



Getarnte Tiere

BIBLIOTHEK DES SCHÜLERS

M. JOSIFOV

Getarnte Tiere

FORMEN UND FARBEN
ALS SCHUTZ DER TIERE



VOLK UND WISSEN
VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN
1961

Originaltitel:

М. ЙОСИФОВ

Защитни форми и багри в животинския свят

София 1960

Издателство „Народна Просвета“

Lizenzausgabe mit Genehmigung des Staatlichen Verlages
„Volksbildung“ Sofia (Volksrepublik Bulgarien)

Übersetzer: Hanna Rennhack, Berlin

Formen und Farben in der Natur

Formen und Farben sind die ersten Wahrnehmungen des Menschen, wenn er die Natur betrachtet. Sie entzücken ihn und erregen seine Bewunderung. Wir brauchen nur durch die Berge und Täler unserer schönen Heimat zu streifen, und wir werden uns davon überzeugen. Unter allen Farben überwiegt die grüne, die die Erde wie ein Teppich bedeckt. Und dieser Teppich, mit Blumen geschmückt, trägt alle Farben des Regenbogens.

Alle Schönheiten der Natur, die wir mit offenen Sinnen genießen, die Maler und Dichter zu herrlichen Werken beflügeln, sind nicht etwa unseretwegen von einem gütigen Geist erschaffen worden; sie sind das Ergebnis natürlichen Geschehens, beruhen auf dem Wirken von Naturgesetzen. Die von uns bewunderte Zeichnung eines Schmetterlings hat vielleicht große Bedeutung in seinem Leben.

Unter den vielen Faktoren, die beim Lebenskampf der Arten wirksam sind, kommt den Formen und Farben keine geringe Bedeutung zu; sie können ein Tier zum Beispiel schwer erkennbar machen. Davon zeugen viele Beispiele, die den Naturforschern seit langem bekannt sind. So kennen wir Schmetterlinge, die die Form eines Blattes haben, Raupen, die wie kleine Zweige wirken, oder Spinnen, die Vogelkot gleichen. Eines ist aber zu bedenken: Mag die Ähnlichkeit eines Tieres mit einem ungenießbaren Gegenstand auch noch so vollkommen sein, sie schützt das Tier nur vor Feinden, die ihre Beute mit Hilfe der Augen aufsuchen. Gegenüber Raubtieren zum Beispiel,

die ihre Nahrung mit dem Geruchsinn aufspüren, ist sie wirkungslos.

Bei einer Exkursion streifen wir einige Male mit dem Insektennetz über die Pflanzen, dann werfen wir einen Blick in den Kescher. Vor uns eröffnet sich eine Fülle, die bisher unserem Auge verborgen war. Viele kleinere und größere Insekten haben sich im Netz gefangen. Ein großer Teil, besonders der Heuschrecken, ist grün gefärbt wie das Gras. Das ist selbstverständlich eine Färbung, die sie im Grase unsichtbar macht – eine Schutzfarbe, wird ein jeder von uns denken. Völlig richtig! Haben doch auch wir nicht so viele Tiere vermutet, da sie mit unserem Auge nicht zu bemerken waren.

Wir sind gewohnt anzunehmen, daß die Tiere ebenso sehen wie die Menschen. Das ist aber nicht immer so. Damit wir die Verhältnisse richtig untersuchen können, müssen wir genauere Methoden anwenden, bei denen wir uns nicht auf unsere Sinnesorgane allein verlassen. Eine Möglichkeit für unsere Untersuchungen bietet die Benutzung eines Fotoapparates.

Schon vor langer Zeit fragten die Gelehrten, worauf die grüne Farbe vieler Insekten zurückzuführen sei. Man könnte annehmen, daß sie wie bei den Pflanzen durch Blattgrün hervorgerufen werde, nehmen doch viele Insekten Pflanzennahrung zu sich. Vielleicht sammelt sich Blattgrün aus der Nahrung an der Oberfläche ihres Körpers und färbt sie grün? Diese Annahme hat sich nicht bestätigt. Heute weiß man, daß die grüne Farbe der meisten Tiere durch andere Farbstoffe hervorgerufen wird. Nur bei einigen (z. B. beim Grünen Süßwasserpolypen) beruht sie auf dem Chlorophyll von Algen, die in Symbiose mit ihnen leben.

Seit langem kennen wir eine Eigenschaft des Chlorophylls, durch die es sich von anderen Farbstoffen unterscheidet. Es ist in der Lage, infrarote Strahlen stark zu reflektieren. Wenn wir zum Beispiel vom Flugzeug aus

mit Hilfe fotografischer Platten, die für infrarote Strahlen empfindlich sind, Aufnahmen machen, so erscheinen mit grünen Pflanzen bewachsene Stellen hell, mit grüner Farbe gestrichene Flächen dagegen dunkel. Wenn wir mit solchen Platten eine grüne Heuschrecke auf dem grünen Hintergrund eines Blattes fotografieren, wird der Grashüpfer dunkel erscheinen und das Blatt hell (Abb. 1).



Abb. 1 Fotografie einer grünen Heuschreckenlarve auf einem grünen Blatt. Im oberen Bild wurde das Tier mit dem üblichen Film aufgenommen, für das untere Bild hat man einen infrarotempfindlichen Film verwendet.

Für das menschliche Auge ist die grüne Farbe gut als Tarnung geeignet, nicht aber für die infrarotempfindliche fotografische Platte. Gegenüber einem Tier, das infrarote

Strahlen sieht, ist folglich die grüne Farbe des Insekts auf dem Hintergrund der Pflanzen kein Schutz. Und es gibt Tiere, zum Beispiel Schildkröten-Arten, deren Augen für Infrarot empfindlich sind.

Bevor wir also von Schutzfarben bei Tieren sprechen können, müssen wir feststellen, wie die verschiedenen Tiere ihre Umwelt sehen. Zuerst aber wollen wir uns damit beschäftigen, auf welche Weise wir Menschen Farben sehen.

Wodurch sehen wir Farben?

Wenn die Sonne untergeht und sich Dunkelheit über die Erde breitet, erscheinen uns alle Gegenstände grau. Schalten wir die Beleuchtung unseres Zimmers ein, so sehen wir die Gegenstände wieder farbig. Folglich gibt es eine Verbindung zwischen dem Licht und dem Farbempfinden. Die Physik lehrt, daß das Sonnenlicht, wie Funkwellen oder Röntgenstrahlen, aus elektromagnetischen Wellen besteht. Diese elektromagnetischen Wellen können wir nach ihrer Wellenlänge folgendermaßen einteilen:

Einteilung der elektromagnetischen Wellen

Benennung	Wellenlänge etwa
Funkwellen	2 km bis 0,03 mm
Lichtwellen	0,3 mm bis 10 nm ¹⁾
Röntgenwellen	10 nm bis 0,01 nm
Gammastrahlen	0,3 nm bis 0,03 pm ²⁾

Die Lichtwellen sind also nur ein Teil der elektromagnetischen Wellen, und auch von ihnen empfindet unser Auge nur den mittleren Bereich. Durch die Strahlen der

¹⁾ 1 nm = 1 Nanometer = 0,000 000 001 m = 0,000 001 mm

²⁾ 1 pm = 1 Picometer = 0,000 000 000 001 m = 0,000 000 001 mm

Grenzbereiche, das ultrarote (infrarote) Licht und das ultraviolette Licht, werden die Sinneszellen unseres Auges nicht gereizt.

Einteilung der Lichtwellen

Benennung	Wellenlänge etwa
Ultrarotes (infrarotes) Licht	0,3 mm bis 790 nm
Für den Menschen sichtbares Licht	790 nm bis 390 nm
Ultraviolettes Licht	390 nm bis 10 nm

Wenn wir ein Sonnenstrahlenbündel durch ein Glasprisma auf ein weißes Blatt Papier leiten, erhalten wir statt des weißen Sonnenlichts einen bunten Streifen in den Farben des Regenbogens: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett. Dieser Farbstreifen ist das Sonnenspektrum oder, genauer gesagt, sichtbare Spektrum des Sonnenlichts. Neben die violetten und roten Teile dieses sichtbaren Spektrums fallen die für den Menschen nicht sichtbaren ultravioletten und ultraroten Strahlen (Abb. 2).

Das Sonnenlicht besteht also aus einer Mischung verschiedenfarbigen Lichts. Jede Farbe entspricht einer bestimmten Wellenlänge.

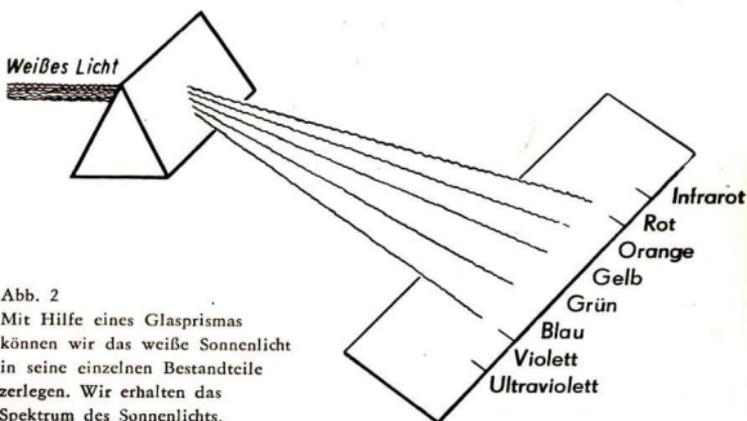


Abb. 2
Mit Hilfe eines Glasprismas können wir das weiße Sonnenlicht in seine einzelnen Bestandteile zerlegen. Wir erhalten das Spektrum des Sonnenlichts.

Wellenlänge des sichtbaren Lichts

Farbe	Rot	Orange	Gelb	Grün	Blau	Violett
Wellenlänge	750	640	620	580	495	440
in nm	bis 640	bis 620	bis 580	bis 495	bis 440	bis 400

Das Prisma bricht die Strahlen unterschiedlicher Wellenlänge nicht in der gleichen Weise: Langwellige Strahlen (Rot) werden weniger stark gebrochen als kurzwellige (Violett).

Die sichtbaren Anteile eines bestimmten Wellenlängenbereichs sehen wir als eine bestimmte Farbe. Alle sichtbaren Lichtwellen miteinander gemischt ergeben das weiße Licht.

Unser Auge nimmt in der Regel die Strahlen des Sonnenlichts auf, die von den Gegenständen zurückgeworfen, reflektiert werden. Wir können Gegenstände ja überhaupt nur sehen, wenn Lichtstrahlen von ihnen aus in unser Auge gelangen und die Lichtsinneszellen reizen. Die verschiedenen Gegenstände reflektieren das Sonnenlicht sehr unterschiedlich. Wenn sie Strahlen aller Wellenlängen reflektieren, sehen wir sie weiß. Wenn sie dagegen alle Strahlen „verschlucken“, sind sie für uns schwarz. Wenn sie nur die blauen oder nur die roten Strahlen reflektieren, empfinden wir sie blau oder rot gefärbt. Selbstverständlich können auch Strahlen verschiedener Wellenlängen reflektiert werden. Diese Eigenschaft der Gegenstände, nur bestimmte Wellenlängen zu reflektieren, ist die Voraussetzung dafür, daß wir Farben sehen können. Das Farbensehen ist eine komplizierte Sache, auf die wir später noch genauer eingehen werden.

Wir müssen noch einige Worte zur „schwarzen Farbe“ sagen, die im Grunde nichts mit dem Farbensehen gemein hat; denn wenn wir von „Schwarz“ sprechen, sagen wir eigentlich nur, daß wir keinen Farbreiz empfinden, weil die betreffenden Gegenstände keine Lichtstrahlen reflektie-

ren. Das zeigt sich am einfachsten, wenn wir die Augen schließen und sie mit der Hand bedecken, so daß kein Licht durch die Augenlider dringt; wir haben die Empfindung von Schwarz.

Zwischen Schwarz und Weiß gibt es allmähliche Übergänge, alle Nuancen des Grau. Wir empfinden einen Gegenstand als grau, wenn er das weiße Licht nur teilweise reflektiert. Dabei ist unsere Einschätzung jedoch meist subjektiv, weil sie mit unserer früheren Erfahrung verbunden ist. Eine weiße Wand des Zimmers, die dem Fenster gegenüberliegt, erscheint uns immer weiß, obwohl sie am frühen Morgen, am Mittag und am späten Abend ganz unterschiedliche Mengen des weißen Sonnenlichts reflektiert. Ein graues Blatt Papier dagegen wird am Fenster sofort als grau erkannt.

Wir wollen ein Blatt Papier für einen einfachen Versuch verwenden, mit dem wir die subjektive Beurteilung des Grau nachweisen können: Wir schneiden ein Loch in das graue Blatt, so daß wir, wenn wir es nicht zu weit von unserem Auge entfernt halten, sowohl das Blatt als auch die weiße Wand sehen. Wenn wir uns nun mit dem Rücken zum Licht nahe ans Fenster stellen und durch das Loch des Blattes sehen, wirkt die Wand grau, das Blatt jedoch weiß. Das liegt daran, daß das Blatt, obwohl es grau ist, mehr Licht reflektiert. Die Wand ist weiter vom Fenster entfernt, auf sie fällt weniger Licht; es wird entsprechend weniger reflektiert. Deshalb sieht sie grau aus, obwohl sie in Wirklichkeit weiß ist.

Mit anderen Worten, wir unterscheiden mit Hilfe der Augen nicht nur Farben, sondern auch Lichtstärken. Das führt unter anderem dazu, daß wir bei seitlicher Beleuchtung eines Körpers deutlich die belichtete Seite von der im Schatten liegenden unterscheiden können. Darauf beruht zum großen Teil unsere Fähigkeit, plastisch zu sehen. Der Künstler ahmt diese Wirkung nach und schafft auf einem glatten Blatt Papier mit Hilfe von Licht und Schatten

Bilder von Gegenständen und Menschen, die uns plastisch erscheinen.

