

Eine neue Methode zur Erforschung des Formensehens der Insekten.

Von W. VON BUDDENBROCK, Kiel.

Das Formensehen der Insekten ist bisher nur an Hymenopteren und Schmetterlingen untersucht worden. Gelegentlich einer Studie über die optomotorischen Reaktionen der Insekten gelang es mir, eine Versuchsanordnung ausfindig zu machen, die es erlaubt, mit sehr einfachen Mitteln ein ungefähres Bild vom Formensehen gewisser anderer Insekten zu gewinnen. Das Versuchstier war die Fliege *Eristalis tenax*.

Die Anordnung besteht aus einem horizontalen Laufbrett von etwa 80 cm Länge und 30 cm Breite, das rechts und links flankiert ist durch je eine senkrechte Wand in den gleichen Dimensionen. Beide Wände werden mit bestimmten Papieren bespannt. Die Beleuchtung erfolgt durch eine von der Decke herabhängende Glühlampe, deren Licht durch ein ausgespanntes weißes Tuch einigermaßen diffus gemacht wird. Die Lampe befindet sich senkrecht über dem einen Ende der Laufbahn, sodaß

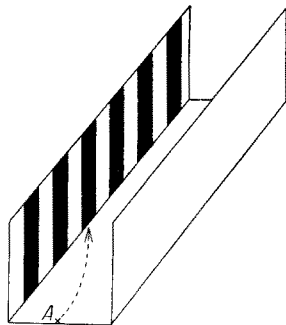


Fig. 1. Versuchsanordnung zur Prüfung des Formensehens der Insekten. Näheres Text.

phototaktische Tiere ein gerichtetes Lichtfeld vor sich haben. Beim Hauptversuch wird dem entflügelten Tier die Wahl geboten zwischen einem schwarz-weißen Streifenmuster auf der einen Wand und einer einfarbigen Fläche, die weiß, schwarz oder grau sein kann, auf der anderen Wand. Das Tier startet bei A, hat also Gelegenheit auf die Lichtquelle zuzulaufen (Fig. 1). In sämtlichen Versuchen läuft die Fliege aber nicht geradeaus, sondern schräg, oder im Bogen, oder scharf abbiegend nach der Wand, welche die Streifen trägt. Wegen der Einfachheit der Reaktion ist die Beibringung eines ausführlichen Versuchsprotokolls überflüssig. Ich begnüge mich mit der Wiedergabe einiger Spurkurven (Fig. 2 u. 3).

Bei den Streifenmustern, deren weiße und schwarze Streifen stets gleich breit (äquidistant) waren und senkrecht zur Tischebene verliefen, kamen die folgenden zur Anwendung: Streifenbreite 60 mm, 20 mm, 6 mm, 3 mm.

Die Tatsache, daß das Abweichen stets nach der Seite des Streifenmusters erfolgt, ganz gleichgültig, welche Helligkeit die gegenüberstehende Wand besitzt, beweist, daß wir es hier nicht etwa mit einer phototaktischen Reaktion zu tun haben; die Fliege wird vielmehr durch die Musterung angezogen, die auf sie stärker einwirkt als die einfarbige Fläche. Wir haben also ersichtlich ein Phänomen des Formensinns dieser Tiere vor uns, das einer näheren Untersuchung wert ist.

Die erste Frage lautet, ob die Fliege in unserem Versuch auf eine ruhende optische Struktur anspricht oder aber auf die retinalen Verschiebungen reagiert, die notwendigerweise beim Vorbeilaufen an der senkrecht gestreiften Wand entstehen müssen. Zu ihrer Lösung lassen wir dem Tiere die Wahl zwischen einem senkrechten und

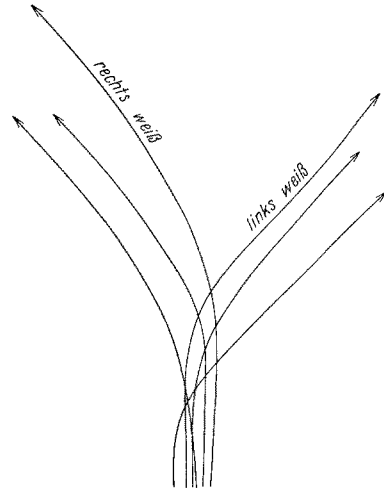


Fig. 2. Spurkurven verschiedener Exemplare von *Eristalis* bei Gegenüberstellung einer weißen und einer gestreiften Wand. (Streifenbreite 20 mm.)

