturgetreuen Modellen und der Weg der Rechnung nach der klassischen Elastizitätstheorie offen.

dann die übliche schiefe Stellung ein. Diese ganzen Erscheinungen, die sich nach Belichtung der einseitig geblendeten, vorübergehend in Dunkelheit befindlichen *Cloëon*-Larve einstellen, erklären sich daraus, daß sich auf der dem intakten Komplexauge gegenüberliegenden Seite bei Beginn der Lichtperzeption der Muskeltonus erhöhte. Nach beiderseitiger Blendung wird der Muskeltonus in beiden Körperhälften gleichmäßig herabgesetzt, und das Tier sitzt wieder gerade.

Trotzdem bei der einseitig des Komplexauges beraubten *Cloëon*-Larve der Muskeltonus auf der Gegenseite dauernd verringert ist, vollzieht sich bei ihr das Schreiten geradlinig vorwärts und nicht etwa unter Abweichung nach der einen oder anderen Seite. Kreisbewegungen nach einseitiger Blendung werden für viele andere Objekte von den Autoren beschrieben; doch handelt es sich dann immer um Arten, die entweder positiv oder negativ phototaktisch sind, und zwar erfolgen Kreisbewegungen zum Lichte hin bei positiv, von diesem fort bei negativ phototaktischen Arten. Wenn nun die einseitig geblendete *Cloëon*-Larve sich in ihrer Fortbewegungsrichtung durch das Licht nicht beeinflussen läßt, so liegt dies daran, daß *Cloëon*-Larven weder positiv noch negativ phototaktisch sind, sondern sich dem Lichte gegenüber indifferent verhalten.

Hingegen schwimmen einseitig geblendete *Cloëon*-Larven ausnahmslos in Spiralen, was sich mit einer Kreisbewegung wohl in Parallele setzen läßt. Intakte oder beiderseits geblendete Kontrolltiere schwimmen nie in dieser Weise. Die Rotation vollzieht sich dabei im Sinne der beim Sitzen schon vorhandenen schiefen Körperstellung, also gleichsam mit dem geblendeten Auge voran über die intakte Seite.

Wenn bei der *Cloëon*-Larve die vom einen Komplexauge ausgeübte Photorezeption den Muskeltonus der Gegenseite beeinflusst, so ist damit natürlich noch nicht das Allermindeste über das Zustandekommen der Orientierung der Insekten zu einer Lichtquelle ausgesagt. Im Sinne der LOEBschen Tropismentheorie ist mein Befund also keineswegs zu verwerten. Denn eine solche Orientierung ist ein durchaus einheitlicher Akt; es arbeiten dabei nicht etwa zwei Körperhälften unabhängig voneinander oder gegeneinander.

Das Schreiten der *Cloëon*-Larven ist offenbar eine Tätigkeit, die in ihren Einzelheiten mehr unter der Kontrolle des Tieres steht als das Schwimmen. Dies geht aus dem Verhalten einseitig geblendeter Individuen hervor. Denn wenn das Schwimmen erst einmal in Gang gebracht worden ist, dann kann dabei das Tier die einseitige Herabsetzung des Muskeltonus nicht ausgleichen; beim Geradeausstreiten geschieht dies jedoch stets.

Das Schwimmen der *Cloëon*-Larve wird durch lebhaftes Auf- und Abschlagen des mit 3 langen Schwanzborsten versehenen Abdomens bewirkt; diese Schwanz-

borsten sind in der Horizontalen mit zahlreichen Fiederchen besetzt. Der Schwanzfächer ist für die *Cloëon*-Larve eine Art Universalorgan; er ist beim Schwimmen ebenso wie beim Schreiten und Klettern wichtig; im letzteren Falle stützt sich das hintere Körperende des Tieres auf die Borstenenden. Eine sehr wichtige Funktion der Schwanzborsten ist ferner die, daß das Tier unliebsamen Ankömmlingen dieselben entgegenreckt oder daß es mit ihnen wie mit Reitgerten Hiebe nach allen Seiten hin auszuteilen vermag. Auf diese Weise kann sich die *Cloëon*-Larve andere Tiere buchstäblich vom Leibe halten, sei es, daß diese bereits den drohend erhobenen Schwanzfächer fliehen (wie dies meist für die gut sehende *Daphnia* gilt), sei es, daß dieselben erst durch einen Hieb zu einer Änderung ihrer Bahn veranlaßt werden. Mit den Fühlern schlägt die *Cloëon*-Larve niemals, wohl aber streckt sie diese einem Ankömmling entgegen und nimmt ihn so dauernd unter Kontrolle. *Doflein* hat derartige Zielbewegungen der Fühler bei dekapoden Krebsen als „Signalreaktion“ bezeichnet.

Bei Libellenlarven aus der Gattung *Agrion* läßt sich nach einseitiger Blendung eine Herabsetzung des Muskeltonus weder beim Sitzen noch beim Schreiten erkennen; wohl aber manifestiert sich eine solche beim Schwimmen. Denn hierbei bewegen sich einseitig geblendete *Agrion*-Larven ebenso in einer Spirale wie die des einen Komplexauges beraubten *Cloëon*-Larven.

