

UNSERE WELT

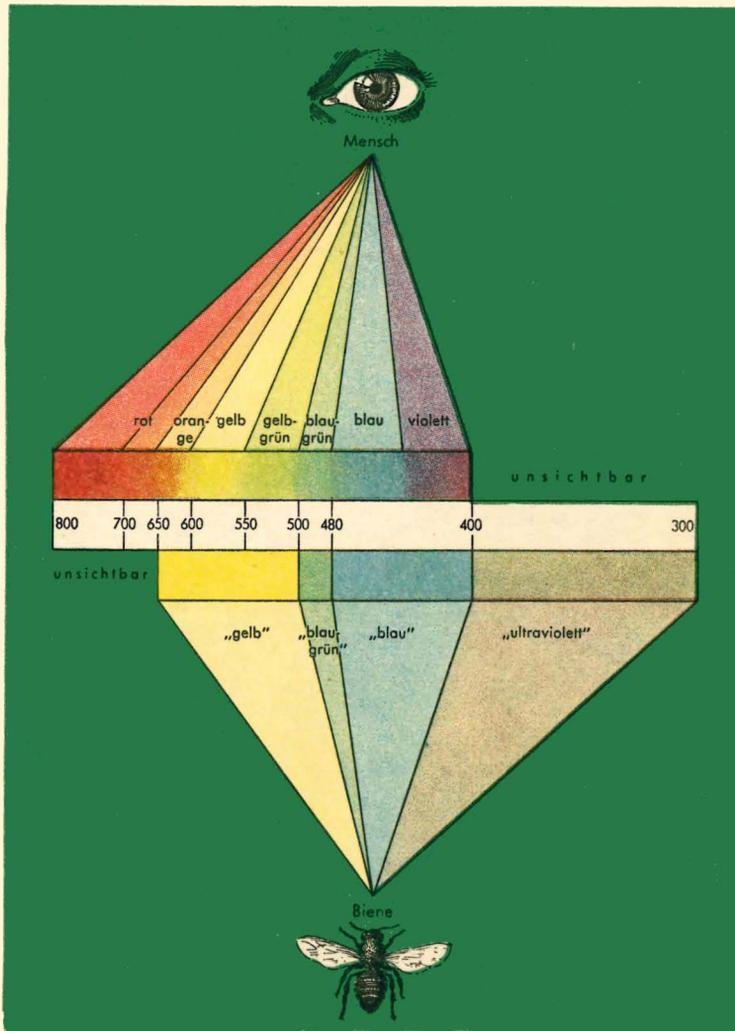
GRUPPE 2

BIOLOGIE

VON DER NATUR UND  
IHREN GESETZEN

# WAS TIERE ERLEBEN

VON DR. H. J. MÜLLER



dkv

der kinderbuchverlag

BERLIN / DRESDEN



DR. HANS JOACHIM MÜLLER

WAS TIERE ERLEBEN



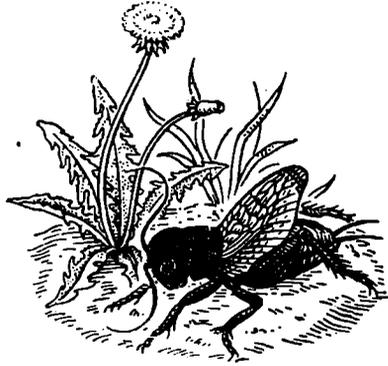
der kinderbuchverlag · Berlin/Dresden

Illustrationen von Kurt Herschel, von Einsiedel, Dombrowe und Sommer.  
Umschlagzeichnung: Kurt Herschel.

Alle Rechte vorbehalten · Genehmigungs-Nummer 376/31/50.  
Copyright 1950 by der Kinderbuchverlag GmbH, Berlin/Dresden.  
Satz und Druck: (D 01) Sachsenverlag, Druckerei- und Verlags-  
Gesellschaft mbH, Dresden N 23, Riesaer Straße 32/1446.

Preis: 0,60 DM.

Bestell-Nr.: 13505 · 1. – 20. Tausend 1950. Für Leser von etwa 14 Jahren an.



## **NICHT JEDER ERLEBT DAS GLEICHE!**

Wer im Frühjahr die Lerchen singend über die sprossenden Fluren emporsteigen sieht, aus dem Grase des Feldrains das schrille Geigen der Grillen vernimmt, den Duft der Blüten aumet und sich an den Farben und Gestalten der Blumen erfreut, der meint wohl, die ganze Fülle der Welt zu erleben. Er ist leicht geneigt anzunehmen, daß nicht nur seine Mitmenschen die gleichen Erlebnisse haben, sondern daß auch die Tiere genau so wie er den Blütenduft riechen, die Wiese so bunt sehen und jene Stimmen der Vögel und Insekten vernehmen, kurz: die Welt so erleben wie er selbst.