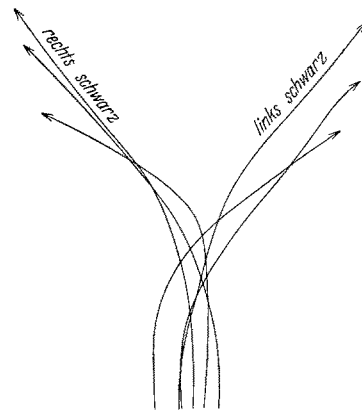


Fig. 3. Spurkurven verschiedener Exemplare von *Eristalis* bei Gegenüberstellung einer schwarzen und einer gestreiften Wand. (Streifenbreite 20 mm.)

einem horizontalen Streifenmuster von den gleichen Dimensionen (6 mm Streifenbreite). Das Insekt zeigt jetzt meist keine deutliche Hinwendung, weder nach der einen noch nach der anderen Seite. Gewöhnlich geht es schräg auf diejenige Wand zu, auf die es zufälligerweise beim Start etwas eingestellt war, oder es entscheidet sich für die näher gelegene Wand. Nur verhältnismäßig wenige der untersuchten Tiere scheinen eine nicht sehr starke

„Vorliebe“ für die horizontalen Streifen zu besitzen. Niemals wurde eine solche für die vertikalen Streifen gesehen. Hieraus folgt mit Sicherheit, daß die retinalen Verschiebungen *nicht* den wirksamen Reiz darstellen. Da dieselben bei den horizontalen Streifen fast gleich Null sind, müßte ein Tier, das auf diese Verschiebungen anspricht, deutlich nach den vertikalen Streifen abweichen.

Nachdem wir diese allgemeine Erkenntnis erlangt haben, können wir jetzt dazu übergehen, die Wirksamkeit verschiedener senkrechter Streifenmuster miteinander zu vergleichen. Die Resultate von Versuchsserie 1 sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Die jeweils zur Wahl gestellten Streifenbreiten sind einander gegenübergestellt, der Pfeil weist auf die bevorzugte Streifenbreite hin, nach welcher das Tier abweicht. Ein Doppelpfeil bedeutet: keine Entscheidung.

a)	3 mm	→	20 mm
b)	6 „	→	20 „
c)	3 „	→	60 „
d)	6 „	←	60 „
e)	20 „	↔	60 „

Die Reaktionen sind bei a), b) und c) sehr deutlich. Aus a) und b) folgt, daß eine Streifenbreite von 20 mm stärker wirkt als eine solche von 3 oder 6 mm. Der Vergleich von b) und d) lehrt, daß 20 mm wirksamer sind als 60 mm. Denn 20 mm setzen sich gegen 6 mm durch, während zwischen 6 mm und 60 mm keine Entscheidung erfolgt. Aus der Gegenüberstellung von c) und d) läßt sich ableiten, daß 6 mm wirksamer sind als 3 mm, denn 60 mm setzen sich gegen 3 mm durch, aber nicht gegen 6 mm. Wir können also behaupten, daß unter den angewendeten Streifen der von 20 mm Breite ein relatives Optimum darstellt. Die Überlegenheit dieses Streifens über den von 60 mm ist allerdings ziemlich schwach und kommt bei einer direkten Gegenüberstellung beider nicht zum Ausdruck. Dies lehrt die Versuchsreihe e); bei dieser ergibt sich eine sonst nicht beobachtete Merkwürdigkeit: Die Tiere laufen schnurgerade, ohne nach links oder rechts abzuweichen, über die Bahn parallel zur Mittellinie derselben. Man gewinnt den Eindruck, daß die Tiere beiderseits stark geführt werden. Wichtig erscheint es zu betonen, daß das Tier von der Mittellinie aus die 3 mm Streifen unter einem Winkel von mindestens 8 Grad sieht, während der durchschnittliche Öffnungswinkel des Ommatidiums etwa 1,3 Grad beträgt. Das so schwache Reagieren der Fliege auf

die 3 mm Streifen erklärt sich also keinesfalls damit, daß die Schärfe des Insekts erreicht oder gar überschritten wäre.

Es ist offenbar, daß es bei der geschilderten Anordnung zwei Variablen gibt, erstens die Streifenbreite und zweitens der Zwischenraum zwischen je zwei schwarzen Streifen. Um größere Klarheit zu gewinnen, wurden anschließend die beiden folgenden Versuchsserien durchgeführt, in denen es nur eine Variable gibt.

Es ergibt sich aus dieser Serie mit großer Deutlichkeit, daß die anziehende Wirkung des Streifenmusters bis zu einer gewissen Grenze um so stärker ist, je geringer die Zwischenräume sind, mit anderen Worten je konturreicher das Muster ist.