Farbe und Stärke sind also zwei Erscheinungen des Lichts. Beide wirken auf die Netzhaut unseres Auges. In ihr gibt es zwei Arten von Sehzellen: Stäbchen und Zapfen. Die Stäbchen dienen vor allem zur Unterscheidung von Hell und Dunkel, die Zapfen zum scharfen Sehen und Farbsehen. Wenn die Stärke des Lichts unter eine gewisse Grenze sinkt, arbeiten die Zapfen nicht mehr. Die Stäbchen sind viel empfindlicher, mit ihnen können wir auch noch im Dämmerlicht Gegenstände erkennen. Da aber die Stäbchen nicht auf Farben ansprechen, können wir die Farbe der Gegenstände nicht mehr unterscheiden, uns erscheint alles grau.

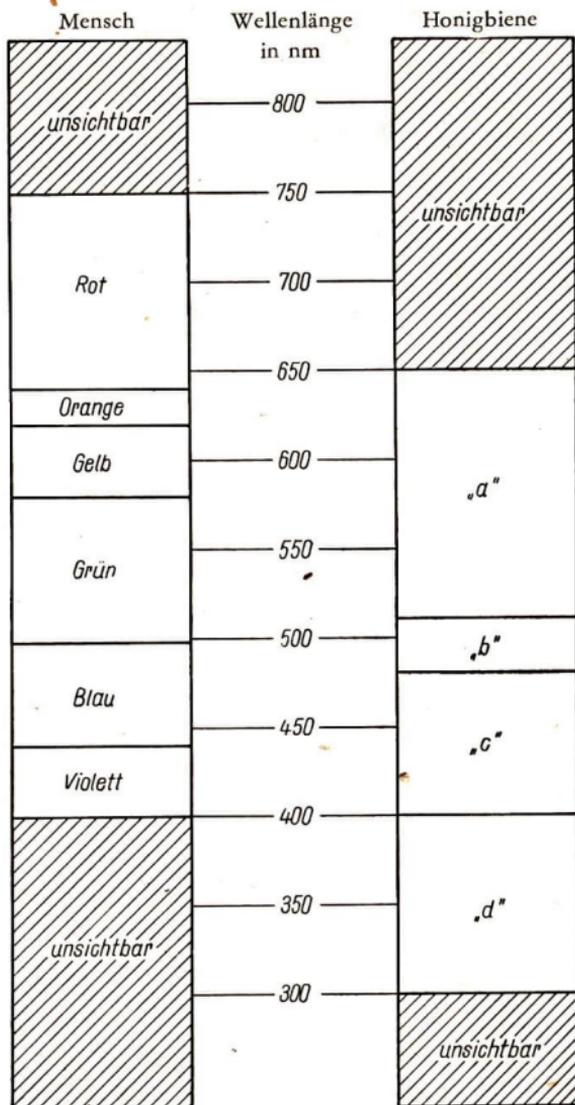
Das Farbsehen bei Tieren

Sehen auch die Tiere Farben? Sehen sie die gleichen Farben wie wir Menschen? Wie ist es beispielsweise bei Insekten?

Selbstverständlich können wir nicht sagen, welche Empfindungen Licht mit einer Wellenlänge von 450 nm, das wir als blau empfinden, bei einem Insekt hervorruft. Wir können aber feststellen, ob das Insekt Licht dieser Wellenlänge vom Licht anderer Wellenlängen unterscheidet, ob es also beispielsweise „Blau“ gegenüber „Gelb“ oder „Grün“ herausfindet. Eine Methode dazu ist die Dressur. Sie wurde mit Erfolg bei der Erforschung des Farbsehens der Bienen angewendet.

Man fütterte Bienen längere Zeit hindurch mit Zuckerlösung, die auf einer blauen Unterlage stand. Da die Reize „Nahrung“ und „Blau“ (genauer gesagt: Licht mit einer bestimmten Wellenlänge, etwa 450 nm) immer wieder

Welche Lichtqualitäten werden von Mensch und Honigbiene unterschieden?



gemeinsam auftreten, entsteht im Gehirn eine Verbindung. Wenn diese Verbindung gefestigt ist, kommen die dressierten Tiere selbst dann auf die blaue Unterlage, wenn keine Zuckerlösung vorhanden ist. Können wir nun aber behaupten, daß die Bienen Farben erkennen, daß sie also Wellenlängen zu unterscheiden vermögen? Vielleicht erfassen sie lediglich einen bestimmten Helligkeitsgrad, der durch die Reflektion einer bestimmten Lichtmenge hervorgerufen wird, sehen also statt Farben einen bestimmten Grauton. Dieses Problem kann mit Hilfe einer Fläche überprüft werden, die viele Quadrate mit verschiedener Graufärbung (von fast weiß bis fast schwarz) enthält. Unter diesen Quadraten muß eins sein, dessen Helligkeitsgrad dem der blauen Unterlage entspricht, auf die die Bienen dressiert wurden. Wenn die Tiere keine Farbe empfinden, sondern nur einen bestimmten Helligkeitsgrad, müßten sie eines der grauen Quadrate mit der blauen Unterlage verwechseln, eines der Quadrate, das das Licht mit der gleichen Stärke reflektiert. Der Versuch ergab, daß die grauen Quadrate keine Wirkung hatten. Unbeirrt flogen die Tiere zu dem blauen Quadrat.

Bei den vielen Versuchen, die angestellt wurden, hat sich gezeigt, daß die Bienen auch auf ultraviolettes Licht dressiert werden können. Sie sehen also dieses Licht, das für das menschliche Auge unsichtbar ist. Da zum Beispiel weiße Blumenblätter ultraviolette Strahlen sehr unterschiedlich reflektieren, wirken weiße Blüten auf Bienen anders als auf uns. Insgesamt unterscheiden die Bienen mindestens vier Lichtqualitäten: eine im Orange-Gelb-Grün-Teil des Spektrums, eine andere im Blau-Grün-Teil, eine dritte im Blau-Violett-Teil und eine vierte im Ultraviolett-Teil.

Auch bei anderen Insekten wurde das Farbsehen untersucht. So wissen wir, daß einige Schmetterlinge nur zwei Lichtqualitäten sehen, die im gelben und im blauen Spektrum des Sonnenlichts liegen. Die Schwärmer, die im

Dämmerlicht von Blüte zu Blüte fliegen, können auch bei geringer Lichtstärke, wenn wir keine Farben mehr sehen, Gelb und Blau gut unterscheiden.

Bei Wirbeltieren ist das Farbsehen im allgemeinen viel besser entwickelt als bei Insekten. So weiß man, daß einige Fische recht feine Farbunterschiede wahrnehmen, Elritzen zum Beispiel lassen sich auf über 20 Farbstufen dressieren. Fische und Lurche können übrigens auch – wie die Bienen – ultraviolette Licht sehen.

Das Farbsehen hilft dem Menschen sehr, sich in der Umwelt zurechtzufinden. Auch von vielen Tieren wissen wir das. Denken wir zum Beispiel an die blütenbesuchenden Insekten. Für unsere Orientierung ist das Farbsehen aber nicht entscheidend; es gibt zum Beispiel eine nicht unbedeutende Anzahl von Menschen, deren Farbsehen teilweise gestört ist, die sich aber trotzdem zurechtfinden. Viel wesentlicher als die Farbe ist für uns die Form der Dinge. Ohne Wahrnehmung von Formen ist für uns die Orientierung unmöglich. Das hat zu der naiven Vorstellung geführt, daß alle Tiere, die Augen haben, Formen so wahrnehmen wie wir.

Das Formsehen bei Tieren

Hunde schließen sich sehr eng an den Menschen an. Blickt dich ein Hund mit seinen „klugen“ Augen an, so hast du das Gefühl, daß vor dir ein treuer Freund steht, mit dem du einige Worte wechseln kannst. Abends erwartet er dich an der Schwelle des Hauses, und sobald er dich, noch in weiter Ferne, erblickt, stürzt er freudig los, um dich zu begrüßen. Der Hund kann seinen „Herrn“ unter Hunderten anderen Menschen herausfinden. Er wird ihn sogar erkennen, wenn er ihn durch ein gut verschlossenes Fenster

auf der Straße spazieren gehen sieht, ihn also nicht riechen oder hören kann. Gerade das ist der Beweis dafür, daß der Hund Formen unterscheidet. Seinen Herrn erkennt er meist an bestimmten Verhaltensweisen, etwa an der Haltung oder am Gang.

Auch bei anderen Wirbeltieren ist das Formensehen gut ausgebildet. Bestimmte Fische, denen bei den Fütterungen längere Zeit hindurch der Buchstabe A ins Blickfeld gebracht wird, schwimmen auch dann heran, wenn dieser Buchstabe ohne Fütterung gezeigt wird. Sie reagieren aber nur bei dem Buchstaben, auf den sie dressiert sind. Deshalb übt in unserem Falle der Buchstabe B keinerlei anziehende Wirkung aus. Die Tiere können sogar darauf abgerichtet werden, einzelne Buchstaben des Alphabets zu unterscheiden. Selbstverständlich lernen sie aber auf diese Weise niemals lesen. Die Form des A oder eines anderen Buchstabens, der ihnen durch Dressur bekannt ist, ist lediglich ein Signal, das bestimmte Bereiche im Gehirn erregt. Gleichzeitig sind andere Bereiche durch die Fütterung erregt. Die verschiedenen Teile des Großhirns stehen untereinander in Verbindung. Zwischen den beiden erregten Bereichen werden Nervenerregungen ausgetauscht, und mit der Zeit entsteht eine lose, zeitweilige Verbindung zwischen ihnen. Nunmehr wird durch den Anblick des Buchstabens A über das betreffende Hirnzentrum auch der Bereich erregt, der bisher nur durch die Fütterung erregt wurde. Dadurch werden Reflexe ausgelöst, die sonst nur durch die Fütterung ausgelöst wurden. Sie führen zum Beispiel zum Herbeischwimmen der Tiere. Weil die Reflexe in diesem Falle durch besondere Bedingungen ausgelöst werden, nicht angeboren sind und erst erworben werden, sprechen wir von „bedingten Reflexen“.

Ähnliche Erscheinungen können wir beim menschlichen Säugling beobachten. Auch für ihn bedeuten Formen ursprünglich nichts. Erst allmählich lernt er ihre Bedeutung kennen.

Mit zunehmendem Alter sammelt der Säugling immer mehr Erfahrungen und speichert sie in seinem Gedächtnis. An der Anhäufung von Erfahrungen sind auch andere Sinnesindrücke beteiligt. Nur Form und Farbe eines Gegenstandes werden mit dem Gesichtssinn aufgenommen. Diese Erscheinungen bleiben nicht unabhängig, sondern werden mit Merkmalen des Gegenstandes verbunden, die mit anderen Sinnen festgestellt wurden. Außerdem kann sich der Mensch von einer gewissen Entwicklungsstufe an auf Grund seines Denkvermögens Eigenschaften der Dinge erschließen, die er gar nicht unmittelbar festgestellt hat. Diese Möglichkeit hat nur der Mensch; sie ist bei keinem Tier in auch nur annähernd gleichem Maße anzutreffen.

Wenn wir ein Stück Käse betrachten, sehen wir nicht nur seine Form und seine Farbe, sondern wissen auch ungefähr, wie er schmecken wird, wissen, daß er viel Eiweiß und Fett enthält, aus Milch gewonnen wurde und anderes mehr. Den Käse sieht auch unsere Katze, aber für sie ist er nur ein Nahrungsmittel mit einem bestimmten Geruch und Geschmack. Sie verbindet damit keine Vorstellungen über seinen Ursprung und die Art seiner Herstellung.

Da sich die Lichtsinnesorgane der Wirbellosen im Aufbau sehr stark von denen der Wirbeltiere unterscheiden, ist auch ihr Formensehen sehr unterschiedlich. Nehmen wir wieder die Honigbienen als Beispiel. Auch sie sehen Formen, doch ist dieses Formensehen sehr begrenzt.

Das Auge der Biene besteht aus einer großen Anzahl pyramidenförmiger Sehelemente mit sechseckiger Grundfläche (Abb. 3, links). Jedes dieser Sehelemente, Sehkeil oder Ommatidium genannt, wirkt als Einzelaug, hat sein eigenes Gesichtsfeld und gibt ein eigenes kleines Bild. Da die Sehkeile eines Auges dicht beisammenstehen, ergeben alle Ommatidien gemeinsam ein aus kleinen Einzelbildern zusammengesetztes, mosaikförmiges Bild. Der Bau des Auges bedingt, daß die Biene nur auf geringe Entfernung sieht. Formen werden nur unterschieden, wenn

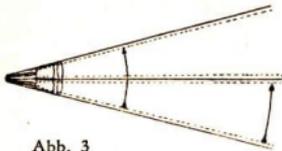


Abb. 3

Abbildung eines Pfeiles in geringerer und größerer Entfernung vom Insektenauge. Es sind nur zwei Schelemente gezeichnet.

gleichzeitig mehrere einzelne Ommatidien gereizt werden. Befindet sich der Gegenstand weiter entfernt vom Auge, so fällt er nur in das Gesichtsfeld eines einzigen Ommatidiums und wird dadurch nur als Punkt wahrgenommen (Abb. 3). Man hat errechnet, daß

mit dem Auge der Honigbiene eine Blüte aus 10 cm Entfernung etwa so „scharf“ gesehen werden kann wie mit dem menschlichen Auge aus sechs Meter Abstand.

Die Anzahl der Ommatidien ist bei einzelnen Insekten unterschiedlich. Im Auge von Libellen, die besonders gut sehen, beträgt sie an die 12 000. Die meisten Insekten besitzen jedoch weitaus weniger Ommatidien; am häufigsten sind es einige hundert. Je mehr Sehkeile ein solches Komplexauge (Facettenauge) enthält, desto deutlicher können Einzelheiten gesehen werden.

Das Sehen von Bewegungen bei Tieren

Die meisten niederen Tiere sehen von fern nicht die genaue Form eines Gegenstandes, wohl aber seine Bewegung. Das ist sehr wichtig, weil in der Natur Dinge, die sich bewegen, meist Lebewesen sind. Gewöhnlich haben gerade sie Bedeutung für das Tier; denn sie können Feinde oder Nahrung sein.