Wer sich bei seinen Mitmenschen genauer erkundigt, muß bald feststellen, daß ihre Erlebniswelt nicht völlig der seinen gleicht. Ihre Eindrücke und Erlebnisse sind selbst in der anscheinend gleichen Situation etwas andere oder können es doch sein. Dabei braucht er gar nicht gleich an einen Blinden zu geraten, dessen Augen zwar äußerlich den seinen gleichen und der doch nichts von der bunten Herrlichkeit der Welt sieht, oder an einen Naturkundigen, der den Lebewesen der Wiese mit Vergrößerungsgläsern zu Leibe rückt und eine Unmenge mehr erkennen kann als er mit seinem unbewaffneten Auge. Es genügt oft schon, einen älteren Menschen zu fragen, ob er das Zirpen der Grillen höre, das diesen Abend so besonders laut ertönt, um zur Antwort zu bekommen, daß er davon gar nichts höre, obwohl er es früher sehr wohl vernommen habe. Und andere laufen umher und wissen gar nicht, daß sie rotgrünblind sind, bis es gelegentlich bei einer ärztlichen Untersuchung oder einer Eignungsprüfung als Fahrzeuglenker offenbar wird.

Solche Feststellungen bei unseren eigenen Artgenossen sollten uns doch sehr bedenklich machen gegen die allgemeine Gewohnheit, unsere Erlebnisse,

**selbst unsere einfachsten Sinneseindrücke, zu verallgemeinern. Wie viel vorsichtiger aber müssen wir sein, wenn wir die Sinneswahrnehmungen und Sinnesleistungen der Tiere beurteilen wollen, deren Sinnesorgane so vielfach von den unseren verschieden sind und mit denen uns nicht die Sprache verbindet, die uns Menschen untereinander, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, den Austausch von Erlebnissen gestattet.**

**Wir wissen zwar, daß ein Hund Spuren mit der Nase verfolgt, also besser und mehr riecht als wir. Aber wir machen uns dabei meist keine genaueren Vorstellungen über die Leistungsfähigkeit dieses Spürsinnes und pflegen auch nicht zu überlegen, ob er dafür etwa weniger scharf sieht oder hört als wir. Der Hund steht uns als höheres Säugetier verwandtschaftlich nahe, daher glauben wir ohne weiteres annehmen zu dürfen, daß seine Sinnesorgane ähnliche Leistungen vollbringen wie die unseren. Aber schon wenn wir uns fragen, woran ein Gänsekücken seine Mutter erkennt, ob Fische hören, Bienen riechen und Farben unterscheiden können, wie Zugvögel ihren Weg finden, müssen wir eine Antwort schuldig bleiben oder geraten leicht in den Bereich unbewiesener, allzu vermenschlichter Vorstellungen.**

**Reich und vielgestaltig erscheint uns die Welt, zumal Wissenschaft und Technik uns immer neue, bisher undurchdringliche Gebiete erschließen. Und doch wissen wir zunächst nicht, ob es nicht Lebewesen neben uns gibt, denen ihre Sinnesorgane erlauben, Töne zu hören, die wir nicht hören, Farben zu sehen, die wir nicht wahrnehmen, Düfte zu riechen, die uns unsere Nase nicht vermittelt, denen die Welt also anders erscheinen mag als uns.**

**Ein paar Blicke in die Erlebniswelt der Tiere zu werfen, so wie es uns einige geniale Forscher mit kritischen Beobachtungen und klug ersonnenen Experimenten gelehrt haben, ist die Absicht der folgenden Zeilen.**

## **WEGE IN DIE ERLEBNISWELT DER TIERE**

**Im wesentlichen sind es zwei Wege, auf denen der Mensch versucht, über die Erlebnisse der Tiere Aufschluß zu erhalten: der des Vergleichs und der Beobachtung und der des Experiments.**

**Als es im Altertum und Mittelalter noch als gotteslästerlich galt, den menschlichen Körper zur Feststellung seines inneren Baues oder von Krankheitsursachen zu öffnen, zu „sezieren“, zerlegten die damaligen Mediziner statt dessen höhere Säugetiere. Sie versuchten, aus dem Bau dieser Tiere auf den des Menschen Rückschlüsse zu ziehen, obwohl man damals noch gar nicht an die wirkliche natürliche Verwandtschaft zwischen Säuger und Mensch dachte. Aber gerade auf Grund der tatsächlichen Abstammung konnten die vergleichenden Anatomen so erfolgreich sein, und nur darum ist ihre Methode auch auf die Tierkunde anwendbar.**

Dabei hat sich nun immer wieder die Erfahrung bestätigt: dort, wo kräftige Muskeln entwickelt sind, kann auch eine schwere Arbeit verrichtet werden, spitze, scharfe Zähne werden zum Festhalten und Zerreißen einer Beute, flache, breitflächige zum Zermahlen pflanzlicher Kost verwendet. Der vergleichende Anatom vermag aus dem Verhältnis von Flügelfläche und Körpergewicht eines Vogels mit großer Sicherheit vorauszusagen, ob er einen wendigen Flatterflieger aus dem Waldesdickicht oder einen ausdauernden Segler des freien Meeres vor sich hat, auch wenn er ihn nie im Leben beobachten konnte.

Ebenso läßt natürlich auch der Vergleich der Sinnesorgane Rückschlüsse auf ihre Leistungen zu. Wenn wir die Augen eines Hundes, eines Pferdes oder einer Maus mit den unseren vergleichen, so können wir aus ihrem weitgehend ähnlichen Aufbau schließen, daß auch bei diesen Tieren auf der lichtempfindlichen Netzhaut mit Hilfe der Linse ein verkleinertes Abbild der Umgebung entworfen wird und daß die Einrichtungen zur Veränderung der Tiefenschärfe, der Ablendung zu großer Lichtfülle und so weiter ähnlich wirken müssen wie bei uns. Aber ob dieses Bild wirklich wahrgenommen und verwertet wird und welche Einzelheiten es enthält, das kann der Anatom nicht entscheiden. Auch ist leicht einzusehen, daß ein Wurm nur eine ganz allgemeine Empfindung von „Hell“ oder „Dunkel“ haben kann, wenn seine lichtempfindlichen Sinneszellen über seine ganze Haut verstreut sind, so daß sie von allen Seiten vom Licht getroffen werden können; daß dagegen eine Muschel schon Bewegungen, wenigstens als vorübergleitende Schatten, wahrnehmen kann, weil sie eine ganze Reihe kleiner Augen besitzt, die von abschirmendem, lichtundurchlässigem Farbstoff umgeben sind und die nacheinander gereizt werden, wenn zum Beispiel ein Fisch vorbeischwimmt.

