12. Thilo, Dr. O. Die Umbildung a. d. Gliedern der Fische. Morph. Jahrb., 1896. Autoreferat. Biolog. Centralblatt, 1897.

13. Thilo, Dr. O. Die Sperrvorrichtungen im Tierreiche. Biol. Centralblatt, Bd. XIX, 1. Aug. 1899. Ergänz. ebenda, 1900. Journ. of Anat. and Physiol. Jan. 1901.

14. Thilo, Dr. O. Die Entstehung der Luftsäcke bei den Kugelfischen. Anat. Anz., Bd. XVI, Nr. 3 u. 4, 1899.

15. Thilo, Dr. O. Das Ankern der Fische. Korrespondenzblatt des Rigaer Naturforschervereins 1900.

16. Williams, Stephen. Changes accompannying the Migrat. of the eye and observat. on the tract. opt. and tect. obtic. in Pseudopleuronect. american. Bullet. of the Mus. of Comparat. Zoology at. Harvard College. Vol. XL, Nr. 1, Cambridge, Mars. U. S A. May 1902.

17. Zittel, Karl A. Handbuch der Palaeontologie, I. Abt., III. Bd., Vertebrata. München und Leipzig, R. Oldenbourg, 1887—1890.

Ueber die Lichtreaktionen der Arthropoden auf der Drehscheibe.

Von **Dr. Em. Rádl.**

Wenn sich ein Insekt (eine Ameise z. B.) auf einer Drehscheibe bewegt und wenn diese dabei nicht zu langsam und nicht zu schnell rotiert, so läuft das Insekt der Richtung der Drehung entgegen, fortwährend auf der Scheibe Kreise von verschieden großem Durchmesser beschreibend, oder, falls die Scheibe etwas schneller rotiert, dreht sich das Insekt auf derselben Stelle ebenfalls im entgegengesetzten Sinne als die Scheibe rotiert. Analoge Erscheinungen sind auch von den Crustaceen, welche im Wasser leben, ermittelt worden. Es ist auch beobachtet worden, dass die Reaktion im dunklen Raume ausfällt. Ueber die Ursache dieser Erscheinungen ist man sehr uneinig, ja meistens sieht man dieselben in kaum vorstellbaren Eigenschaften der Insekten — dies darum, weil sich eine Aehnlichkeit dieser Reaktionen mit den Reaktionen der Wirbeltiere an der Drehscheibe nicht verkennen lässt. Man glaubt im Gehirn der Insekten unbekannte Strukturen suchen zu müssen, welche jenen Reaktionen zu Grunde liegen, wie dies J. Loeb[1]) thut; oder man schreibt den Insekten eine nicht näher definierbare oder wenigstens nicht definierte Fähigkeit der Orientation im Raume zu, wie dies eine Reihe von Autoren thut, welche auf diese Art die Thatsache der Heimkehrfähigkeit vieler Insekten erklären wollen, oder endlich man glaubt, dass (bei den Wassertieren) die Strömung oder eher der ungleichmäßige Druck auf die verschiedenen Flächen

1) Pflüger's Archiv 1897.

des Körpers jene Bewegungen und Orientierungen hervorrufen kann, wie es A. Bethe[1]) und Th. Beer[2]) thun.

Ich habe mir die an der Hand liegende Frage vorgelegt, ob die Bewegungen auf der Drehscheibe nicht einfach Erscheinungen des Phototropismus der untersuchten Arthropoden sind, denn es müssen aus dem Zusammenwirken der phototropischen Orientation des Tieres und der Rotierung seiner Unterlage eben die Erscheinungen hervorkommen, welche als charakteristisch für die Insekten auf der Drehscheibe gelten. Es ist mir thatsächlich gelungen, den größten Teil dieser Reaktionen auf Phototropismus zurückführen, und oft scheint es mir, dass es eben nichts als Phototropismus ist, welcher die Erscheinungen hervorruft. Ich will hier die Thatsachen, welche dies beweisen sollen, zusammenfassend mitteilen; der ausführliche Bericht und die Besprechung der Litteratur soll demnächst veröffentlicht werden.