Ich habe versucht, den Einfluß des Konturreichtums noch auf eine andere Weise klarzulegen. Es wurden gegenübergestellt ein äquidistantes Streifenmuster von 20 mm Breite und eine Schachbrettanordnung von 20 mm Feldbreite. Beide Anordnungen enthalten Weiß und Schwarz zu je 50 %, aber die Länge der Schwarz-Weiß-Grenzen, die gewöhnlich als Maß des Konturreichtums betrachtet wird, ist beim Schachbrett genau doppelt so groß. Trotzdem trifft die Fliege zwischen beiden Mustern keine Entscheidung. Dagegen tritt eine sehr deutliche Entscheidung zugunsten des Schachbrettes ein, wenn man ihm die äquidistanten 60 mm breiten Streifen gegenüberstellt. Aus früheren Versuchen (Serie 1) ergab sich, daß 20 mm und 60 mm bei direktem Vergleich nicht unterschieden werden. Aus dem Vergleich dieser beiden letztgenannten Versuche läßt sich ableiten, daß das Schachbrett auch dem 20 mm breiten Streifen überlegen ist. Damit ist der Einfluß des Konturreichtums auf eine zweite Art bewiesen.

Aus dieser Serie ist mit Sicherheit zu schließen, daß bei konstantem Zwischenraum die Breite der schwarzen Streifen von Bedeutung ist, breitere sind etwas wirksamer als schmalere. Allerdings ist auch hier bei 20 mm eine ungefähre Grenze erreicht. Eine noch größere Verbreiterung der Streifen ist ohne deutlichen Erfolg.

Aus den beiden Versuchsserien 2 und 3 können wir jetzt ein ungefähres Verständnis unserer Ergebnisse mit den äquidistanten Streifen gewinnen (Versuchsserie 1). Es liegen hier die beiden Bedingungen, die wir in den Versuchsserien 2 und 3 kennen lernten, in Widerstreit miteinander. Je schmaler die Streifen werden, um so geringer ist ihre Einzelwirkung, um so konturreicher wird aber

Versuchsserie Nr. 2: Streifenbreite konstant 20 mm, Zwischenraum variabel.

5 mm Zwischenraum	↔	20 mm Zwischenraum.	Von 8 Tieren 1 positiv zu 20, 1 zu 5
10 „	←	20 „	„ 7 „ 0 positiv wählend
40 „	→	20 „	„ 8 „ 5 positiv zu 20
60 „	→	20 „	„ 8 „ 7 „ 20
100 „	→	20 „	„ 8 „ 8 „ 20

Versuchsserie Nr. 3: Zwischenraum konstant 100 mm, Streifenbreite variabel.

3 mm Streifenbreite	→	60 mm Streifenbreite.	Von 8 Tieren 8 positiv zu 60 mm
6 „	→	60 „	„ 8 „ 4 „ 60 „
20 „	↔	60 „	„ 7 „ 1 „ 60 „

auf der anderen Seite das Muster. Je breiter die Streifen werden, um so wirksamer sind sie ein jeder für sich, aber zugleich wird das Muster zunehmend konturärmer und entsprechend wirkungsloser. Bei 20 mm besteht anscheinend zwischen diesen beiden einander widersprechenden Bedingungen der günstigste Kompromiß.

Nach den Untersuchungen von M. HERTZ ist bei der Biene die Abhebung der Figur sehr bedeutungsvoll für ihre anziehende Wirkung. Um dies bei *Eristalis* nachzuprüfen, wurde ein weiß-graues Streifenmuster hergestellt, unter Verwendung des Grau Nr. 5 der Firma Rietzschel (49% Weiß) und verschiedenen Schwarz-Weiß-Mustern gegenübergestellt.

Versuchsserie Nr. 4 mit äquidistanten Streifen.

Weiß-Gräu	20 mm	←→	Weiß-Schwarz	60 mm	
„	20	„	→	„	20
„	20	„	←	„	6
„	20	„	←	„	3
„	60	„	→	„	20
„	60	„	→	„	6
„	60	„	←	„	3

Versuchsserie Nr. 5: Graustreifen $\frac{20}{20}$ mm verglichen mit 20 mm Schwarzstreifen bei variablem Zwischenraum.

Weiß-Gräu	←→	Weiß-Schwarz	
$\frac{20}{20}$	←→	$\frac{20}{100}$	2 Tiere positiv zu Gräu
$\frac{20}{20}$	←→	$\frac{20}{60}$	alle Tiere unentschieden
$\frac{20}{20}$	→	$\frac{20}{40}$	von 14 Tieren 5 positiv zu Schw.
$\frac{20}{20}$	→	$\frac{20}{20}$	alle Tiere positiv zu Schwarz

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von MAX HARTMANN, MAX v. LAUE, CARL NEUBERG, ARTHUR ROSENHEIM und MAX VOLMER. Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Diploide Parthenogenese bei *Hydrobia jenkinsi* Smith (Prosobranchia).