So zeigt das Beispiel der Lichtsinnesorgane, daß uns die vergleichenden Anatomen zwar in groben Zügen über die Leistungen der Sinnesorgane Aufschluß geben können. Aber sie können nur die Möglichkeiten und Grenzen abstecken, innerhalb deren ein Organ überhaupt wirksam sein kann. Ob ein Auge auch Farben, das heißt die verschiedenen Wellenlängenbereiche des Lichts zu unterscheiden oder welche Töne ein Ohr zu hören, welche Duftstoffe eine Nase zu riechen vermag, darüber können sie nichts aussagen.

Darüber erhalten wir erst Aufschluß, wenn wir den zweiten Erkenntnisweg einschlagen: wenn wir das Verhalten des Tieres auf bestimmte Reize der Außenwelt beobachten. Die Tierpsychologie ist deshalb vor allem „Verhaltensforschung“ und bedient sich des Experiments. Dabei hält man in einem Versuch alle Außenbedingungen möglichst konstant und verändert nur jeweils eine oder wenige von ihnen, um aus der Reaktion des Versuchstieres zu folgern, wie sie gewirkt haben. Dieser Weg ist zwar mühsam und unser Wissen noch gering und lückenhaft. Aber er führt, wie wir im folgenden an einer Auswahl klassisch gewordener Untersuchungen zeigen werden, zu Erkenntnissen, die geeignet sind, die zahllosen Wundergeschichten von denkenden Hunden und

sprechenden Papageien, rechnenden Pferden, von liebevollen Tauben, dummen Gänsen und fleißigen Bienen richtig zu beurteilen oder gar in das Gebiet des Zirkustricks zu verweisen. Wer sich auf diese mühevollen und kritischen Weise Einblicke in die Welt der Tiere verschafft und sie dadurch wirklich auch verstehen lernt in ihren Lebensäußerungen, der beweist damit mehr Liebe zum Tier als jene seltsamen „Tierfreunde“, die in ihren Lieblingen kleine Menschen sehen und sie entsprechend behandeln.

## WAS VERMÖGEN DIE TIERE WAHRZUNEHMEN?

Wenn wir den ersten Schritt in die Erlebniswelt eines Tieres tun wollen, müssen wir untersuchen, welche Veränderungen es in seiner Umgebung wahrzunehmen vermag. Wir müssen feststellen, auf welche Reize es reagiert und auf welche nicht. Wenn wir hierüber durch vergleichende anatomische Beobachtungen nichts erfahren können, so stellen wir mit den lebenden Tieren entsprechende Experimente an. Von solchen Versuchen auf den Gebieten der wichtigsten Sinnesorgane soll nun zunächst die Rede sein.

### Vom Hören der Tiere

**Der Hund und die Tonleiter.** Jeder hat es schon erlebt, daß ihm beim Anblick leckerer Speisen „das Wasser im Munde zusammenlief“, besonders wenn er hungrig an den Tisch trat oder wenn er den ersten Bissen zum Munde führte. Er wurde sich so eines Vorganges bewußt, der wie viele andere Funktionen unseres Körpers, zum Beispiel Herz- und Augenlidschlag, die Magen- und Darmbewegungen, ohne Zutun unseres Willens abläuft. Sobald ein Speisebrocken die Wände der Mundhöhle berührt, sondern die Speicheldrüsen automatisch ihr Sekret ab. Muskeln und Drüsen antworten (reagieren) hier unwillkürlich auf einen Reiz, der von einem Sinnesorgan (in diesem Falle den Tast- und Geschmackssinneszellen der Mundhöhle) aufgenommen wurde. Derartige unwillkürlich verlaufende Antworten (Reaktionen) bezeichnet man als **Reflexe**. Wenn uns aber schon durch den Anblick begehrt Speisen das Wasser im Munde zusammenläuft, so beweist das, daß es auch noch andere Möglichkeiten geben muß, den Speicheldrüsenreflex auszulösen, als durch die direkte Berührung der Mundhöhle mit einem Speisebrocken. Der Mensch, oder auch das Tier, machte nämlich die Erfahrung, daß eine erblickte Speise gewöhnlich bald von ihm verzehrt werden kann. Der optische Reiz — der Anblick der Nahrung — verband sich nun mit dem Speicheldrüsenreflex. Konnte dieser ursprünglich nur durch den Speisebrocken im Mund ausgelöst werden (primärer oder unbedingter Reflex), so erfolgt er nun auch auf Grund des optischen Reizes. Weil die Fähigkeit, nur durch den Anblick der Speisen Speichel

abzusehen, erst nachträglich hinzugekommen ist, nennt man in diesem Falle den optischen Reiz einen „sekundären“. Dieser sekundäre Reiz löst nun den primären oder unbedingten Reflex aus oder, wie man auch sagt, „bedingt“ ihn. Aus dem unbedingten Reflex ist jetzt ein bedingter geworden.