Das Bewegungsehen der Tiere nutzen zum Beispiel Angler, die Forellen fangen möchten. Sie verwenden eine künstliche Fliege, die sie mit der Angel auf der Wasseroberfläche bewegen. Der Fisch schießt heran, um sie zu schnappen; daß es sich um eine künstliche Fliege handelt, hat für seine Reaktion keinerlei Bedeutung.

Bei einigen Insekten dient das Bewegungssehen dem Zueinanderfinden der Geschlechter bei der Fortpflanzung. Im Sommer, wenn die lästigen Stubenfliegen im Zimmer umherschwirren, können wir beobachten, wie sie einander jagen. Dabei erkennen die männlichen Tiere die weiblichen nicht an ihrer Form, sondern nur an ihrer Bewegung. Wenn wir ein schwarzes Kügelchen von der Größe einer Stubenfliege mit Fliegenleim bestreichen, es an einen Faden binden und mit dessen Hilfe in der Luft bewegen, stürzen sich Fliegen darauf und bleiben daran kleben. Wenn wir die gefangenen Tiere untersuchen, können wir feststellen, daß sie alle männlichen Geschlechts sind.

Die Fähigkeit, Bewegungen zu sehen, ist auch für die höheren Tiere, selbst für die Säugetiere, von großer Bedeutung. Viele von ihnen reagieren nicht auf ihre Feinde und Beutetiere, wenn sich diese nicht bewegen. Das Wild kann schwer in der unbeweglichen Figur des Menschen eine Gefahr erblicken. Das wissen die Jäger genau. Selbstverständlich darf der Wind nicht zum Tier hin wehen, weil es dann Witterung bekäme.

Farben und Formen als Schutz der Tiere

Nachdem wir erfahren haben, daß Tiere Farben und Formen sehen, wollen wir genauer kennenlernen, welche Bedeutung sie für den Schutz der Tiere haben. Einige Tiere sind mit auffallenden Farben gezeichnet, so daß man sie von weitem bemerkt; andere sind unauffällig gefärbt. Sehr oft stimmt die Körperfärbung weitgehend mit der natürlichen Umgebung der Tiere überein. Schon seit langer Zeit wissen die Naturforscher, daß eine unauffällige Färbung den Tieren hilft, sich vor den Blicken ihrer Feinde oder ihrer Beute zu verbergen. Die Erklärung dieser Erscheinung

wurde aber erst durch den großen englischen Forscher Charles Darwin in dessen Theorie von der natürlichen Auslese gegeben.

Hunderte Arten von wirbellosen Tieren, Lurchen, Kriechtieren und Vögeln sind grün wie die Pflanzen gefärbt. Unter den Schlangen, die in unserer Heimat vorkommen, gibt es aber keine einzige grüne. Anders ist es in den Tropen, wo zahlreiche Schlangen auf Bäumen leben, zwischen deren Blättern grün gefärbte Tiere schwer bemerkbar sind.

In unserer Heimat gibt es aus der Familie der Baumfrösche nur eine Art, den Laubfrosch. Er lebt auf Sträuchern und Bäumen. Bis in die Wipfel klettern die meist schön laubgrün gefärbten Tiere. Zur Familie der Baumfrösche gehören noch viele Busch- und Baumbewohner. Sie leben vorwiegend in den Tropen. Meist sind sie grün oder grellbunt gefärbt wie der Tropenwald mit seinem üppigen Laub und den bunten Blüten der baumbewohnenden Orchideen und Bromelien. Am Tage sind diese Frösche nur schwer zu entdecken. In der Nacht aber, wenn sie ihr melodisches „Konzert“ beginnen, gewinnt man eine Vorstellung von ihrer großen Anzahl.

Wie für die Tiere des üppigen Tropenwaldes der ungewöhnliche Reichtum an satten Farben charakteristisch ist – denken wir nur an die Papageien –, so herrschen bei den Wüstentieren Gelb, Braun und Grau vor; fast alle haben mehr oder weniger die Farbe des Sandes. Der Löwe, der oft in wüstenähnlichen Gebieten vorkommt, sei als Beispiel genannt.

Es gibt auch viele Insektenarten, deren Färbung als Beispiele für „Schutzfarben“ gelten kann. Mit solchen Insekten wurden zahlreiche Experimente angestellt, aus denen die Wirkung der Schutzfarben hervorgeht. Man setzte zum Beispiel Heuschrecken auf einen Untergrund, dessen Farbe mit ihrer Körperfärbung übereinstimmte, die gleiche Anzahl derselben brachte man auf einen Untergrund mit stark

abweichender Färbung. Dann beobachtete man, welche Tiere durch Vögel gefressen wurden. In fast allen Fällen wurden die Insekten, deren Farbe nicht mit der des Untergrundes übereinstimmte, schneller gefressen als die anderen.

Die Flügel der meisten bei uns vorkommenden Schmetterlinge haben eine gewisse Schutzfarbe. Auf welchen Teilen der Flügel sie sich befindet, hängt von der Ruhestellung ab, die der Schmetterling einnimmt. Bei den Tagfaltern ist die Schutzfärbung auf der Unterseite der Flügel. Als Beispiel können wir das Tagpfauenauge und den Kleinen Fuchs nennen. Die Tagfalter schlagen die Flügel in Ruhestellung nach oben zusammen, so daß nur die Unterseite sichtbar bleibt. Genau umgekehrt ist es bei den Nachtfaltern, etwa beim Ordensband und beim Abendpfauenauge. In Ruhestellung breiten sie die Flügel meist etwas aus. Nur die Oberseite der Vorderflügel bleibt sichtbar, sie trägt auch die Schutzfarbe. Die Oberseiten der Hinterflügel, die in Ruhestellung von den Vorderflügeln bedeckt werden, sind meist bunt gefärbt.

Auch bei vielen Vögeln finden wir Schutzfarben. Manche Vögel, beispielsweise die Spechte, brüten in Höhlen. Während des Brütens – es brüten Männchen und Weibchen – sind die Tiere also nicht zu sehen. Ihr buntes Gefieder bildet deshalb auch keine Gefahr. Bei Vögeln, die im Freien nisten, könnte dagegen ein auffälliges Gefieder das brütende Tier verraten. Oft sind bei ihnen die nicht brütenden Männchen bunt gefärbt, während die brütenden Weibchen ein unauffällig graues oder braunes Gefieder besitzen. Dadurch sind sie für manche ihrer Feinde schwer auffindbar. Beim Buchfinken ist diese Erscheinung deutlich ausgeprägt. Auch die Vogeleiern können durch eine besondere Farbe geschützt sein: Die in verborgene Nester gelegten Eier der Höhlenbrüter sind gewöhnlich einfarbig, sehr oft weiß, die in freiliegende Nester oder direkt auf die Erde gelegten dagegen, etwa Kiebitzeier, fast immer durch besondere Färbungen geschützt. Sie tragen größere oder

kleinere Flecke von meist grünlicher oder bräunlicher Farbe, die sie schwerer erkennbar machen.

Mitunter finden wir in der Natur Vertreter der gleichen Insektenart mit unterschiedlicher Färbung, wobei die Farbe von der jeweiligen Umwelt abhängt. Besonders typisch ist das für einige Heuschreckenarten. In den Dünen am Meer leben Heuschrecken, deren Farbe völlig mit der des graugelben Sandes übereinstimmt. Das macht sie fast unsichtbar. Wenn man ihnen nahekommst, springen sie plötzlich auf und lassen sich nach kurzem Flug nieder, wobei sie wieder mit dem Sanduntergrund zu verschmelzen scheinen. Heuschrecken der gleichen Art, die auf dunklem Untergrund leben, haben eine dunklere Farbe. In Verbindung mit diesen Erscheinungen sind Forschungen angestellt worden, die ergaben, daß einige Heuschreckenarten langsam ihre Farbe etwas verändern und der jeweiligen Umgebung anpassen können. Es gibt auch Spinnen, die die gleiche Eigenschaft besitzen.

Ich streifte einmal mit dem Schmetterlingsnetz in der Hand durch die Berge, um für meine Sammlung von Samtfaltern neues Material zu beschaffen. Obwohl ich bereits genügend Exemplare der Arten, die mich interessierten, gefangen hatte, ging ich noch nicht heim. Mich lockte die Möglichkeit, noch einige seltene Arten zu finden. Aufmerksam betrachtete ich jeden Schmetterling, der umherflog.

Eine Gruppe großer Pflanzen mit gelben Blüten wurde von einem ganzen Schwarm Samtfalter umflattert, andere hatten sich schon niedergelassen. Ich näherte mich, um sie zu betrachten. Es waren Vertreter häufiger Arten. Beunruhigt durch meine Anwesenheit flogen sie allmählich auf. Nur ein Exemplar blieb unbeweglich mit geschlossenen Flügeln auf der Blüte sitzen, auf der es sich niedergelassen hatte. Es schien dort festgeklebt zu sein. Nichts versetzte den Schmetterling in Unruhe, nicht einmal die leichte Berührung mit meiner Hand. Das verblüffte mich. Ich ergriff ihn mit zwei Fingern an den Flügeln. Als ich versuchte, ihn

von der Blüte zu lösen, fühlte ich einen gewissen Widerstand. Nachdem ich den Schmetterling abgehoben hatte, bemerkte ich eine zitronengelbe Krabbenspinne, der ich den Fang entrissen hatte. Ihre Färbung machte die Spinne auf der gelben Blüte nahezu unsichtbar. Später erfuhr ich, daß diese Spinne kein Netz anlegt, sondern ihre Opfer auf den Blüten verschiedener Pflanzen erwartet.

Bei Versuchen zeigte sich, daß die Spinnen dieser Art imstande sind, ihre Farbe zu verändern. Weiße Tiere, die auf einen gelben Untergrund gesetzt werden, färben sich im Verlauf von zehn bis zwanzig Tagen gelb; gelbe, die auf einen weißen Untergrund kommen, verwandeln sich in nur fünf bis sechs Tagen in weiße.

In den Tropen leben Spinnenarten, die nicht nur in der Färbung, sondern auch in den Zeichnungen ihres Körpers den Blüten bestimmter Pflanzen verblüffend ähneln. Sie klettern in die Blüten und nehmen dort eine Lauerstellung ein, wobei ihre Beine und Taster Staubgefäße vortäuschen. So warten sie auf blütenbesuchende Insekten, von denen sie sich ernähren.

Während die Heuschrecken und die Krabbenspinnen, von denen die Rede war, ihre Färbung nur langsam wechseln, reagieren einige Fische fast augenblicklich auf eine Veränderung ihrer Umgebung. Dazu gehören die Fludern, Plattfische, die mit der farblosen Körperseite auf dem Meeresgrund liegen. Die nach oben gerichtete Seite hat die Farbe des Meeresgrundes. Wenn dieser durch Steinchen gefleckt ist, wird auch die Färbung der Fludern gefleckt. Dabei verändert sich die Größe der Flecke auf ihrem Körper entsprechend der Größe der Steinchen auf dem Meeresgrund. Hinzu kommt noch, daß sich die Fische zum Teil im Sand vergraben, wodurch ihre Konturen verschwinden. So sind sie von dem sie umgebenden Meeresgrund überhaupt nicht mehr zu unterscheiden.

Wir können eine Flunder zum Farbwechsel zwingen, wenn wir sie aus einem Aquarium mit hellem Grund in

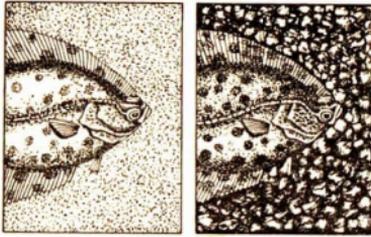
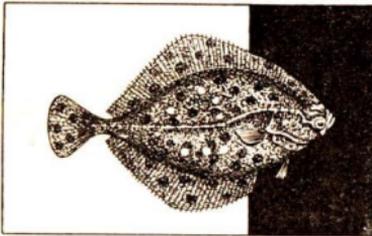
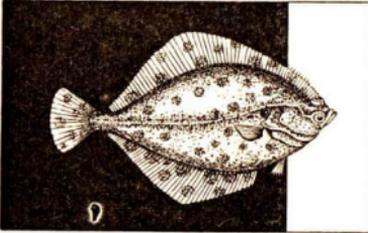


Abb. 4 Farbwechsel der Flunder. Die beiden oberen Bilder zeigen die Flunder auf hellem und dunklem Untergrund. Durch eine Veränderung der Hautfärbung sind die Tiere in beiden Fällen dem Grund angepaßt. Die beiden unteren Abbildungen veranschaulichen die Abhängigkeit der Hautfärbung von dem optischen Eindruck, den das Tier wahrnimmt.



ein anderes mit dunklem Grund setzen oder umgekehrt (Abb. 4, oben). In der Haut der Flunder befinden sich Farbzellen, die sich zusammenziehen oder ausdehnen. Dabei wird das Tier heller oder dunkler. Diese Veränderung hängt davon ab, welche Farbe der Fisch sieht; erblindete Tiere reagieren nicht. Wenn der

Kopf einer Flunder auf hellem und ihr Körper auf einem dunklen Untergrund liegt, wird der ganze Fisch hell (Abb. 4, Mitte und unten).

Noch weitaus schneller als die Flundern verändern einige tropische Fische ihre Farbe. Besondere Leistungen vollbringt ein Korallenfisch, der bei den Bermuda-Inseln im Atlantischen Ozean lebt. Er kann innerhalb einiger Augenblicke seine Färbung sechs- bis achtmal vollständig verändern. Keine Farbtönung ähnelt der anderen. Die meisten dieser Farbänderungen sind vom Erregungszustand des Nervensystems der Tiere abhängig (Beginn eines Kampfes mit anderen Fischen, Hunger und anderes), einige von ihnen aber sind eindeutig Anpassungen. Sie stimmen mit

der Farbe der Umgebung überein, in die die Fische geraten, und geben ihnen einen gewissen Schutz.