Da die Thatsache feststeht, dass die Insekten phototropisch sind d. h. die Fähigkeit haben, ihre Stellung und Bewegung gegen eine Lichtquelle bestimmt zu orientieren, so ist es a priori klar, dass die phototropische Reaktion bei der Drehung des Insektes um seine vertikale Axe — wodurch seine Orientierung gegen die Lichtquelle (gegen das Fenster) von Punkt zu Punkt verändert wird, auf irgend eine Art zur Geltung kommen muss. Wenn zum Beispiel das Insekt fortwährend eine solche Lage einzunehmen sucht, dass sein Kopf gegen das Fenster gerichtet ist, so muss sich dasselbe bei der Rotation seiner Unterlage auch drehen und zwar im entgegengesetzten Sinne; oder wenn der Phototropismus darin besteht, dass das Insekt gegen das Fenster läuft, so wird es auch auf der langsam rotierenden Scheibe laufen und zwar, wie es leicht vorzustellen ist, wieder der Drehung der Scheibe entgegen.

Ich habe sehr verschiedene Arthropoden auf der Drehscheibe beobachtet: *Coccinella*, *Tenebrio*, *Apis*, *Vespa*, *Chalicodoma*, *Musca*, *Eristalis*, *Pentatoma*, *Forficula*, verschiedene Locustiden und andere Insekten; ferner Larven der Coccinelliden und verschiedene Spinnen; von den Wassertieren die *Notonecta* und *Corixa*, ferner die *Corethra*-Larven, die Hydrachniden und die Cladoceren. Dabei habe ich gefunden:

1. Wenn die Drehscheibe nicht zu schnell rotiert (einmal in 1—15 Sek.), so reagieren alle (von mir untersuchten) Insekten in der Art, dass sie, falls sie sich überhaupt bewegen, bei lang-

---

1) Arch. f. miter. Anat. 1897 (die Reaktionen von Carcinus; in Bezug auf die Ameisen hat Bethe eine andere Hypothese ausgesprochen in Pflüger's Archiv 1898.

2) Pflüger's Archiv 1899 in der Anmerkung auf S. 372.

samer Rotation der Drehrichtung entgegen laufen, bei schneller auf ein und demselben Ort sich drehen. Wenn das Insekt beim Beginn der Rotation ruhig sitzt, so bleibt es in den meisten Fällen auch während der Rotation ruhig, d. h. es kann sich bewegen, aber es ist nicht die Rotation, welche die Bewegung hervorruft. In einigen Fällen ist es aber wirklich die Rotation selbst, welche das Insekt zur Bewegung nötigt. Dies ist der Fall zum Beispiel bei *Locusta*, welche bei ruhiger Scheibe stillsteht, am Anfange der Rotation langsam mit den Antennen zu bewegen beginnt und dann (nicht immer) sich zu drehen anfängt; beim Aufhalten bleibt sie wieder stehen.

2. Die Insekten reagieren nur solange, als sich ihre Unterlage dreht; bleibt sie stehen, so halten sie entweder ebenfalls auf oder laufen gerade; niemals ist es mir gelungen, nur eine Spur einer Nachwirkung bei ihnen zu sehen.

3. Wenn man genügend langsam rotiert, so sieht man, dass das Insekt thatsächlich eine bestimmte Orientation gegen die Lichtquelle (das Fenster) einzuhalten sucht. Das Insekt stellt sich zum Beispiel mit dem Kopf gegen das Fenster, und durch die drehende Unterlage aus dieser Stellung gebracht, sucht es wieder in dieselbe zurückzukehren. Diese fixe Orientierung wird durch raschere Rotation verwischt, wohl darum, weil das Tier nicht mehr im stande ist, die Geschwindigkeit der Drehscheibe durch eigene Bewegung zu kompensieren.