Diesen seit langem bekannten Umstand hat nun der berühmte sowjetische Naturforscher P a w l o w in genialer Weise benutzt, um auf das genaueste die verschiedensten Sinnesleistungen von Hunden zu prüfen. Er wußte, daß auch beim Hunde Speichelfluß nicht nur dann eintritt, wenn seine Geschmacksorgane gereizt werden, sondern auch schon, wenn man ihm sein Futter nur zeigt. Um den Speichelfluß genauer kontrollieren zu können, legte er — durch eine kleine und für das Tier völlig harmlose Operation — am Ausführungsgang einer Speicheldrüse eine sogenannte Fistel an. Das ist eine kleine nach außen führende Röhre, durch die der Speichel anstatt in die Mundhöhle nach außen in ein Gefäß floß. So konnte die Menge des Speichels, der auf Grund eines bestimmten Reizes abgesondert wurde, genau bestimmt und daran die Stärke des Reizes zahlenmäßig gemessen werden. Pawlow ließ nun bei jeder Fütterung des Hundes einen Glockenton von bestimmter Stärke und Höhe (Schwingungszahl) ertönen; er verband also mit der ursprünglichen Reizung der Geschmacksnerven einen zweiten (sekundären) Reiz, der über das Gehör wahrnehmbar war. Nach einer Reihe von solchen Dressurfütterungen konnte er dann den Speichelfluß mit größter Regelmäßigkeit auslösen, auch ohne Futter zu reichen, allein durch das Erklingen des bestimmten Glockentons.



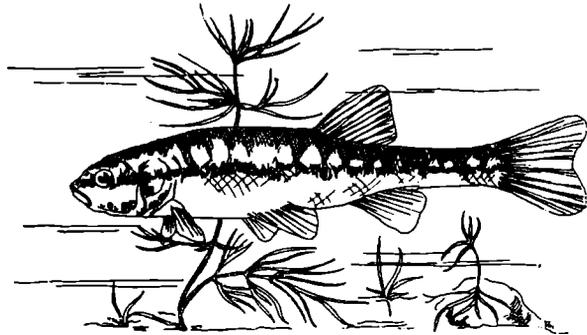
Der „Pawlow“sche Hund

Damit war nun nicht nur bewiesen, daß der Hund mit einem ursprünglichen Reiz einen zweiten zu verbinden, das heißt zu „lernen“ vermag, sondern auch die Möglichkeit gegeben, systematisch alle Töne der Tonleiter mit der Fütterung zu verbinden, um auf diese Weise zu ermitteln, wo die obere und wo die untere Grenze seines Gehörs liegt. Dabei stellte sich heraus, daß der Hund über ein äußerst leistungsfähiges, geradezu absolutes Gehör verfügt. Es erfolgte nämlich keine Speichelsekretion mehr, wenn der ohne Futter dargebotene Ton nur einen halben oder viertel Tonschritt höher oder niedriger lag als

der adressierte „Futterton“. Hatte dieser etwa eine Frequenz von 100 Hertz (Schwingungen pro Sekunde), so wurde ein Ton mit 104 oder 106 Hertz (Hz) von ihm mit Sicherheit unterschieden, das heißt n i c h t mit Speichelfluß beantwortet. Sogar aus einem Akkord wurde der Futterton herausgehört!

Selbstverständlich konnte Pawlow mit seinen zahlreichen Schülern auf ähnliche Weise auch die Leistungen aller anderen Sinnesorgane des Hundes nachprüfen. Er brauchte ja statt des Glockentones nur ein Lichtsignal, eine Farbe, einen Duft, einen bestimmten Hautreiz mit der chemischen Reizung der Geschmacksnerven, also mit der Fütterung zu verbinden.

Elritze  
(nach Brohmer)



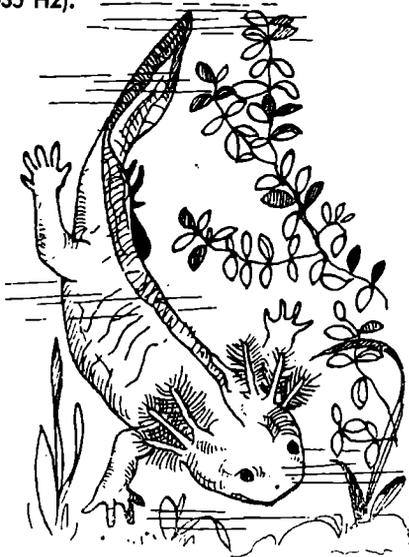
Können Fische hören? Wollte man die Methode Pawlows auch auf Tiere anwenden, die keinen Speicheldrüsenreflex zeigen, so mußte man die Experimente entsprechend abwandeln. Bei Fischen, die man lange Zeit für taub hielt, hat der Zoologe von Frisch diesen Versuch unternommen. Er fütterte Elritzen stets nur an einer bestimmten Stelle ihres Aquariums und ließ dabei gleichfalls einen bestimmten Ton erklingen. Nach einiger Zeit versammelten sie sich, auch ohne Futter gereicht zu bekommen, wie auf Befehl an der gewohnten Futterstelle, sobald der Futterton angeschlagen wurde. Auf diese Weise konnte die Lage der oberen Hörgrenze der Elritze beim fünfgestrichelten festgestellt werden. Beim Wels liegt sie noch höher, beim sechsgestrichelten gis, während Goldfische nur noch a<sup>4</sup>, höchstens c<sup>3</sup>, wahrnehmen. Der Hörbereich des Aals liegt zwischen 36 und rund 600 Hertz. Im Durchschnitt liegt die obere Hörgrenze der Fische zwei bis drei Oktaven tiefer als die mittlere des Menschen.