Im Norden Europas, Asiens und Nordamerikas sind große Teile des Festlandes während des ganzen Jahres oder viele Monate hindurch mit einer Schneedecke bedeckt. Die weiße Färbung, die in der Tierwelt der Tropen verhältnismäßig selten vorkommt, ist unter den Bewohnern des hohen Nordens etwas Gewöhnliches. Viele Tiere dieser Gebiete sind während des ganzen Jahres weiß, andere sind es nur in der Winterzeit. Schließlich gibt es auch Arten, die im ganzen Jahr ihre dunkle Farbe behalten, wenn sie auch nicht mit dem Hintergrund harmoniert.

Der Eisbär, der an den europäischen, asiatischen und nordamerikanischen Küsten des Eismeerer lebt, hat während des ganzen Jahres ein weißes Fell. Auch der amerikanische Polarhase, die Schnee-Eule und andere Tiere sind ständig weiß. Der Polarfuchs, der im arktischen und subarktischen Gebiet lebt, wechselt im Herbst sein braungraues Sommerfell mit einem schneeweißen Winterfell. In Island jedoch, wo der Winter verhältnismäßig mild ist, bleibt er während des ganzen Jahres dunkel. Diese Tatsache weist auf den Anpassungscharakter der Färbung hin. Der Farbwechsel von Dunkel in Weiß ist eine Erscheinung, die sich im Laufe der Stammesgeschichte nur dort gefestigt hat, wo sie den Tieren Vorteile brachte.

Wie erklären wir uns aber die Tatsache, daß viele nördliche Tiere, beispielsweise das Ren, im ganzen Jahr dunkel sind? Schutzfarben finden wir nicht bei allen Tieren, sondern vor allem bei denen, für deren Lebensweise es günstig ist, weil sie dadurch vor den Blicken ihrer Feinde oder Opfer verborgen bleiben. Wenn ihr Bestand nicht durch Feinde entscheidend bedroht ist, und wenn sie sich von Pflanzen oder kleinen Tieren nähren, ist die Schutzfarbe überflüssig. Das ist beim Ren der Fall. Schutzfarben sind ja nur eine der Anpassungserscheinungen, die sich im Verlauf der Stammesgeschichte herausgebildet haben.

Die für die Tarnfärbung angeführten Beispiele sind nur ein unbedeutender Teil von denen, die aufgezählt werden könnten. In den meisten Fällen ist es nicht allein die Farbe, die eine Schutzwirkung ausübt. Die Tiere können ihren Feinden oder den Tieren, die ihnen als Nahrung dienen, auch durch ihre Form auffallen. Die Form tritt aber meist zurück, wird verwischt, weil das Tier durch Zeichnungsmuster oder Farbabstufungen getarnt ist. Diese Zeichnungen und Farbmuster können so über das Tier verteilt sein, daß ein gewölbter Körper platt und ein platter Körper relief förmig erscheint. Schließlich können sie den Körper in Teile aufgliedern oder seine Konturen auflösen, so daß die Körperform gegen den Hintergrund verschwindet.

Zuerst wollen wir die „entgegengesetzte Schattierung“ kennenlernen. Sie ist ein sehr einfaches, aber wirkungsvolles Mittel zur Veränderung einer gewölbten Form in eine platte.

Wenn wir einen von der Seite beleuchteten Zylinder betrachten, empfinden wir ihn hauptsächlich deshalb als Körper, weil seine eine Seite beleuchtet ist und die andere im Schatten liegt (Abb. 5b). Wenn der Zylinder gleichmäßig von allen Seiten beleuchtet ist, erscheint er uns flach (Abb. 5a). Zeichnen wir auf seine beleuchtete Seite mäßig von allen Seiten beleuchtet ist, erscheint er uns trotz der seitlichen Beleuchtung gleichfalls flach, und wir empfinden ihn nicht mehr als Körper (Abb. 5c). Diese Erscheinung, die Wirkung eines natürlichen Schattens durch eine entgegengesetzte Schattierung zu beseitigen, ist in der Tierwelt weit verbreitet. Viele Tiere sind so gefärbt, daß

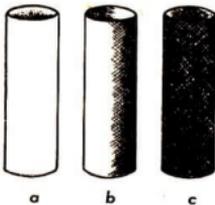
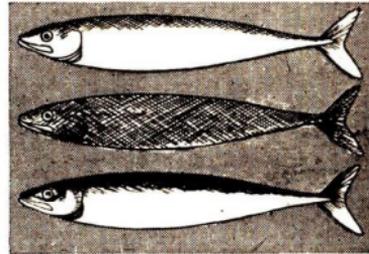


Abb. 5 Beispiel für die Wirkung der entgegengesetzten Schattierung. Der von allen Seiten gleichmäßig beleuchtete Zylinder (a) erscheint flach. Bei einseitiger Beleuchtung (b) läßt der Schatten den Zylinder als Körper hervortreten. Die Wirkung des Schattens kann aufgehoben werden, wenn die belichtete Seite des Zylinders dunkel gefärbt wird (c).

sie bei normaler Beleuchtung gleichmäßig gefärbt erscheinen. Dadurch verschwindet beim Beobachter der Eindruck einer Körperlichkeit.

Bei den meisten Fischen ist die Rückenseite dunkel und die Bauchseite weiß (Abb. 6, oben). Gewöhnlich wird ihre Rückenseite beleuchtet, und ihre Bauchseite bleibt im Schatten. Da die dunkle Färbung auf der Rückenseite mit

Abb. 6 Die Wirkung der entgegengesetzten Schattierung am Beispiel eines Fisches. Der Fisch in der oberen Zeichnung wird von vorn belichtet. In der mittleren Abbildung ist das Tier von oben, in der unteren Abbildung von unten beleuchtet.



dem natürlichen Schatten auf der Bauchseite verfließt, erscheint der Fisch am ganzen Körper gleichmäßig dunkel. Gleichzeitig wirkt er flach und verschmilzt mit der Umgebung (Abb. 6, Mitte). Wird aber ein Fisch von der Bauchseite her beleuchtet, so ergibt sich ein entgegengesetzter Effekt. Er erscheint jetzt stark gewölbt und hebt sich gut von seiner Umgebung ab (Abb. 6, unten). In der Natur kommt jedoch das Licht fast nie vom Boden her. Für die Fische hat die typische Färbung außerdem den Vorteil, daß sie beim Blick von oben gegen den dunklen Untergrund oder von unten gegen den hellen Himmel „getarnt“ sind. Sie sind also vor Feinden aus der Luft sowie aus höheren und niederen Wasserschichten geschützt. Andererseits sind sie auch für die über oder unter ihnen schwimmende Beute fast unsichtbar. Unter den Fischen ist die entgegengesetzte Schattierung am besten bei den Arten ausgeprägt, die nahe an der Wasseroberfläche schwimmen. Sie fehlt den Bewohnern großer Meerestiefen, in die keine Lichtstrahlen mehr vordringen.

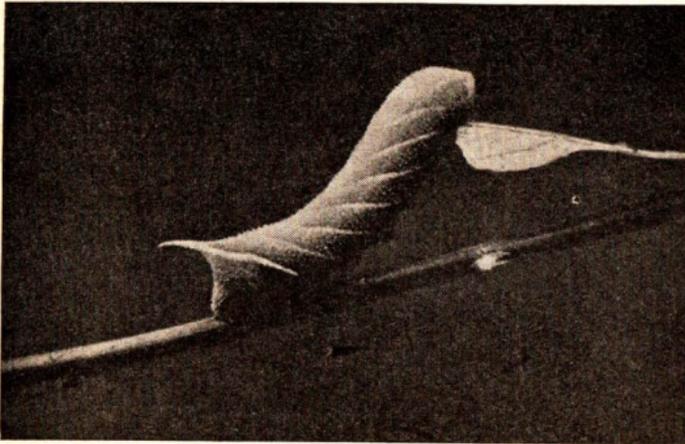
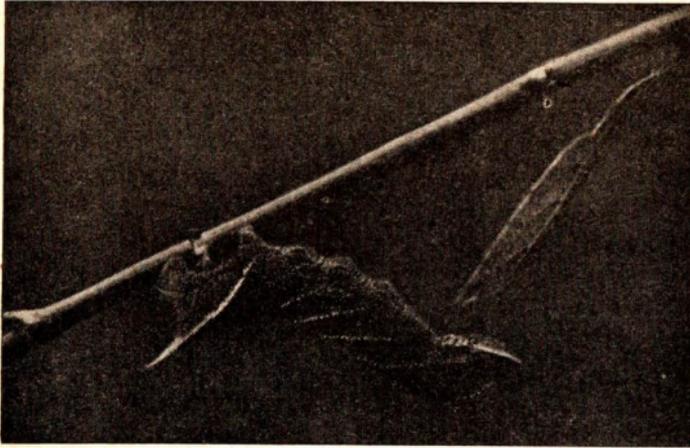


Abb. 7 Die Raupe des Abendpfaunauges ist auf der Bauchseite dunkel gefärbt. Bei normaler Lage - Bauchseite nach oben - wird die entgegengesetzte Schattierung wirksam (obere Abbildung). Eine völlig unterschiedliche Wirkung hat die Färbung, wenn das Tier in eine unnatürliche Lage gebracht und vom Rücken her belichtet wird (untere Abbildung).

Das Prinzip der entgegengesetzten Schattierung ist auch auf dem Lande weitverbreitet: Viele Säugetiere und Vögel, die Stätten mit dunklem Untergrund bewohnen, zum Bei-

spiel Feldhase und Sperling, haben dunkle Rückenseiten und hellere Bauchseiten. Bei Wüstenbewohnern sind dunklere Rückenseiten meist nur schwach ausgeprägt oder fehlen ganz; der Sand reflektiert das Licht, so daß die Tiere auch von unten erhellt werden. Auch bei den Säugetieren und Vögeln schattiger Wälder sowie bei Nachttieren ist die entgegengesetzte Schattierung nur schwach oder gar nicht ausgeprägt, mitunter ist sogar die Unterseite dunkler als die Oberseite (z. B. beim Dachs und beim Iltis).

Die entgegengesetzte Schattierung entspricht dem Verhalten der Tiere. Bei einem im Nil lebenden Wels, der mit der Bauchseite nach oben schwimmt, ist die Bauchseite dunkel, ebenso bei Raupen, die mit der Bauchseite nach oben an den Zweigen ruhen. Die Raupe des Abendpfauenauges erscheint bei der üblichen Lage, also mit der Bauchseite zum Licht, flach (Abb. 7), wenn wir sie mit dem Rücken zum Licht drehen, erscheint sie übermäßig aufgebläht (Abb. 7). Dieser Farbkontrast tarnt die Raupe so gut, daß wir sie inmitten der Blätter nur schwer finden und uns beim Suchen besser nach den benagten Blättern und dem auf die Erde gefallenen Kot orientieren.

Durch einen einfachen Versuch können wir feststellen, daß die Tiere auf Grund ererbter Verhaltensweisen immer die Stellung einnehmen, in der die entgegengesetzte Schattierung als Tarnung wirkt. So können wir die Raupe des Kleefalters zwingen, ihre Stellung auf der Pflanze ständig zu wechseln, wenn wir die Richtung des Lichts mit Hilfe eines Spiegels verändern.

Bei den Raupen einiger Schmetterlinge ist die Rückenseite dunkler und die Bauchseite heller, aber die Farbtöne gehen nicht allmählich ineinander über, sondern sind durch eine scharfe Begrenzung voneinander getrennt, die seitlich am Körper verläuft (Abb. 8). Beim Lichteinfall auf den Rücken wirkt hier neben der entgegengesetzten Schattierung noch eine zweite Erscheinung: Die Linie, die zwischen den verschiedenfarbigen Körperhälften hindurchführt, ver-

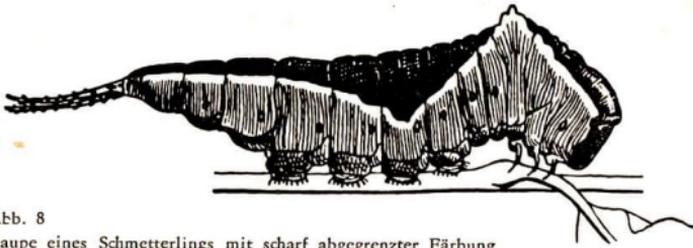


Abb. 8
Raupen eines Schmetterlings mit scharf abgegrenzter Färbung

wischt die Konturen des Tieres, weil sie den Körper scheinbar in zwei Teile zerlegt. Hier haben wir den einfachsten Fall der sogenannten gliedernden Färbung. Eine durch unterschiedliche Färbungen hervorgerufene Gliederung bildet das beste Mittel zum völligen Verschmelzen des Tieres mit der Umgebung. Voraussetzung ist allerdings, daß diese Umgebung mit der Farbe des Tieres übereinstimmt.

In der Natur sind solche idealen Bedingungen aber selten vorhanden. Die Tiere wechseln meist wiederholt ihre Umgebung. Mehr noch, diese ist selten einfarbig. Meist ist sie bunt – gebildet aus Stämmen, Zweigen, Blättern, trockenem Laub oder aus dem Mosaik großer und kleiner Steine. Ein einfarbiges Tier würde sich sehr klar von dieser bunten Umgebung abheben. Deshalb tragen die Tiere oft verschiedene Zeichnungen, die das Erkennen ihrer Form erschweren. So gliedern zum Beispiel Streifen oder unregelmäßige Flecke das Tier in einige oder viele einzelne Formen, die mit seiner tatsächlichen Gestalt nichts gemein haben.

Die gliedernde Färbung kann durch schematische Darstellungen anschaulich dargelegt werden, wie sie auf Abbildung 9 gezeigt sind. Ganz links sind die Umriss eines tropischen Fisches, eines Eies und eines Schmetterlings dargestellt. In der folgenden Reihe haben die gleichen Figuren verschiedene Zeichnungen erhalten und befinden sich auf einem Hintergrund, der nicht die gleichen Farben wie ihre Zeichnungen hat. In den übrigen zwei Reihen stimmt der Hintergrund mit einem Teil der Zeichnungen überein. Die Form der dargestellten Figuren erfaßt man am leicht-

testen in der ersten Reihe, wo sie einfarbig dargestellt sind. In der folgenden Reihe ist sie etwas schwerer zu erkennen, weil die Objekte mit besonderen Zeichnungen versehen sind, die sie in verschiedene Einzelformen aufgliedern. Bei den übrigen Abbildungen, bei denen der Hintergrund mit einigen der Zeichnungen farblich zusammenfällt, wird die Form der Objekte noch schwerer erkennbar oder fast unkenntlich.