4. Es ist keineswegs nötig, gleichmäßig zu rotieren; man kann auch folgendermaßen vorgehen: man lässt das Insekt (*Coccinella* passt dazu sehr gut, da sie nicht zu schnell läuft) auf ruhiger Drehscheibe laufen; sie läuft gerade auf das Fenster hin (oder auch in einer anderen Richtung). Nachdem sie einige Centimeter von dem Rande der Scheibe entfernt ist, dreht man um 180° und die *Coccinella* dreht sich ebenfalls und gleichmäßig und läuft jetzt zurück, man drehe um 90° und die *Coccinella* kompensiert auch diese Drehung; auf diese Weise kann man sich z. B. die Aufgabe stellen, die *Coccinella* auf einer beliebig auf der Drehscheibe vorgezeichneten Bahn laufen zu lassen und man bringt dies durch geeignete Drehung der Scheibe unter der sich bewegenden *Coccinella* bis zu gewissen Grenzen der Genauigkeit zu stande.

5. Wenn man alles an den Seiten auf die Drehscheibe einfallende Licht auffängt und dasselbe nur von oben einfallen lässt, fallen auch bei sonst guter Beleuchtung alle Kompensationen aus; das Insekt läuft gerade oder auch in einer irgendwie gekrümmten Bahn auf der, sei es langsam oder rasch rotierenden Scheibe.

6. Bedeckt man die Drehscheibe mit einer Glasglocke und rotiert, während sich ein Insekt auf der Seitenwand dieser Glocke befindet, so reagiert das Insekt ganz in derselben Weise als wenn es sich an der

Scheibe selbst bewegt, obwohl jetzt das Insekt um seine anteropheriore Axe gedreht wird; sehr deutlich habe ich dies bei *Eristalis* und bei der Wespe gesehen, ich weiß aber nicht, ob es für alle Insekten gilt, da die glatten Wände der Glasglocke bei der Untersuchung störend einwirken.

Ebenfalls reagieren durch die Drehung in entgegengesetztem Sinne die Insekten (*Coccinella*, *Eristalis*, Wespe), welche sich auf der ebenen Decke einer Glasglocke — mit dem Rücken nach unten gekehrt — befinden.

Ferner sah ich, dass *Eristalis* sich in entgegengesetzter Richtung wie die Drehscheibe dreht, wenn ich diese Scheibe um eine horizontale Axe gedreht habe, so dass die Lichtstrahlen senkrecht auf die Axe der Scheibe fielen.

Es ist also wie die Orientierung des Insektes gegen die Drehungsaxe, so auch die Richtung dieser Axe gleichgültig, nur wenn das Insekt bei der Drehung seine Lage gegenüber der Lichtquelle ändert.

7. Regelmäßig dreht sich das Insekt der Drehung der Scheibe entgegen, dass aber seine Drehung nur den Zweck hat, das Insekt gegen die Lichtquelle zu orientieren, folgt ferner daraus, dass das Insekt auch in der Richtung der Drehung sich umkehren kann, wenn es auf diese Weise leichter in die Normalstellung gegen die Lichtquelle gelangt. Ich habe nämlich bereits erwähnt, dass, solange man langsam dreht, das Insekt im stande ist, durch Gegendrehung seines Körpers dieselbe Orientation gegen das Licht einzuhalten. Wenn man nun etwas rascher dreht, wird das Insekt — ich habe das sehr deutlich an *Locusta* sehen können — bei jeder Umdrehung der Scheibe um einen mehr oder weniger großen Betrag in der Drehrichtung der Scheibe getragen, nämlich um den Betrag, den zu kompensieren es nicht mehr im stande ist. Bei der zweiten Umdrehung wird diese Ablenkung größer, dann noch größer, bis sie mehr als 180° beträgt. Da nun das Tier, die *Locusta*, nur darum sich dreht, um mit dem Kopfe dem Licht gegenüber stehen zu können, so ist es offenbar, dass sie aus der letzterwähnten Lage auf kürzerem Weg in die geforderte Orientierung gelangt, wenn sie sich in der Drehrichtung der Scheibe bewegt, als wenn sie ihr Bemühen sich gegenüber der Drehrichtung zu bewegen fortsetzt. Thatsächlich kann man durch eine geeignete Drehungsgeschwindigkeit die *Locusta* (und ebenfalls andere Insekten) sehr leicht dazu bringen, dass sie von Zeit zu Zeit auf einmal ihre Drehung in einem Sinne unterbrechen, einen Bogen in entgegengesetzter Richtung beschreiben, um wieder in der ursprünglichen Richtung sich weiter zu drehen. Ich weiß nicht, wie man diese Unterbrechungen anders erklären könnte als dadurch, dass das Insekt die Orientation gegen etwas außerhalb der Scheibe einzuhalten sucht.