Schwieriger war es, das Tonunterscheidungsvermögen der Fische zu prüfen. Die Dressur mußte dabei insofern erweitert werden, als man den einen Ton als Futterton, einen anderen aber als Warnton verwendete. Bei dessen Erklingen wurden die Fische, statt Futter zu erhalten, mit einem Glasstäbchen verschucht. Bei gelungener Dressur vermag dann der Fisch dem gegebenen Ton entsprechend zu handeln: beim Futterton (ohne Futterdarbietung) unter

Schnappbewegung an die Futterstelle zu schwimmen, beim Warnton (ohne vertrieben zu werden) zu fliehen. Auf diese Weise konnte man Futter- und Warnton einander immer weiter nähern und für die Elritze feststellen, daß es ihr — nach den neuesten Ergebnissen eines Schülers von v. Frisch — gelang, Intervalle von einem halben Tonschritt noch zu unterscheiden. Bei anderen Fischen war der geringste Abstand die kleine Terz.

Nebenbei sei vermerkt, daß man bei solchen Untersuchungen bemüht ist, alle nur denkbaren Fehlerquellen auszuschalten. So wurden die Fische meist geblendet, um eine etwaige Orientierung nach optischen Merkzeichen zu verhindern. Die Aquarien standen auf Gummifüßen, um Erschütterungsreize zu vermeiden; die Fütterungen erfolgten zu den verschiedensten Zeitpunkten und in unregelmäßigen Intervallen.

Das Hörvermögen der Lurche (Amphibien) ist nach den bisher vorliegenden Untersuchungen weniger leistungsfähig als das der Fische. Axolotl können Töne über 244 Hertz nicht mehr hören und zwei Töne nur auseinanderhalten, wenn der Tonabstand wenigstens eine Quarte beträgt. Der Feuersalamander unterscheidet bereits eine große Terz und hört noch Töne bis zum dreigestrichenen  $e$  (1035 Hz).

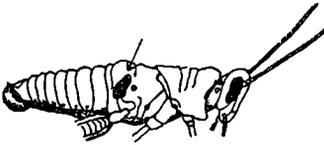


Axolotl  
(Wasserform)

Der Hörbereich von Kreuzschnäbeln und Wellensittichen liegt nach ähnlichen Experimenten zwischen 40 und 20 000 Hz, umfaßt mit acht bis neun Oktaven also etwas weniger als der mittlere Hörbereich des Menschen; doch soll der Kanarienvogel nur zwischen 1100 und 10 000 Hz hören können. Auch das Tonunterscheidungsvermögen der Vögel ist (mit einer großen Sekunde) nur wenig

verschieden von dem des Menschen. Der Futterton wird aus Zwei- und Dreiklängen und auch aus Melodien herausgehört. Aus diesen wenigen Angaben ist ersichtlich, daß selbst zwischen stammesgeschichtlich einander nahestehenden Tieren Unterschiede in der Leistungsfähigkeit ihrer Sinnesorgane bestehen, die praktisch für jede Tierart eine gesonderte Prüfung erforderlich machen und jegliche Verallgemeinerung verbieten.

Lage des Gehörorgans einer Feldheuschrecke  
(nach Entfernung der Flügel)