Bei der Untersuchung der Parthenogenese von *Hydrobia jenkinsi* ergab sich, daß die parthenogenetisch sich entwickelnden Eizellen nur einen einzigen Richtungskörper abschneiden (Lebendbeobachtung und Schnitte). In somatischen Mitosen (Furchungs- und frühe Embryonalstadien) beträgt die

Es geht aus diesen Versuchen wohl hervor, daß ähnlich wie bei der Biene auch hier die Abhebung eine gewisse Rolle spielt, denn Schwarz ist wirksamer als Gräu, aber sehr stark kann der Einfluß der Abhebung nicht genannt werden. So erwiesen sich von 20 geprüften Tieren bei der Gegenüberstellung von äquidistanten Gräu- und Schwarzstreifen von 20 mm Breite 11 Tiere als unentschieden, die Versuche der Serien 4 und 5 konnten daher nur mit einer Auswahl besonders gut reagierender Tiere durchgeführt werden.

Es ist selbstverständlich, daß mit den hier mitgeteilten Versuchen die neue Methode zur Erforschung des Formensinn nicht erschöpft ist. Experimente mit anderen Insekten sind im Gange. Aber schon jetzt kann wohl das folgende Fazit gezogen werden: Der bei diesen Laufreaktionen zutage tretende Formensinn hat kaum etwas mit dem Futtersuchen zu tun, wohl aber wird durch ihn die Richtung der Bewegung also auch des Fluges bestimmt. Damit ist eine Frage angeschnitten, die biologisch einigermaßen bedeutungsvoll erscheint. Wohin fliegt das Insekt? Daß hier keine Willkür herrscht, sondern bestimmte Gesetze, kann als sicher gelten, und wir lernen hier wenigstens einen der mitbestimmenden Faktoren kennen: Das Insekt wird rein reflektorisch nach derjenigen Seite abgelenkt, auf welcher dem Auge ein stärker wirkendes Muster sich bietet. Zu welchen Konsequenzen in biologischer Hinsicht dies führen muß, bedarf weiterer Untersuchungen.

Chromosomenzahl 20—22; die gleiche Zahl tritt in den Tochterplatten der Reifungsteilung auf, doch finden sich hier noch Besonderheiten, die der Klärung bedürfen. Syntetische Stadien fehlen. Die rein thelytok sich fortpflanzende Art hat demnach eine diploide (somatische) Parthenogenese.

Gießen, Zoologisches Institut, den 11. Januar 1935.
ARTHUR RHEIN.

Besprechungen.

POLITZER, GEORG, Pathologie der Mitose. Proto-plasma-Monographien. Bd. 7. Berlin: Gebr. Bornträger 1934. VII, 238 S. und 113 Abbild. 14 cm × 22 cm. Preis geb. RM 16.20.

Von den 4 Abschnitten des Buches: A. Morphologie der abnormen Karyokinese, B. Über Störungen des Kernteilungsrhythmus, C. Vergleichende Ätiologie der abnormen Karyokinese, D. Das Spezifitätsproblem, sind die beiden ersten Abschnitte, wie überhaupt durchweg die morphologischen Darstellungen am besten gelungen. Denn hier bringt der Verfasser im wesentlichen eigene, in seinen und seiner Schüler Arbeiten niedergelegten Beobachtungen über die Wirkung von äußeren Reizen (Röntgenstrahlen, Vitalfarbstoffen, Narkotika usw.) auf den Mitosenablauf in den Zellen des Hornhautepithels von Salamanderlarven. Es wird geschildert, wie es durch Veränderungen der Chromosomenoberfläche zu Verklebungen einzelner Chromosome oder zu einer Verschmelzung aller Chromosome zu einer gemeinsamen Masse kommt. Solche Ver-

änderungen bezeichnet POLITZER als Pyknose der Chromosomen, welche die Ursache sein kann für Pseudoamitosen oder, wenn hochgradig, zum Untergang der betreffenden Zellen führt. Als zweite häufige pathologische Erscheinungsform der Mitose wird die Ablenkung von Chromosomen (Rhexis) und die dadurch bedingte Teilkernbildung, und weiter die Chromosomenfragmentation geschildert. Die Abbildungen sind, wie auch im ersten Abschnitt, fast durchweg den Originalarbeiten von POLITZER und seinen Mitarbeitern entnommen. Von den zahlreichen Arbeiten über Chromosomenzerfall und -verlust auf zoologischem, z. B. Drosophilaarbeiten, und botanischem Gebiet, werden allzu einseitig nur die schönen Arbeiten von BLEIER berücksichtigt. Diese, nicht nur an dieser Stelle bemerkbare Einseitigkeit, ist bedauerlich. Denn in einer Monographie erwartet man eine Zusammenfassung des ganzen Gebietes, aus der allein allgemeine Folgerungen gezogen werden können. So bleibt die Darstellung allzu sehr am Morphologischen haften. Um diese Kritik zu