Der Beutefang vollzieht sich bei den sehr räuberischen Libellenlarven in der Weise, daß das Labium vorgeschleudert und so die Beute gepackt wird. Dieses Vorschnellen des Labium wird bei der hungrigen, anderweit nicht gestörten *Agrion*-Larve ausgelöst durch jedes nicht zu große und nicht zu lebhaft bewegte belebte oder unbelebte Objekt. Für die Perzeption der Beute spielt die wichtigste Rolle der Tastsinn, die nächstwichtigste das Auge. Als Organ des Tastsinnes sind senkrecht stehende, lange, dünne

Haare anzusprechen, die vereinzelt überall am ganzen Körper sich finden. Vor dem Ergreifen gabelt die *Agrion*-Larve die Beute durch ihre beiden Fühler ein und ermittelt auf diese Weise den Standort derselben. Schneidet man die Fühler ab, so stört dies die Genauigkeit der Lokalisation in den ersten Tagen erheblich; doch lernen sowohl ungeblendete wie einseitig und beiderseitig geblendete Tiere innerhalb von etwa zwei Wochen mit der alten Präzision auch ohne Fühler die Beute zu fassen.

Außer dem Beutehaschen führt die *Agrion*-Larve mit Hilfe ihres Labium nicht allzu selten ein „Zwicken“ aus, das lediglich der Verteidigung dient. Wenn zwei intakte Individuen die gleiche Beute beschleichen, so „hemmen“ sie sich dabei wechselseitig erheblich, und zwar lediglich durch ihre Anwesenheit, ohne daß sie sich irgendwie berühren. Ist dann die Beute von dem einen der beiden Rivalen ergriffen worden, so faßt der andere nur noch in den seltensten Fällen ebenfalls zu. Entsprechend kann der Experimentator an seinem Objekt durch vorsichtiges Nähern einer Nadel den Raubinstinkt wecken; läßt er dann aber noch eine zweite Nadel erscheinen, so hält das Versuchstier inne oder zieht sich gar zurück. An einseitig geblendeten *Agrion*-Larven war zu zeigen, daß nach derjenigen Körperseite hin, auf welcher das Auge noch in Funktion ist, fast stets eine lebhaftere Reaktion eintritt als nach der blinden Seite. Auf rein optische Reize wird von seiten der *Agrion*-Larve in der gleichen Weise wie auf rein taktile reagiert; ein sehendes Tier packt also mit derselben Bewegung die still vor ihr liegende Mückenlarve wie ein geblendetes Individuum die vorüber-schwimmende Beute.

Je länger man die Eintagsfliegen- und Libellenlarven beobachtet, um so klarer tritt es hervor, daß sie nicht bloß „Reflexmaschinen“ sind (wie manche Autoren solche Tiere aufgefaßt wissen möchten), sondern daß es sich um höchst variabel und in Grenzen „autonom“ reagierende Organismen handelt.

Besprechungen.

DESSAU, BERNHARD, *Lehrbuch der Physik*. Vom Verfasser aus dem Italienischen übertragen. 2. Bd.: Optik, Elektrizitätslehre. VI, S. 696—1627, 554 Abb. und 1 Tafel. Leipzig: Joh. Ambr. Barth 1924. Preis geh. 30, geb. 32 Goldmark.

An dem 1. Bande dieses Werkes habe ich an dieser Stelle s. Z. ziemlich scharfe Kritik geübt. Manches von dieser Kritik trifft auch auf den vorliegenden 2. Band zu. Auch er stellt nicht das grundsätzlich auf dem Boden moderner Anschauungen stehende Lehrbuch dar, wie es sich der heutige Experimentalphysiker als Hilfsmittel für seine Studierenden wünschen muß.

Mit dem heutigen Stande der Physik ist schon die stoffliche Einteilung nicht verträglich. Die Optik gehört nicht vor die Elektrizitätslehre, sondern als ein Spezialkapitel von ihr dahinter. Der Verfasser hat nicht den Versuch gemacht, — der sehr wohl durchführbar ist, — die Elektrizitätslehre von Anfang an auf die Elektronentheorie und die Atomistik überhaupt zu fundieren. Noch immer erscheinen die Röntgenstrahlen bei der Elektrizitätslehre, statt bei der Optik, wohin sie gehören. Die Behandlung der Radioaktivität, der Atomtheorie und Quantenlehre bei der Elektrizitätslehre läßt sich zur Not rechtfertigen, wenn es auch zweckmäßiger erschiene, die gesamte moderne Atomistik in einem besonderen Abschnitt zusammen-

zufassen. Keinesfalls aber gehört die Relativitätstheorie in die Elektrizitätslehre hinein. Der Verfasser hat alle diese Dinge, mit Ausnahme der in einem besonderen Kapitel behandelten Radioaktivität, in einem Kapitel „Vom Weltbild der heutigen Physik“ zusammengefaßt. Dieser Titel ist völlig unzutreffend.

Zu bemängeln ist ferner die bildliche Ausstattung. Die Darstellungen von Apparaten, oft völlig unmoderne Typs, sind überaus roh. Von photographischen Klischees ist überhaupt kein Gebrauch gemacht. Auf der Spektraltafel würde man lieber die wichtigsten Typen von Spektren sehen, vor allem die Balmerserie, als die Spektren verschiedener weniger wichtiger Substanzen.

Auch in der Auswahl des Stoffes ist mancherlei auszusetzen. Gar manches könnte entbehrt oder kürzer gefaßt, anderes an die Stelle gesetzt werden. Ich vermisze, um nur einiges zu nennen, die Lummer-Gehrcke'sche Interferenzplatte, bei der drahtlosen Telegraphie wird fast ausschließlich der Kohärer und andere veraltete Methoden erwähnt, die einwandfrei als fehlerhaft nachgewiesene Geschwindigkeitsbestimmung der Röntgenstrahlen von MARX wird ausführlich behandelt und manches andere mehr.

Über der Kritik sollen aber die guten Seiten des Werkes nicht verschwiegen werden. Die Darstellung ist im allgemeinen klar und auch der Lehrende wird aus der Art der Darstellung in vielen Fällen mit Vorteil