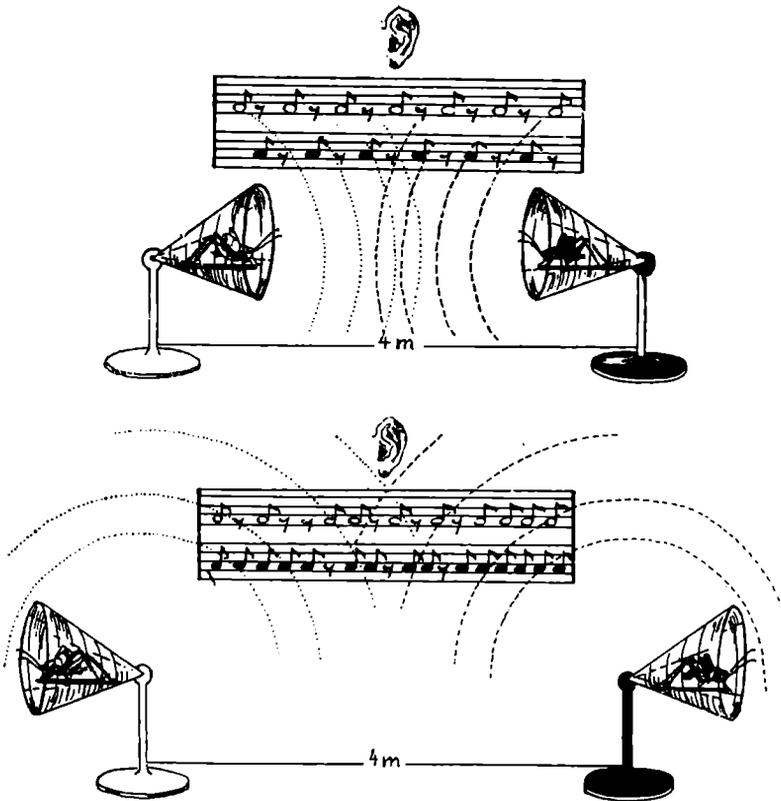


Spaltförmige Eingänge  
zum Gehörorgan  
einer Laubheuschrecke  
im Vorderbein



**Grillenduetts durchs Telefon.** Zunächst will es einem weniger kritisch veranlagten Menschen ganz selbstverständlich erscheinen, daß ein Tier, das Töne hervorbringt und dazu noch Gehörorgane besitzt, auch hören kann. Vielfach entstehen aber bei schnellen Bewegungen, wie beim Flügelschlag vieler Fliegen, Mücken und Käfer, Luftschwingungen, die so rasch sind, daß wir sie mit unseren Ohren als Töne wahrnehmen, ohne daß man mit Sicherheit nachweisen konnte, daß auch ihre Erzeuger sie hören. Die Gehörorgane der Grillen liegen im ersten Hinterleibsring, die der Heuschrecken auch oft in den Schienen der Vorderbeine. Obwohl auch diese Gehörorgane ein Trommelfell, Schallverstärker, entsprechende Sinneszellgruppen, Übertragungs- und andere Hilfseinrichtungen aufweisen, so sind sie doch so verschieden von den unseren gebaut, daß es durchaus notwendig erschien, ihre Funktion experimentell zu prüfen. Diese Aufgabe hat mit großem Geschick der Wiener Entomologe **Regen** in den vergangenen Jahrzehnten gelöst. Er setzte — ganz einfach, wie sich hinterher leicht sagen läßt — ein kräftig zirpendes Grillenmännchen vor ein Mikrophon und übertrug das Geräusch durch den Lautsprecher in einen anderen Raum. Die dort anwesenden Grillenweibchen versammelten sich nun eiligst um den Lautsprecher, während sie ein ebenso eifrig geigendes zweites Männchen, das in ihrer unmittelbaren Nähe, aber unter einer schalldichten Glasglocke saß, überhaupt nicht beachteten, obwohl sie es ja sehen konnten. Entfernte **Regen** bei den Weibchen die Gehörorgane durch Operation, so versammelten sie sich nicht mehr vor dem Lautsprecher. Damit ist also bewiesen, daß die Grillen hören, zumindestens die Töne, die sie selbst und ihre Artgenossen hervorbringen.

Um die Hörfähigkeit auch bei Heuschrecken nachzuprüfen und zugleich den Umfang ihres Hörbereichs festzustellen, benutzte Regen das Alternieren, das heißt das wechselweise Singen zweier oder mehrerer Männchen, wie es auch bei Grillen und Singzikaden häufig beobachtet wird. Man hatte schon immer das taktmäßige Einfallen eines zweiten Tieres in die kurzen Pausen, die beim ersten Tier in der Tonreihe auftraten, als Beweis dafür angesehen, daß sie einander hörten. Regen setzte nun in zwei Schalltrichter je ein singendes Männchen der Heuschreckengattung *Thamnotrizon*. Waren die beiden Schalltrichter einander zugekehrt, so kam der Wechselgesang sofort in Einklang, weil die Tiere den Rhythmus ihrer Gesänge einander so anpaßten, daß auf einen Ton des einen stets einer des anderen Männchens folgte und so fort. Drehte man dagegen die Schalltrichter um, so daß ihre Öffnungen nach entgegengesetzten Richtungen wiesen, so konnten die Heuschrecken ihre Gesänge nicht zusammenstimmen, weil sie sich nicht gegenseitig hören konnten.



Mit einigen Männchen der gleichen Art gelang es Regen, selbst die Rolle eines Sängers zu übernehmen. Mit einer abstimmbaren Pfeife fiel er in die Strophe eines Tieres ein und vollführte mit ihm den Wechselgesang. Dabei konnte er Höhe und Klangfarbe seines künstlichen Tones allmählich verändern und so feststellen, daß die Hörspanne von Thamnotrizon den erstaunlichen Umfang von  $a^1$  bis  $a^7$  (27 840 Hz) aufweist.

## Vom Farbsehen der Bienen

Wichtiger als das Hören ist für die meisten Tiere das Sehen, weil die Welt von Lichtwellen erfüllt ist, während Schallwellen eine geringere Rolle spielen.

In der Einleitung lasen wir schon, daß der Bau der Wirbeltieraugen ein Bildsehen gestattet. Man hat nun sogar die Möglichkeit, am Vorhandensein oder Fehlen bestimmter Teile der Netzhaut, der sogenannten Zäpfchen, rein anatomisch zu entscheiden, ob dieses Bild nur schwarz-weiß oder farbig ist. Dabei hat sich gezeigt, daß alle Dämmerungs- und Nachttiere (Fledermäuse, Igel, Mäuse, Tiefseefische, Eulen) wenig oder keine Zäpfchen besitzen, also farbenblind sind, während dagegen die Tagtiere bei genügender Helligkeit ein buntes Abbild der Umgebung sehen können, da sie Zäpfchen besitzen. Freilich, welche Farben wahrgenommen werden können, muß im einzelnen immer wieder durch Dressurversuche (wie beim Hören) ermittelt werden. Danach können die Elritzen zwanzig verschiedene Farben unterscheiden, die sich wie beim Menschen zu einem Farbkreis ordnen, in dem die kürzesten wahrgenommenen Wellenlängen (violett) den längsten (rot) ähneln. Mischt man gewisse Farbenpaare, die sogenannten Komplementärfarben, so werden sie von den Fischen als weiß empfunden, genau so wie sich für uns reines Gelb und reines Blau, durch ein Prisma betrachtet, zu Weiß mischen.