8. Ich habe mich bisher umsonst bemüht, bei den Spinnen deutliche Reaktionen auf der Drehscheibe zu bekommen. Ich glaube, dass dies nur in ihrer für die Versuchsanordnung ungünstigen Bewegungsart seine Ursache hat, nicht darin, dass auf sie das Licht überhaupt nicht orientierend wirken würde. Die Spinnen, die ich bisher untersucht habe, stehen entweder stumpf, ich kann rotieren oder nicht, oder sie laufen pfeilschnell und gerade über die Drehscheibe fort. Es gelang mir aber bei sehr langsamer Rotation, die geradlinige Bewegung eines *Phalangium* in eine bogenförmige umzuwandeln. Auch bei den Coccinelliden larven habe ich mich mit einem solchen Resultate befriedigen müssen. Wahrscheinlich orientieren sich diese Tiere sehr langsam und sind nicht im stande, bei etwas rascher Drehung ihre Orientation den sich schnell ändernden Richtungen anzupassen.

9. Auch die Wasserinsekten, ferner die Hydrachniden und die Cladoceren reagieren in einer ganz ähnlichen Weise auf der Drehscheibe. Man beobachte dabei diese Tiere in einem runden Glasgefäß, welches man langsam auf der Drehscheibe rotieren lässt und zwar so lange, bis sich das Wasser gleichmäßig mit dem Gefäß bewegt, was sich durch leichte im Wasser suspendierte Körperchen kontrollieren lässt; erst dann tritt die Reaktion der Wassertiere deutlich hervor, und dann ist man auch vor dem Einwande sicher, dass die Reaktion durch strömendes Wasser hervorgebracht worden ist. Wenn man auf diese Art die Cladoceren untersucht, bekommt man (bei einer Umdrehung in $1^1/_2$—25 Sek., Optimum etwa in 15 Sek.) überaus deutliche Reaktion: Die Cladoceren sind 2—5 cm von der Drehungsaxe entfernt und suchen durch starke Schläge ihrer Antennen die Drehung zu überkompensieren. An der *Hydrachna cruenta* kann man ebenfalls sehr deutlich sehen, wie sie sich bemüht, fortwährend gegenüber dem strömenden Wasser zu schwimmen. Die ganze ungemein deutliche Reaktion fällt aus, wenn man das von den Seiten einfallende Licht ablenkt, welches ein genügender Beweis ist, dass es nicht die Centrifugalkraft ist, welche diese Erscheinung hervorruft.

Ob neben der phototropischen Reaktion noch andere Lichtreaktionen bei den Versuchen auf der Drehscheibe sich ermitteln lassen, ist mir bisher nicht ganz klar geworden; jedenfalls spielt aber dabei der Phototropismus die Hauptrolle. Ich weiß ebenfalls noch nicht, wie sich diese Erscheinungen verändern bei Tieren, welche neben den Augen noch die Statocysten haben; trotzdem ist es schon jetzt klar, dass auch bei diesen Tieren, und ich glaube, dass auch bei den Vertebraten mit ihrem Bogengangapparat, wenigstens ein Teil der Erscheinungen auf der Drehscheibe auf die Rechnung des Phototropismus kommt. [64]

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: 22

Autor(en)/Author(s): Radl Em.

Artikel/Article: Ueber die Lichtreaktionen der Arthropoden auf der Drehscheibe. 728-732