Wie die schematische Darstellung zeigt, verstärkt sich der Tarneffekt, wenn eine Farbe des Zeichnungsmusters mit der Farbe der Umgebung übereinstimmt oder ihr annähernd gleicht. Wenn dann noch die übrigen Farben mehr oder weniger scharf davon abgesetzt sind, nimmt der Beobachter nur diese auffälligen Farben wahr, nicht aber die wirkliche Form des Tieres.

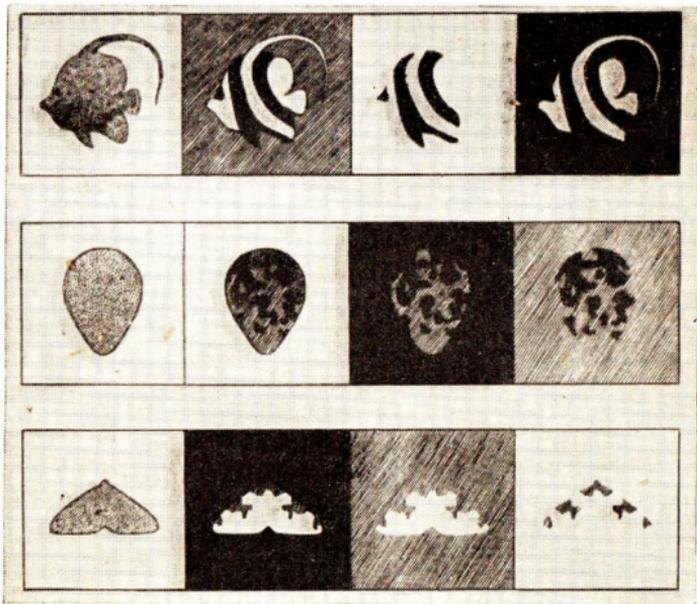


Abb. 9 Schematische Darstellung einer gliedernden Färbung. Links sind die Formen der Objekte dargestellt (Fisch, Ei und Falter).

Die Tarnung kann durch kontrastreiche Farbkombinationen, noch verstärkt werden. Je mehr sich die Farben voneinander unterscheiden, desto leichter werden sie einzeln wahrgenommen, desto stärker ist die Aufgliederung der ursprünglichen Form. Wenn in einer Zeichnung nur zwei graue Farben kombiniert sind, so empfindet man das Tier fast als einfarbig. Weiß und Schwarz dagegen heben sich scharf voneinander ab. Eine solche Kontrastfärbung ist oft in der Natur zu finden; denken wir zum Beispiel an das Gefieder der Elstern. Auf dem hellen Fell der Tiere, die offene Landschaften bewohnen, sind in der Regel dunkle Zeichnungen zu beobachten (z. B. bei den Hyänen). Die dunkel gefärbten Bewohner der schattigen Wälder, etwa der Buschbock (Abb. 10), sind häufig mit kontrastierenden hellen Zeichnungen versehen.

Ein schönes Beispiel für gliedernde Färbung bietet das Gefieder eben ausgeschlüpfter Waldschnepfen in ihrer



Abb. 10 Der Buschbock ist inmitten seiner Umgebung kaum zu erkennen



Abb. 11 Die Nestjungen der bodenbrütenden Waldschnepfe sind durch ihre Färbung besonders gut geschützt

natürlichen Umgebung (Abb. 11). Jeder Naturfreund weiß aus Erfahrung, wie schwer die Jungen der Vögel zu entdecken sind, die direkt auf dem Erdboden nisten. Oft verrät nur das Weibchen durch sein Verhalten die Nähe des Nestes.

Die Tarnwirkung der gliedernden Färbung hängt sehr stark von der Anordnung der Zeichnungen auf dem Körper ab. Nehmen wir als Beispiel das Zebra. Bei guter Beleuchtung sind diese Tiere in unbedecktem Gelände von weitem zu erkennen, gegen Abend jedoch, wenn sie am meisten von einem Überfall bedroht sind, kann man sie nur schwer sehen. Ein Kenner dieser Tiere schreibt: „Die weißen und schwarzen Streifen verschmelzen so mit den Pflanzen, daß die Zebras selbst auf kürzeste Entfernung unbemerkt bleiben. Oftmals konnten wir beiden Europäer sie auf eine Entfernung von 40 bis 50 Meter nicht sehen, und sogar Kongoni, unser afrikanischer Begleiter, gab zu, daß er sie nicht bemerkt hätte. Und Kongoni hatte den schärfsten Blick von den vielen Einheimischen mit gutem Sehvermögen, mit denen ich zu tun gehabt hatte. Erst ein Wedeln des Schwanzes oder eine Bewegung des Kopfes ließ uns die Tiere bemerken. Dabei war die Gegend so frei, daß

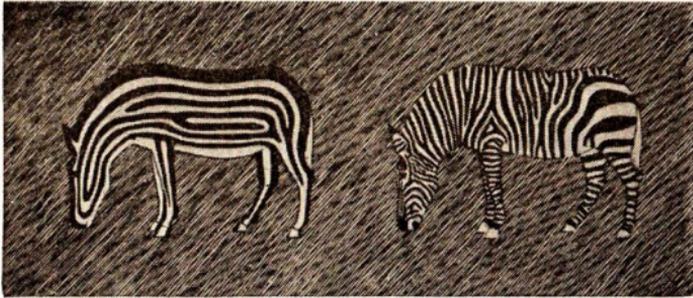


Abb. 12 Die Anordnung der Färbung hat große Bedeutung. Ein längsgestreiftes Zebra würde sich deutlich von seiner Umgebung abheben.

wir eine Antilope oder ein Gnu auf eine Entfernung bis zu 200 Metern sehen konnten.“

Die Färbung, die das Zebra unseren Blicken verbirgt, zeichnet sich nicht nur durch das kontrastreiche Weiß und Schwarz aus, sondern auch durch die besondere Anordnung der Zeichnung. Die Streifen verlaufen rechtwinklig zur Längsachse des Körpers (Abb. 12, rechts). Lägen sie parallel zu ihr, wie dies auf Abbildung 12, links, dargestellt ist, würde die Zeichnung das Zebra nicht tarnen, sondern die Form seines Körpers sogar deutlicher hervorheben.

Wie bereits erwähnt, wechseln Tiere häufig ihren Aufenthalt, können sich also oft vor einem Hintergrund befinden, der mit den Farben ihres Körpers nicht übereinstimmt. Keine ihrer Farben wird in diesem Fall mit ihrer Umgebung verschmelzen. In solchen Fällen gibt die gliedernde Färbung keinen Schutz. Ihre Wirkung zeigt sich nur unter den Bedingungen, unter denen das Tier den größeren Teil seines Lebens verbringt oder unter denen es am stärksten bedroht ist, beispielsweise, wenn es ausruht oder brütet. In solchen Fällen wählt sich jede Tierart meist instinktiv die Umgebung, der auch die gliedernde Färbung angepaßt ist.

Beim Ausruhen sind die Tiere nicht nur unbeweglich, sondern nehmen auch eine charakteristische Haltung ein.

Die gliedernde Färbung tritt oft erst bei dieser Ruhestellung zutage. Das ist einer der Beweise für ihre Bedeutung.

Die Einfachheit seiner Zeichnung macht einen Laubfrosch aus Ostafrika als Beispiel hierfür besonders geeignet. Über die Mitte seines Körpers verläuft ein brauner Streifen, der von einem silberweißen umgeben ist, dem wiederum braune Streifen folgen (Abb. 13). Auch die Beine sind silberweiß und braun gefärbt. Die Farben sind so angeordnet, daß sie bei der Ruhestellung des Tieres eine vollkommene Zeichnung bilden, die aus längs verlaufenden, miteinander kontrastierenden Streifen besteht (Abb. 13, rechts). Diese Erscheinung ist auch bei unseren Fröschen zu beobachten, obwohl die Zeichnungen ihrer Gliedmaßen nicht so klar sind. Die Abbildung 14 zeigt die eingeknickten hinteren Gliedmaßen des Grasfrosches. Es

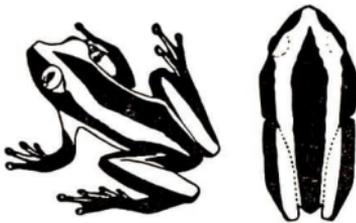


Abb. 13 Tropischer Laubfrosch, dessen Färbung bei Ruhestellung des Tieres eine einfache Zeichnung bildet



Abb. 14 Eingeknickte Hintergliedmaßen des Grasfrosches

ist deutlich zu sehen, daß die einzelnen dunklen Flächen auf den Ober- und Unterschenkeln so angeordnet sind, daß sie in eingeknickter Stellung unregelmäßige Querstreifen bilden. Es können auch Beispiele angeführt werden, bei denen Frösche Querstreifen auf dem Rücken und den Gliedmaßen zeigen, die zusammenpassen, wenn sich das Tier in Ruhestellung befindet (Abb. 15, links). Man könnte glauben, daß ein Maler mit dem Pinsel diese Streifen über den Körper gezogen hat, als der Frosch ruhte, so vollkommen ver-



Abb. 15 Ein Frosch und eine Heuschrecke als Beispiele für Körperzeichnungen, die in der Ruhestellung des Tieres durch die Zeichnung der Gliedmaßen vervollständigt werden

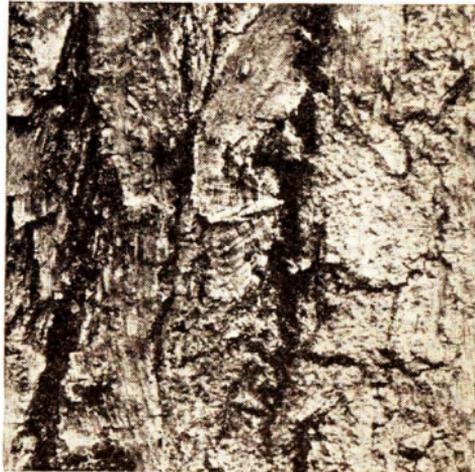
schmelzen die Zeichnungen auf dem Körper mit denen auf den Beinen. Ähnliche Querzeichnungen besitzt die Blauflügelige Heuschrecke, die wir bei uns häufig an trockenen Stellen beobachten können (Abb. 15, rechts). Viele Beispiele könnten auch bei den Schmetterlingen genannt werden.

Die erwähnten Zeichnungen haben sich alle unter der Einwirkung einer natürlichen Auslese entwickelt. Kombinationen, die das Tier vor den Blicken seiner Feinde oder seiner Beute

am besten verbergen, hatten größere Wahrscheinlichkeit erhalten zu bleiben.

Ein weiterer Beweis für die Rolle, die der gliedernden Färbung zukommt, ist das Verhalten einiger Tiere. Ein gutes Beispiel bieten die Schmetterlinge, die auf Abbildung 16 dargestellt sind. Sie ruhen oft auf Baumstämmen aus. Der auf Abbildung 16, oben, dargestellte Falter läßt sich immer mit dem Kopf nach oben nieder, so daß seine Körperachse mit der Achse des Baumes zusammenfällt. In dieser Ruhestellung fallen die Zeichnungen auf seinen Flügeln immer mit den Schatten der Risse in der Borke zusammen, so daß das Tier gut mit dem Untergrund verschmilzt. Der Schmetterling auf Abbildung 16, unten, ruht meist so, daß sich sein Körper rechtwinklig zur Achse des Stammes befindet. Hierbei fallen die Zeichnungen auf seinen Flügeln mit den Schatten auf dem Baumstamm zusammen. Bei beiden Schmetterlingsarten wird also durch eine Instinkthandlung die gleiche Wirkung erzielt, obwohl die eine Art quergestreifte, die andere längsgestreifte Flügel besitzt. Die gliedernde Färbung hätte keine so gute Schutz-

Abb. 16 Falter, deren Längszeichnung (oberes Bild) oder deren Querzeichnung (unteres Bild) mit dem Untergrund übereinstimmt, wenn sich die Tiere in einer bestimmten Weise am Stamm niederlassen



wirkung, wenn nicht instinktiv eine bestimmte Ruhehaltung eingenommen würde.

Nach dem bisher Gesagten könnte man mit Recht feststellen: Es sind aber doch nicht alle Tiere so gefärbt, daß sie schwer bemerkt werden. Zeigen nicht viele von ihnen

ganz im Gegenteil schreiend gelbe, weiße und rote Farben, die man schon von weitem sieht?

Das ist völlig richtig. Wir haben bereits erwähnt, daß nicht alle Tiere eine tarnende Färbung besitzen. Mehr noch, für einige Tiere, die als Nahrung ungeeignet sind oder die gegen ihre Feinde gefährliche Verteidigungsmittel besitzen, ist es von Nutzen, daß sie auffällig gefärbt und von weitem erkennbar sind.

Warnfärbung

Als Kind sah ich einmal, wie ein junger Jagdhund, der zum erstenmal zur Jagd mitgenommen wurde, einen Feuersalamander aufspürte. Er trat ihn erst mit der Pfote, ergriff ihn dann mit den Zähnen, schleuderte ihn aber schon im gleichen Augenblick mit einer schroffen Kopfbewegung von sich. Noch lange Zeit danach rieb der Hund sein Maul mit den Pfoten und im Gras, um die unangenehme Wirkung des von der Haut des Salamanders abgeschiedenen Sekrets zu beseitigen. – Lange Zeit nach diesem Vorfall traf der Hund ein zweites Mal auf einen Salamander. Er wick dem Salamander aus; die Farben erinnerten ihn an das unangenehme Erlebnis.