Die Augen der Wirbellosen, vor allem der Insekten und Krebse, bieten dem Anatomen kein Merkmal, an dem er erkennen kann, ob das betreffende Tier farbenblind oder farbenblind ist. Bei den blütensuchenden Bienen hat man lange geglaubt, daß sie Blau, Rot, Grün und Gelb unterscheiden könnten, da sie die verschiedensten Blüten so zielsicher anfliegen. Doch wer konnte beweisen, daß sie die Farben nicht nur als verschieden helle oder dunklere Schattierungen von Grau wahrnehmen wie der total Farbenblinde. Die Versuche, das zu entscheiden, haben zwei bedeutende Zoologen, A. Kühn und v. Frisch, uns gelehrt. Sie lassen sich bei einiger Geduld und Umsicht von jedermann nachmachen.

Stellen wir im Freien, etwa auf unserem Frühstückstisch im Garten oder auf der Veranda, ein Glasschälchen mit Zuckerwasser oder Honig auf, so werden sich nach einiger Zeit (Stunden oder Tagen) erst einzelne, sehr bald aber eine größere Anzahl Bienen einfinden, die begierig an der süßen Gabe saugen. Würden wir die Bienen mit kleinen Farbtupfen kennzeichnen, so könnten wir

bald feststellen, daß sie immer wieder an die einmal entdeckte, ergiebige Futterquelle zurückkehren. Nun legen wir auf unseren Versuchstisch eine größere Anzahl von Graupapieren der verschiedensten Abstufung aus, vom hellsten, fast weißen, bis zum dunkelsten, fast schwarzen, am besten in regellos schachbrettförmiger Anordnung; dazwischen fügen wir an beliebiger Stelle ein leuchtend blaues Papier ein. Auf jedes Papier setzen wir ein Glasschälchen, aber nur das auf dem blauen füllen wir mit Zuckerwasser. Während die Bienen dieses anfliegen, wechseln wir immer wieder die Lage der Graupapiere zueinander und legen auch das Blaupapier mit dem allein Zuckerwasser enthaltenden Schälchen bald hierhin, bald dahin, damit sich die Bienen nicht etwa an eine bestimmte Anordnung gewöhnen können.

Nach einiger Zeit ersetzen wir das Zuckerwasserschälchen des Blaupapiers durch ein leeres Schälchen. Aber obwohl wir die Anordnung unserer Papiere gerade wieder verändert haben, fliegen alle unsere Bienen zielsicher auf das Blaupapier los und suchen dort nach dem gewohnten Futter; keine einzige landet auf einem der Graupapiere, das vielleicht in der Helligkeit dem Blau entspricht. Die Bienen können also wirklich „Blau“ sehen!

Wenn wir auf diese Weise nun auch alle anderen Farben durchprobieren, indem wir statt des blauen ein gelbes, rotes, grünes Papier als Dressurfarbe wählen, so können wir feststellen, daß die Bienen auch andere Farben wahrnehmen können. Nur beim Rot erleben wir eine Überraschung: sie fliegen außer auf das rote auch auf die tiefdunkelgrauen und fast schwarzen Papiere; sie empfinden Rot nicht als Farbe, sondern als ein sehr dunkles Grau. Sie sind also rotblind.

Das erscheint auf den ersten Blick merkwürdig; denn wir begegnen ja in der Natur vielen roten Blüten. Betrachten wir sie und ihre Besucher jedoch genauer, so stellen wir fest, daß im allgemeinen nur die violett- oder blaurötlichen Blüten, wie die des Heidekrauts und des Alpenveilchens, von Bienen besucht werden. Diese erscheinen ihnen also blau oder violett, während die wenigen scharlachroten Blüten unserer Heimat, wie die Licht- und Steinnelken mit ihren tiefen Blumenkronröhren, nur von langrüsseligen Schmetterlingen befliegen werden. Das sind aber gerade die einzigen Insekten, die sich nicht als rotblind erwiesen haben! Die kurzrüsseligen Bienen könnten sowieso gar nicht zu dem Nektar auf dem Grunde des Blütenschlundes gelangen. Die zahlreichen scharlachroten Blüten im tropischen Urwald werden von Kolibris und Honigsaugern besucht, die wie alle Vögel auf Scharlachrot besonders gut reagieren.

Die einzige reinrote Blüte unserer Heimat, die wider Erwarten lebhaft von Bienen besucht wird, ist der Mohn. Das Rätsel wurde aber auf eine überraschende Weise gelöst. Diesmal sind wir Menschen farbenblind. Wir vermögen ja bekanntlich diejenigen Lichtwellen, die noch kürzer sind als die violetten und die man deshalb als ultraviolett bezeichnet, nicht zu sehen; wir sind ultraviolettblind, während die Bienen rotblind sind. Mit Hilfe von ultraviolett-empfindlichen photographischen Platten kann man aber leicht nachweisen,

daß der Mohn außer dem für uns sichtbaren Rot auch die ultravioletten Strahlen des Lichts zurückwirft (reflektiert). Man kann die Bienen auf ultraviolette Lichtstrahlen dressieren, die man zum Beispiel mit einem Prisma erzeugt. Hieraus und aus ihrer Rotblindheit kann man schließen, daß die Mohnblüten der Biene nicht rot, sondern ultraviolett erscheinen, eine Farbe, die wir uns nicht vorstellen können.