Die Kombination von Gelb und Schwarz als Warnfarbe tritt bei vielen Tieren auf, die in keinerlei verwandtschaftlicher Beziehung zueinander stehen, wie Salamander, einige tropische Baumschlangen, verschiedene Raupen und Käfer, Bienen und Wespen. Sie alle besitzen wirksame Schutzmittel, die sie als Nahrung ungeeignet machen. Bei einigen Arten der Marienkäfer ist die Warnfarbe eine Kombination von Rot und Schwarz. Sie sind durch den unangenehmen Geschmack ihrer Körperflüssigkeit geschützt. Nimmt man Marienkäfer in die Hand, dann bleiben häufig

auf den Fingern kleine gelbe Tröpfchen haften. Diese Flüssigkeit wird bei Gefahr durch eine besondere Öffnung in der Gegend der Beingelenke abgesondert.

Die gleiche Eigenschaft besitzen viele Käfer, die grellrot, gelb oder metallisch blau gefärbt sind.

Wie bereits hervorgehoben wurde, besitzen die Tiere mit Warnfarben meist Schutzmittel, die sie als Nahrung ungeeignet machen. Solche Schutzmittel können giftige oder brennende Ausscheidungen der Hautdrüsen sein (bei einigen Lurchen, z. B. dem Feuersalamander), ein unangenehmer Geschmack der Körperflüssigkeiten (z. B. bei Raupen, Schmetterlingen und Käfern, wie dem Marienkäfer) oder auch ein Giftstachel (z. B. bei Wespen). Die Warnfärbung besteht immer aus grellen Farben oder einer schon von weitem sichtbaren Farbkombination. Meist sind diese Tiere weiß, gelb, orange oder rot, in einer Kombination mit Schwarz, gefärbt.

Wenn die Warnfärbung aus einer Kombination weniger auffallender Farben besteht, spricht man von einer Warnzeichnung. Die Warnzeichnungen sind stets verhältnismäßig einfach. Gerade diese einfachen Kombinationen einer kleinen Anzahl von Farben erleichtern aber die Ausbildung eines bedingten Reflexes bei denjenigen Tieren, denen die Tiere mit Warnfarben als Nahrung dienen könnten. Zwischen der Warnfärbung und dem unangenehmen Geschmack wird eine Verbindung hergestellt. Dadurch wird die Warnfarbe zum Signal. Die Tiere lernen durch Erfahrung, warnend gefärbte Tiere zu meiden. Je geringer die Anzahl der Typen von Warnfärbung ist, desto leichter werden sie erkannt.

Die Einzelheiten der Warnzeichnung haben meist keine große Bedeutung. Ein Vogel beispielsweise ist kaum imstande, auf sie zu achten, wenn er ein fliegendes Insekt verfolgt. Die Farben jedoch fallen sofort auf. Schwarz dient gewöhnlich als Untergrund; es läßt die grellen Farben stark hervortreten. Das ist der Grund dafür, daß Tiere, die ein-

mal gelernt haben, bestimmte Farbkombinationen zu meiden, die Träger solcher Farbkombinationen auch dann nicht angreifen, wenn diese eine ganz andere Form haben als die Arten, an denen sie ihre Erfahrungen gesammelt haben.

Tiere mit Warnfärbung verhalten sich in der freien Natur völlig anders als Tiere mit Schutzfärbung. Bei einem Angriff fliehen sie nicht; wenn sie aber reagieren, dann sind ihre Bewegungen langsam und plump. Tiere mit Schutzfärbung sind häufig nachts aktiv, den Tag verbringen sie versteckt oder unbeweglich, Tiere mit Warnfärbung dagegen führen meist ein Tagleben. Einige Arten leben in Gruppen, wodurch die Warnsignale noch wirkungsvoller zur Geltung kommen. Die Farbe eines einzelnen Individuums kann unbemerkt bleiben, die Anhäufung von vielen Exemplaren jedoch fällt stärker auf.

Ein interessantes Beispiel dafür bietet die Verhaltensweise eines Welses, die von dem dänischen Naturforscher Mortensen beschrieben wurde: „Auf dem Korallenriff an der Insel Santa Cruz bei Samboang wurde meine Aufmerksamkeit von einem sehr gut erkennbaren schwarzen Gegenstand angezogen, der sich in dem seichten Wasser bewegte. Als ich mich näherte, sah ich, daß dies eine Anhäufung von kleinen schwarzen Fischchen mit je zwei weißen Längsstreifen auf dem Rücken war. Sie schwammen sehr schnell, sehr eng aneinandergedrängt, wobei sie eine große Kugel bildeten. Infolge der ständigen Bewegung der Fischchen schien die Kugel, die sehr auffällig war, über die Korallen dahinzurollen. Es war sehr leicht, fast alle Fischchen mit einem Schwenken des Netzes zu fangen. Um mir einige Exemplare aufzubewahren, wollte ich sie mit der Hand aus dem Netz holen. Der erste Fisch, den ich berührte, saugte sich an meinem Finger fest, was einen außerordentlich schneidenden Schmerz hervorrief. Bei dem Versuch, ihn loszulösen, saugte er sich an den anderen Fingern fest. Das war sehr schmerzhaft, und der Schmerz hielt noch lange an, nachdem es mir gelungen war, den Fisch zu entfernen.

Nach dieser Erfahrung habe ich es selbstverständlich vermieden, diese Fischchen anzufassen.“ Man kann sich vorstellen, daß auch Tiere diese kleinen Welse meiden werden, besonders da sie mit der Warnfarbe Schwarzweiß gezeichnet sind.

Viele Tiere tragen Warnfarben nur auf bestimmten Körperteilen, die in Ruhestellung nicht zu sehen sind. Sie werden erst sichtbar, wenn das Tier gereizt oder angefallen wird. Es handelt sich um eine Verbindung von Tarnfärbung mit Warnfärbung. Bei Bedrohung zeigt das Tier seine Warnfärbung.

Unter den Froschlurchen weisen die Unken diese Tarn-Warn-Färbung und die damit verbundenen Besonderheiten im Verhalten auf. Die Warnfärbung – gelbe oder karminbis orangefarbene Flecke auf dunklem Grund – befindet sich auf der Unterseite des Körpers, während die Oberseite eine dunkle Tarnfarbe hat. Bei Gefahr drehen sich die Unken auf den Rücken, so daß die bunten Flecke der Unterseite sichtbar werden. Diesen Instinkt gibt es auch bei anderen Lurchen sowie bei Kriechtieren, Spinnen und Raupen. Bei den meisten Tieren mit einer Warnfärbung auf dem Bauch wird die Farbe dadurch sichtbar, daß sich die Tiere aufrichten. So verhalten sich beispielsweise einige Schlangen.

Außer dem warnenden Charakter der grellen Farben spielt auch die Überraschung eine Rolle, denn die Farben tauchen ja plötzlich und unerwartet auf. Ihr Erscheinen ist häufig von besonderen Bewegungen, Veränderungen der Körperform oder drohenden Lauten begleitet. Alles zusammen wirkt auf die Angreifer.

Häufig haben die Warnzeichnungen die Form von Augen. Beim Abendpfaueauge liegen sie auf den Hinterflügeln, die in Ruhestellung von den Vorderflügeln verdeckt sind. Wird der Schmetterling bedroht, so hebt er seine Vorderflügel, so daß die „Augen“ sichtbar werden.

Die Zweifleck-Gottesanbeterin, ein räuberisches Insekt, hat eine grüne oder gelbbraune Körperfarbe. Sie sitzt meist

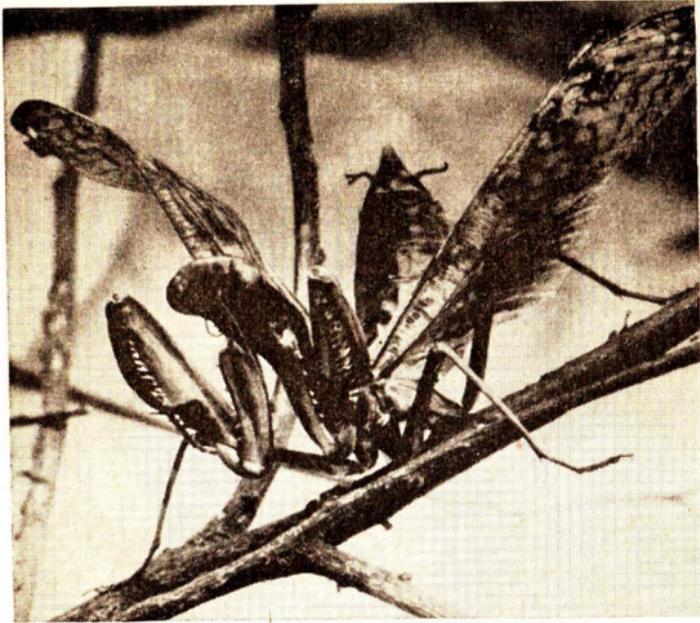


Abb. 17 Zweifleck-Gottesanbeterin in Schreckstellung

unbeweglich im Grase, so daß sie für Beutetiere kaum sichtbar ist. Die Schenkel ihrer Vorderbeine tragen auf der Innenseite je einen runden schwarzen Fleck, der in der charakteristischen „Bet“-Stellung nicht zu sehen ist. Wird sie aber gereizt, so verändert sie jäh ihre Stellung, indem sie ihren Vorderkörper dem Angreifer zuwendet und die Vorderbeine zur Seite dreht (Abb. 17). Dadurch werden die schwarzen Flecke sichtbar, und das Vorderteil des Insekts wirkt nun wie ein großer Kopf. Die schwarzen Flecke, die Augen ähneln, verstärken diese Illusion. Außerdem bringt die Gottesanbeterin in der Warnstellung ein stark zischendes Geräusch hervor, indem sie ihre Flügel öffnet und den Hinterleib an fächerartigen Falten des hinteren Flügelpaares reibt.

Bei einigen Lurchen und Kriechtieren sind die Warnfarben in Körperfalten verborgen. Die leuchtenden Farben zeigen sich also nur, wenn die Tiere ihren Umfang vergrößern, so daß sich diese Falten straffen. Die Vergrößerung des Umfangs übt dabei auch eine Wirkung auf den Angreifer aus, da ja die Größe des Tieres, mit dem er kämpfen muß, nicht ohne Bedeutung ist.

Viele Tiere öffnen, wenn sie angegriffen werden, das Maul zum Beißen. In solchen Fällen ist oft auch noch die Mundhöhle grell gefärbt.

Es gibt aber auch Tiere mit auffallender Färbung, die keinerlei Verteidigungsmittel besitzen und trotzdem nicht angegriffen werden. Wir sprechen in solchen Fällen von einer Schein-Warnfärbung, da sie nicht vor unangenehmen Eigenschaften warnt, sondern irreführt. Die Feinde reagieren aber wie bei echten Warnfarben, weil sie gelernt haben, Tiere mit Warnfärbung zu meiden. Bei Tieren, die sowohl eine Tarnfärbung als auch warnende Farben tragen, handelt es sich meistens um eine Schein-Warnfärbung.

Schließlich gibt es auch Tiere, die den Schutz gut getarnter und warnend gefärbter Arten nutzen. Manche Einsiedlerkrebse zum Beispiel leben in leeren Schneckenhäusern, die mit Blumentieren bewachsen sind. Die Krebse sind dadurch vor den Angriffen der Tintenschnecken und Fische geschützt. Im Aquarium kann man Einsiedlerkrebse lange Zeit zusammen mit Tintenschnecken und Fischen halten, wenn sich auf dem Schneckenhaus ein Blumentier befindet. Sobald man das Blumentier aber entfernt, wird der Krebs von den Tintenschnecken oder Fischen gefressen. Wächst der Einsiedlerkrebs und wird ihm das Schneckenhaus zu eng, so zieht er in ein neues, größeres um. Dabei bringt er das Blumentier von dem alten auf das neue Schneckenhaus hinüber. Die Verbindung zwischen dem Einsiedlerkrebs und dem Blumentier ist so häufig, daß nur sehr selten Einsiedlerkrebse ohne Blumentiere aufgefunden werden.

Es hat sich gezeigt, daß die Theorie von der Warnfärbung in der Natur richtig ist. Die Forscher gingen bei ihren Untersuchungen drei verschiedene Wege: Versuchsfütterung gefangener Vögel, Untersuchung des Mageninhalts von freilebenden Vögeln und Beobachtung der natürlichen Ernährung der Vögel in der Natur.

Der erste Weg ist sehr bequem, bringt aber nur ungenaue Ergebnisse, da das Verhalten der Vögel im Käfig nicht dem in der freien Natur entspricht. Gefangene Vögel verweigern oft lange Zeit die Nahrungsaufnahme. Später können sie, gezwungen vom Hunger, auch das zu sich nehmen, was sie in Freiheit überhaupt nicht beachten würden. Wertvollere Ergebnisse bringen die beiden anderen Untersuchungsmethoden. Beachtenswert sind Beobachtungen über die Ernährung des Stars, die in Holland durchgeführt wurden. Dabei wurden den Jungvögeln von Zeit zu Zeit besondere Halsbänder angelegt, die ihnen die Möglichkeit nahmen, die von den Alten gereichte Nahrung hinunterzuschlucken. Nach dem Abfliegen der Eltern hatten die Beobachter die Nahrung aus dem Hals der Kleinen herausgeholt. In drei Jahren wurden 17 933 Exemplare verschiedener Nahrungstiere, hauptsächlich Insekten, gesammelt, die die Eltern ihren Jungen gebracht hatten. Unter ihnen gab es nur vier mit Warnfärbung: einen Schmetterling, zwei Käfer und eine Biene.

Auch Beobachtungen an Eidechsen zeugen davon, daß warnend gefärbte Insekten vielfach als Nahrung gemieden werden.

Man darf jedoch nicht glauben, daß die Warnfärbung unbedingt schützt. Herrscht bei Tieren, denen eine Art als Nahrung dienen kann, Nahrungsmangel, hört sie auf, ein zuverlässiger Schutz zu sein. Außerdem gibt es Tiere, die recht häufig andere Arten mit Warnfärbung fressen, bei den Vögeln zum Beispiel den Bienenfresser. Das zeigt, daß die Warnfärbung nur einen relativen Schutz bietet, der von den jeweils herrschenden Bedingungen abhängt.

Auf etwas sei am Schluß noch hingewiesen:

Man darf nicht annehmen, daß es sich bei allen leuchtenden Farben im Tierreich um Warnfarben oder um Schein-Warnfarben handelt. Um zu erkennen, welche Bedeutung eine Färbung hat, müssen wir die Lebensweise der Tiere sowie die Umgebung, in der sie leben, kennen. Es gibt zum Beispiel eine Anzahl tropischer Fische, die zwischen Korallenriffen leben. Sie gehören zu den am grellsten gefärbten Tieren überhaupt. Ihre leuchtenden Farben sind jedoch keine Warnfarben, sie haben Tarnbedeutung, denn die Korallen besitzen die gleichen grellen Tönungen.

Die Mimese

Zu den erstaunlichsten Erscheinungen der Natur gehört die Tatsache, daß einige Tiere in Form und Farbe verschiedene Dinge ihrer Umwelt nachzuahmen scheinen. Wir sprechen in solchen Fällen von Mimese.

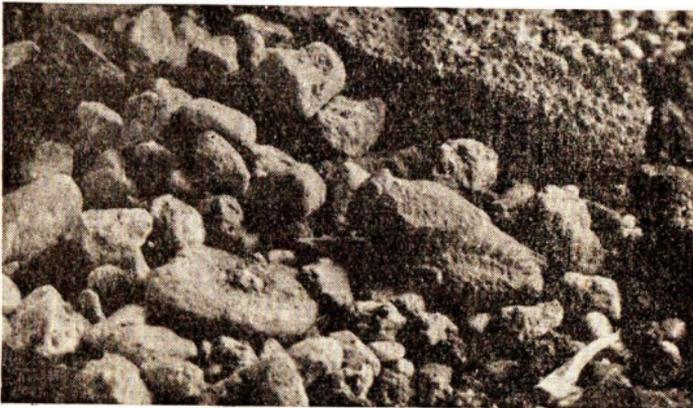


Abb. 18 Nordafrikanische Heuschrecke, deren Form und Farbe weitgehend einem Stein entsprechen

In den Wüsten Algeriens lebt eine Heuschrecke mit plumpem Körperbau, deren Larven sowohl in der Form als auch in der Farbe erstaunlich den Steinen ähneln, zwischen denen sie leben (Abb. 18).

Weitaus mannigfaltiger und interessanter sind jedoch die Fälle, in denen die Anpassung an verschiedene Pflanzen oder Pflanzenteile erfolgt ist. Diese Angleichungen sind so deutlich und so vielgestaltig, daß man aus verschiedenen Tieren, die Pflanzenteilen gleichen, das Modell einer ganzen Pflanze herstellen könnte. Wer aufmerksam beobachtet, wird bald Tiere kennenlernen, die Pflanzenteilen ähneln.

Fast in der ganzen Welt gibt es Spinnen, Schmetterlinge, Käfer, Frösche und Eidechsen, die mehr oder weniger stark Flechten ähneln. Sie leben auf Baumstümpfen, auf Steinen oder an Wänden, die mit Flechten bedeckt sind. Auf diesem Untergrund sind sie oft kaum zu erkennen, da ihre gliedernde Färbung den Eindruck von Vertiefungen und Vorsprüngen schafft, die in Form und Färbung völlig denen der Flechten gleichen.

In unserer Heimat ähnelt die Kleine Flechteneule bis zur Vollkommenheit Flechten. Der englische Zoologe Cott berichtet über diesen Schmetterling: „Als ich meine Vorbereitungen, den Schmetterling zu fotografieren, getroffen hatte, näherte ich mich ihm nochmals, um mich zu überzeugen, daß er noch an seinem Platz sei. Ich bemerkte zu meiner großen Verwunderung, daß ich wahrscheinlich das Insekt erschreckt hatte, während ich mich mit dem Fotoapparat beschäftigte. Jedenfalls war der Schmetterling verschwunden. Um mich davon zu überzeugen, betrachtete ich aufmerksam den Stein, auf dem er sich befunden hatte, indem ich die Stelle genau nach der Richtung des Fotoapparates ausfindig machte, doch ich konnte keine Spur von dem Schmetterling entdecken. Erst als ich fest davon überzeugt war, daß ich ihn verloren hatte, und bereit war, umzukehren und den Apparat zu schließen, nahm ich ihn plötzlich doch wahr.“

Auf einen Schmetterling, der einem Blatt bis zur Vollkommenheit ähnelt, hat erstmals der englische Naturforscher Wallace, ein Zeitgenosse Darwins, hingewiesen.

Später wurde eine falsche Darstellung dieses Schmetterlings (Abb. 19) in Hunderten Biologiebüchern abgebildet.

Darauf ist der Schmetterling mit unnatürlich nach vorn gespannten Flügeln gezeichnet. Auf diese Weise stimmte die Zeichnung auf der Unterseite der Vorder- und Hinterflügel, die den Blattadern entsprechen sollen, gut überein. Außerdem ist er so gezeichnet, als hätte er sich mit dem Kopf nach oben niedergelassen, damit seine Stellung der Lage der Blätter am Zweig entspricht.

Diese unrichtige Abbildung ist ein Beispiel dafür, daß anfangs die Erscheinung der Mimese vorschnell und etwas unkritisch beurteilt wurde, daß man sogar manchmal etwas unrichtig darstellte, damit es der Vorstellung entsprach. Die Bedeutung einer Erscheinung kann aber nur dann richtig beurteilt werden, wenn man alle ihre Seiten untersucht. Dazu ist das Studium der Lebensweise des betreffenden Tieres besonders wichtig. In Wirklichkeit läßt sich nämlich dieser Schmetterling niemals auf dünnen Zweigen zwischen Blättern nieder, sondern nur auf dicken Baumstämmen, und zwar mit dem Kopf nach unten. Aber auch in dieser Haltung gleicht er einem trockenen Blatt, das an den Spinnweben hängengeblieben ist, die sich

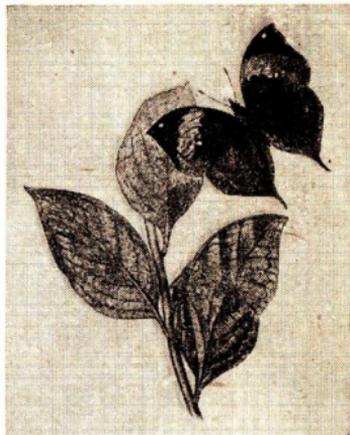


Abb. 19 Die „klassische“, aber falsche Abbildung eines blattähnlichen Schmetterlings. Rechts unten das sitzende Insekt.

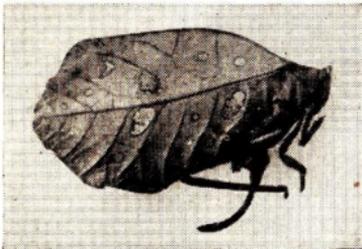
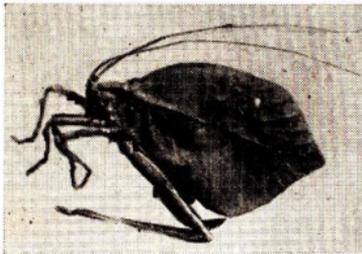
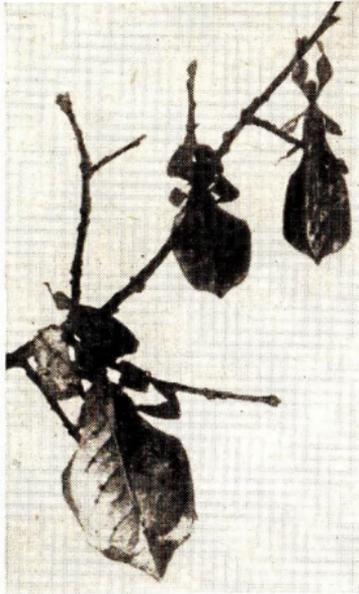


Abb. 20 Blattähnliche Insekten

gewöhnlich an den Stämmen der dicken Bäume befinden.

Auch die übrigen Arten dieser Schmetterlings-Gattung, die alle in Süd-asien und Afrika leben, ähneln in Form und Färbung trockenen Blättern, wenn sie mit zusammengefalteten Flügeln darsitzen. Viele der bei uns lebenden Schmetterlinge gleichen in ihrer Ruhestellung ebenfalls Teilen trockener Blätter.

Nicht nur bei Schmetterlingen finden wir eine starke Ähnlichkeit mit Blättern. Auf der Abbildung 20 sind verschiedene Geradflügler dargestellt, deren Flügel bis zur Vollkommenheit Blättern ähneln. Die Adern der Flügel sind ebenso orientiert wie bei dem Blatt einer Pflanze. Es fehlen auch nicht Flecke, die wie Schäden aussehen, die den „Blättern“ von Insekten zugefügt wurden.

Besonders interessant sind die wenigen Fälle, in denen Wirbeltiere in

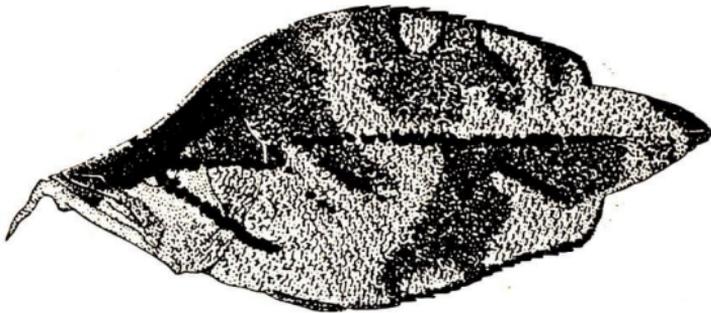


Abb. 21 Der Blatt-Fisch aus dem Amazonas-Gebiet

Form und Farbe Blättern ähneln. Im Gebiet des Amazonas lebt ein Fisch, der von der Bevölkerung Blatt-Fisch genannt wird (Abb. 21). Er bewohnt kleine Wasserläufe mit langsam fließendem, durchsichtig klarem Wasser, besonders Stellen, an denen das Wasser fast unbeweglich steht und der Grund mit faulenden Blättern bedeckt ist. Nicht nur in der Form, sondern auch im Verhalten gleicht dieser Fisch bis ins einzelne einem ins Wasser gefallenem Blatt. Er liegt entweder unbeweglich auf der Wasseroberfläche, wobei er wie ein Blatt bei jeder künstlich hervorgerufenen Bewegung des Wassers hin und her schaukelt, oder er liegt auf dem Grund zwischen den Blättern. Mitunter ist er an unter Wasser befindlichen Gegenständen befestigt. Sogar im Fangnetz bleibt er unbeweglich liegen. Dabei ist seine Ähnlichkeit mit den Blättern so groß, daß man jedes ins Netz geratene Blatt aufmerksam betrachten muß, um den Fisch herauszufinden. Die Ähnlichkeit beruht auf dem flachen Körper mit blattförmigen Umrissen sowie auf einem kurzen und dicken Bart am Unterkiefer, der einem Blattstiel gleicht. Die Färbung des Fisches ist sehr unterschiedlich: gelbgrau oder braun mit dunkleren Flecken, wie sie gewöhnlich faulende Blätter haben. Einzig eine Längslinie, die über die Mitte des Körpers verläuft und an die Hauptader des Blattes erinnert, ist bei allen Tieren ausgeprägt. Vollkommen aber wird die



Abb. 22 Der Fetzenfisch, ein Seepferdchen von der Küste Australiens

Ähnlichkeit mit einem Blatt erst durch das Verhalten des Fisches: Er schwimmt nicht wie andere Fische, sondern mit Hilfe zweier durchsichtiger Flossen an der Rücken- und Bauchseite nahe dem Schwanz, die zitternde Bewegungen ausführen. Dadurch bewegt er sich langsam in der gewünschten Richtung, ohne seinen Körper zu krümmen. Außerdem läßt er sich wie ein Blatt von der Bewegung des Wassers treiben. Erst wenn der Blatt-Fisch ganz nahe an einen anderen kleinen Fisch herangekommen ist, öffnet

er schnell sein großes Maul, schießt nach vorn, schnappt zu und verschlingt die Beute.

Ein besonders interessantes Beispiel für die Ähnlichkeit eines Tieres mit Wasserpflanzen ist der Fetzenfisch (Abb. 22). Fast könnte man glauben, daß bei der Bezeichnung „Fisch“ ein Druckfehler unterlaufen sei, aber dieses wundersame Wesen ist wirklich ein Fisch, ein Seepferdchen aus den Küstengewässern Australiens. Die Umrisse seines Körpers sind phantastisch; überall treten blattförmige oder dornartige Verzweigungen heraus, die den Wasserpflanzen gleichen, zwischen denen der Fisch lebt.

Aus den Tropen sind nicht nur Fische, sondern auch Frösche und Eidechsen (Abb. 23) bekannt, die in Form und Farbe Blättern ähneln.

Abb. 23
Ein blattähnliches
Chamäleon

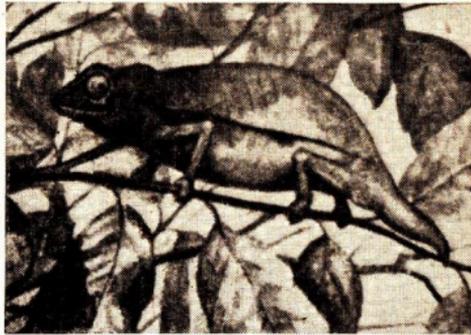
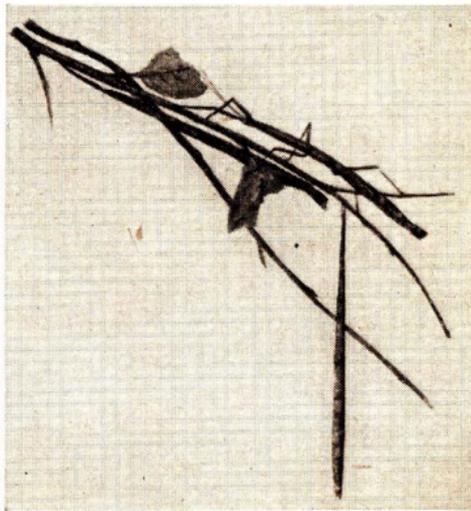


Abb. 24
Das Bild zeigt
drei Stabheuschrecken
und zwei Zweige



Hunderte Arten von Insekten ähneln den verschiedensten Pflanzenteilen: Blättern, Zweigen, Dornen, Knospen, Samen und anderem mehr. Es ist nicht möglich, ausführlich auf sie einzugehen. Wir wollen nur noch ein Beispiel für die enge Beziehung zwischen Aussehen und Verhalten bringen. Die Stabheuschrecken (Abb. 24) leben in warmen Gebieten, in Indien, Afrika, Amerika, aber auch in Südeuropa. Fast alle Arten sind tagsüber mehr oder weniger unbeweglich. Nachts kriechen sie nur kurze Strecken bis zum nächsten

Blatt, das sie langsam auffressen. Schon durch diese Lebensweise sind sie vor den Blicken ihrer Feinde weitgehend verborgen; denn weder Form noch Färbung verbergen ein Tier so erfolgreich wie das Fehlen von Bewegung. Wenn man die Tiere mit den Händen berührt, noch mehr, selbst wenn sie verletzt werden, bleiben sie oft unbeweglich sitzen. Bei einem leichten Schütteln der Zweige aber beginnen sie nach rechts und links zu schwanken wie ein wirkliches Zweiglein, das vom Winde bewegt wird.

Mimikry

Vor über 100 Jahren, im Mai 1848, erschien vor der brasilianischen Küste an der Mündung des Rio Pará (heute Tocantins) ein kleines Handelsschiff. Es kam aus Liverpool. Ein leichter, günstiger Wind blähte kaum seine Segel. Langsam fuhr es in die ruhigen Wasser des breiten Flusses ein und hielt Kurs auf das Ostufer, auf den Hafen Pará (heute Belém). Nach zwei Tagen zeigten sich die weißen Häuser des malerischen Städtchens, die in der üppigen tropischen Pflanzenwelt fast versanken. Das Schiff ging vor Anker, und zwei junge Engländer, die Naturforscher Alfred Wallace und Henry Bates, betraten den von vielen Menschen belebten Kai. Getrieben von einer ungewöhnlichen Liebe zur Natur und zu Reisen in ferne Länder, waren sie nach Brasilien gekommen, um die zauberhafte Natur am Amazonas, die den Europäern damals fast unbekannt war, zu studieren. Vier Jahre später erkrankte Wallace an Fieber und kehrte nach England zurück. Bates setzte seine Reisen weitere acht Jahre lang allein fort. Er sammelte etwa 15 000 Tierarten, von denen annähernd 8000 bis dahin der Wissenschaft unbekannt waren. Inmitten der außerordentlich reichen tropischen

Natur am Amazonas gelangen ihm viele interessante Beobachtungen.

Nach seiner Rückkehr aus Südamerika machte sich Bates mit dem Buch Darwins „Über die Entstehung der Arten“ bekannt. Darwins Theorie von der natürlichen Auslese half ihm, einer interessanten Erscheinung, die er in Brasilien beobachtet hatte, eine richtige Erklärung zu geben. In den Wäldern am Amazonas hatte Bates oft große Schwärme bunt gefärbter Schmetterlinge aus der Familie der Heliconiden angetroffen. Immer, wenn er diese Schmetterlinge sammelte, stellte er fest, daß sich unter ihnen auch einige Exemplare einer anderen Gattung aus einer ganz anderen Familie befanden. Obwohl diese mit den Heliconiden nicht verwandt waren, ähnelten sie ihnen doch so sehr, daß nur das erfahrene Auge des Spezialisten sie entdecken konnte. Dabei glichen sie den Heliconiden nicht nur in ihrer Färbung, sondern auch in der Form der Flügel und des Körpers sowie in der Art des Fliegens.

Die Tatsache, daß die Heliconiden immer in sehr großer Anzahl anzutreffen sind, veranlaßte Bates zu dem Schluß, daß sie für insektenfressende Vögel von unangenehmem Geschmack seien. Anderenfalls müßten sie leicht deren Beute werden, besonders wegen ihres langsamen Fluges. Die äußere Ähnlichkeit mit den Heliconiden ist für die ähnlich gebildeten Arten aus der anderen Familie von Nutzen. Obwohl sie als Nahrung geeignet sind, werden sie von den insektenfressenden Vögeln ebenfalls gemieden, weil sie den Heliconiden fast völlig gleichen. Wir haben es hier mit der Nachbildung einer geschützten Form zu tun, eine Erscheinung, die von den Biologen als Mimikry bezeichnet wird.

Die von Bates entwickelte Theorie von der Mimikry hatte auch für die Festigung der Darwinschen Lehre vom Ursprung der Arten durch natürliche Auslese Bedeutung. Die leuchtende Färbung der Heliconiden ist eine Warnfärbung. Sie warnt die insektenfressenden Vögel vor dem

unangenehmen Geschmack der Schmetterlinge. Aber wie ist diese Färbung bei den Heliconiden-Nachahmern, die als Nahrung durchaus geeignet sind, entstanden? Die Ursache liegt in einer Auslese, die die Vögel in Jahrtausenden getroffen haben. Die Färbung der Heliconiden-Nachahmer hat ursprünglich sicherlich in gewissen Grenzen variiert. Die größere Aussicht zu überleben hatten die Farb- und Formtypen, die am stärksten den Heliconiden ähnelten. Wahrscheinlich war diese Ähnlichkeit ursprünglich sehr schwach, doch unter der Wirkung der Auslese hat sie sich allmählich verstärkt.

Das Interesse der Naturforscher an der von Bates beschriebenen Erscheinung war sehr groß. Es wurden noch viele Fälle von Mimikry in den Tropen festgestellt. Hierbei wurde immer die zahlreicher auftretende Art für das „Modell“ gehalten, das von den anderen, weniger häufigen Arten nachgeahmt wurde. Das Problem komplizierte sich jedoch, als in Afrika drei Arten von Schmetterlingen entdeckt wurden, die an ein und derselben Stelle in fast gleicher Häufigkeit angetroffen wurden und die einander sehr stark ähnelten. Eine Erklärung für diese Erscheinung hat der deutsche Zoologe Fritz Müller gegeben. Danach sind alle diese Schmetterlinge durch einen unangenehmen Geschmack geschützt und werden von den insektenfressenden Vögeln gemieden. Der Nutzen einer solchen gemeinsamen Warnfärbung besteht darin, daß von jeder dieser drei Arten weniger Tiere gefressen werden, bevor die Vögel es gelernt haben, sie zu erkennen.

Anfangs ist die Bedeutung der Mimikry weit überschätzt und sehr oberflächlich betrachtet worden. Daß die brasilianischen Heliconiden Eigenschaften besitzen, die sie als Nahrung ungeeignet machen, war vorerst nur eine Annahme, die nicht bewiesen war, obwohl auch andere Naturforscher beobachtet hatten, daß sie von insektenfressenden Vögeln nicht angegriffen werden. Aber inzwischen wissen wir, daß insektenfressende Vögel ganz allgemein Tag-

Schmetterlinge als Nahrung meiden, weil diese nur einen kleinen Körper und sehr große Flügel haben. Die Flügel lassen sich nur schwer verschlingen und sind außerdem auch unverdaulich. Häufiger werden nur Tagschmetterlinge mit kleinen Flügeln oder Nachtschmetterlinge verfolgt, deren Körper groß und deren Flügel relativ klein sind. Alle diese Erkenntnisse führten zu einer Berichtigung der Theorie von der Mimikry.

Während ursprünglich vor allem Beispiele von Schmetterlingen bekannt waren, liegen heute Beobachtungen vor, die darauf hinweisen, daß diese Erscheinung in der Natur allgemeiner verbreitet ist. Auf Kuba beispielsweise wurden Versuche mit warnend gefärbten Käfern und insektenfressenden Eidechsen angestellt. Nachdem die Eidechsen einmal den Geschmack dieser Käfer verspürt hatten, nahmen sie diese Art selbst nach langem Hunger nicht mehr an. Daraufhin bot man ihnen Käfer von acht anderen Arten an, von denen drei Arten der schlecht schmeckenden glichen, die übrigen fünf nicht. Diese Käfer wurden sofort gefressen, die drei anderen Arten dagegen blieben unberührt.

Es besteht kein Zweifel darüber, daß aus der Gruppe der Hautflügler Bienen, Wespen und Ameisen „Vorbilder“ sind, die „nachgeahmt“ wurden, da diese von ihren Feinden wegen ihres Giftstachels bzw. wegen ihrer Säure weitgehend gemieden werden. Nicht nur in den Tropen, sondern in der ganzen Welt gibt es Insekten anderer Gruppen, die in Form und Farbe, ja sogar in der Lebensweise ihnen gleichen, bei denen man also von Mimikry spricht. Einige Fliegen sehen zum Beispiel wie Bienen oder Wespen aus. Die Schlammfliege gleicht der Honigbiene und saugt auch den Nektar von Blüten, die von Honigbienen aufgesucht werden. Ebenso werden ein und dieselben Blüten von Hummeln und hummelähnlichen Fliegen besucht. Bekannt sind viele Spinnen, die äußerlich Ameisen gleichen. In Indien lebt eine als „Ameisen-Spinne“ bezeichnete

Springspinne, die nicht nur in der Form ihres Körpers, sondern auch im Verhalten einer Ameise-ähnelt. Spinnen haben acht Beine und nicht sechs wie die Ameisen. Die indische Ameisen-Spinne benutzt jedoch ihre Vorderbeine nicht zur Fortbewegung. Sie hält sie vorgestreckt, so daß sie den Fühlern der Ameisen gleichen. Mehr noch, ihre so ausgestreckten Vorderbeine befinden sich in ununterbrochener rhythmischer Bewegung, genau wie die Fühler der Ameisen.

Eine Besonderheit im Körperbau der Spinnen erleichtert die Nachbildung der Ameisenform: Ihr Vorderkörper ist vom Hinterleib durch eine starke Einschnürung getrennt. Diese „Wespentaille“ finden wir aber mitunter auch bei Insekten, die diese Besonderheit normalerweise nicht besitzen. Durch dunkle Färbung des Körpers, die an dieser Stelle auf besondere Weise verteilt ist, entsteht beim Beobachter leicht der Eindruck, daß auch bei ihnen der Hinterleib durch eine starke Einschnürung vom übrigen Körper getrennt sei.

Es könnten viele solcher Fälle aufgezählt werden. Ein besonders typisches Beispiel ist das Aussehen einer sudanesischen Heuschrecke (Abb. 25). Bei ihr scheint zwischen Hinterleib und Brust eine starke Einschnürung zu bestehen, da alle übrigen Teile an dieser Stelle hell gefärbt sind, während die allgemeine Färbung des Insekts schwarz ist. Besonders auf hellem Untergrund ist diese Täuschung fast vollkommen.

Erscheinungen der Mimikry finden wir sehr häufig bei Insekten, weil die Vertreter dieser Tierklasse sich im Verlauf der



Abb. 25
Eine ameisenähnliche
Heuschrecke
aus dem Sudan

Stammesgeschichte als außerordentlich veränderungsfähig und besonders anpassungsfähig gezeigt haben. Außerdem sind die Insekten die reichste und mannigfaltigste Tierklasse, die in der Artenzahl alle übrigen Tierklassen zusammengenommen übertrifft.

Schluß

Aus allem, was hier über Schutzfarben und Schutzformen gesagt wurde, wird deren große Bedeutung für die Tiere ersichtlich. Oft wurde die Bedeutung dieser Erscheinungen angezweifelt oder sogar verneint. Teilweise war Zweifel berechtigt, denn mitunter haben Stubengelehrte die Schutzbedeutung der Form oder der Färbung bei bestimmten Tieren nur auf Grund von Annahmen beschrieben. Solche Annahmen haben sich oft als falsch erwiesen, weil man die Rolle, die Färbung und Form im Leben einer Tierart spielen, nur bei Kenntnis ihrer natürlichen Lebensbedingungen beurteilen kann. Im Einzelfall ist es auch schwer, sich völlig von einer „Vermenschlichung“ der Dinge zu befreien. Möglicherweise werden sich noch einige unserer Deutungen als falsch oder naiv erweisen. Doch wenn das wirklich für einige Beispiele zutreffen sollte, so spricht das nicht gegen die allgemeine Erscheinung, daß in vielen Fällen Formen und Farben der Tiere Schutzbedeutung haben. Bei diesen Erscheinungen handelt es sich unzweifelhaft um ein Angepaßtsein der Tiere; es ist nicht plötzlich entstanden, sondern im Verlauf einer langen stammesgeschichtlichen Entwicklung, in deren Prozeß die Tiere unter Einwirkung der natürlichen Auslese und anderer Faktoren ihre Form und ihre Färbung an die Umgebung, die sie bewohnen, angepaßt haben und auch weiter anpassen.

Abbildungsnachweis

Fotos

Aus Hugh B. Cott: Adaptive Coloration in Animals. Methuan & Co. Ltd., London 1940 (Abb. 1, 7, 10, 11, 16, 18, 20 Mitte und unten); aus Heilborn/Böhme: Das Tier und seine Umgebung. Geist und Portig K.-G., Leipzig (Abb. 17); aus dem Originaltitel (Abb. 20 oben).

Zeichnungen

Aus Hugh B. Cott: Adaptive Coloration in Animals. Methuan & Co. Ltd., London 1940 (Abb. 8, 9, 12 bis 15, 21, 22, 25); Kurt Dornbusch, Leipzig (Abb. 2); aus Franz Heikertinger: Das Rätsel der Mimikry und seine Lösung. VEB Gustav Fischer-Verlag, Jena 1954 (Abb. 19); aus Hesse-Doflein: Tierbau und Tierleben. II. Bd., Verlag von Gustav Fischer, Jena 1943 (Abb. 23, 24); Willy Schulz-Kabbe, Berlin (Abb. 4 bis 6); Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin (Abb. 3).

Umschlag: Günther Klaus

Typografische Gestaltung: Atelier Volk und Wissen, Berlin

ES 9 F · Bestell-Nr. 08 051-1 · Lizenz Nr. 203 · 1000/61 (E)

Satz und Druck: VEB Vereinigte Druckereien Magdeburg

IV-14-50 5.61 10000 1676