Die Physiker haben uns gelehrt, wie man aus dem weißen (farblosen) Sonnenlicht durch ein Prisma ein Farbband, ein sogenanntes Spektrum (rot-orangegelb-grün-blau-violett) erzeugen kann, das sich durch ein zweites Prisma wieder zu Weiß vereinigen läßt. Fängt man jedoch eine Farbe, beispielsweise das Gelb, heraus, so ergeben die restlichen zusammen nicht mehr Weiß, sondern in diesem Falle Blau. Erst wenn man Blau und Gelb ebenfalls wieder mischt, ergibt sich wieder Weiß. Man nennt solche Farbenpaare Komplementär-(Ergänzungs-)Farben. Es hat sich nun zeigen lassen, daß die meisten weißen Blüten die ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes absorbieren (verschlucken). Für die ultraviolett-tüchtigen Bienen bleibt demnach die Komplementärfarbe des Ultraviolett, das Blaugrün, übrig. Ihnen erscheinen also die Kirschblüten, die Gänseblümchen und Talerblumen nicht weiß, sondern blaugrün. Daß wir sie als weiß empfinden, liegt daran, daß wir das verschluckte Ultraviolett überhaupt nicht sehen können. Auf „echtes“ Weiß, das neben dem vom Menschen wahrgenommenen Spektrum auch das Ultraviolett enthält, lassen sich die Bienen nur schwer und unvollkommen dressieren, da es ihnen in der Natur nicht begegnet.

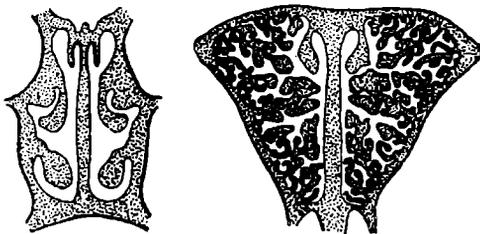
Das Spektrum, das die Bienen wahrnehmen, ist also auf der langwelligen Seite (im Rot) dem unseren gegenüber verkürzt, auf der kurzwelligen dafür in das Ultraviolett hinein verlängert. Untersucht man nun, wieviel verschiedene Farben die Bienen innerhalb dieser Farbenreihe unterscheiden, indem man die Dressurfarbe (etwa das Gelb) nicht zwischen verschiedene Graustufen, sondern zwischen ähnliche Nachbarfarben legt (Orange, Gelbgrün), so stellt sich heraus, daß sie wahllos Gelb, Orange und Gelbgrün befiegen und ebenso wenig Blau, Violett und Purpurrot voneinander unterscheiden können.

So ist zwischen unserem Farbsehen und dem der Bienen nicht nur hinsichtlich der Ausdehnung der Skala ein Unterschied, sondern auch hinsichtlich der unterschiedenen Farbsorten. Sie sehen kein Rot, ihr Gelb umfaßt unser Gelb, Orange und Gelbgrün. Nur ihr Blaugrün ist dem unseren gleich, wogegen sie Blau, Violett und Purpur wieder nur als eine Farbe erkennen. Dazu kommt als vierter Bereich das Ultraviolett, das wir nicht sehen.

Die blühende Wiese ist also für die Bienen anders bunt als für unser Auge, aber bunt ist sie auch.

## Grobe und feine Nasen

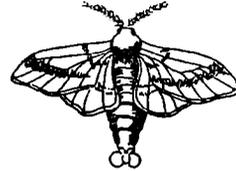
Von den meisten Dingen in der Umwelt eines Tieres gehen Wellen (Licht- und Schallwellen) aus, die auf die entsprechenden Sinnesorgane der Tiere als Reize wirken. Andere Dinge werden dadurch bemerkbar, daß sie selbst fortgesetzt winzige Teilchen ihrer eigenen Substanz (Moleküle) in den Raum hinaus entsenden. Mit einer feinen Waage kann man nachweisen, daß sie dabei ständig an Gewicht verlieren. Das ist auch der Fall bei den sogenannten Duftstoffen. Geraten deren Moleküle auf die Geruchssinnesorgane eines Tieres, so erzeugen sie hier einen Reiz. Es ist leicht einzusehen, daß ein Geruchssinnesorgan um so leistungsfähiger sein muß, je größer seine Oberfläche ist; denn um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß es von vielen Molekülen des Duftstoffes getroffen wird. Darum ist es für den Anatomen leicht möglich, schon an der Ausdehnung der Geruchssinneszellschicht (des sogenannten Riechepithels), das bei den Wirbeltieren in den Schleimhautfalten der Nasenhöhle untergebracht ist, zu erkennen, ob er es mit einem guten oder schlechten „Riecher“ zu tun hat. Wie unsere Abbildung zeigt, kann ein ausgedehntes Riechepithel durch Fältelung und Verästelung auf kleinstem Raum untergebracht sein.



Querschnitte durch die Nasenhöhle eines Rehes (rechts) und eines Menschen (links). Das Riechepithel des Rehes ist so stark gefältelt, daß es nahezu auf dem gleichen Raum untergebracht wird wie das des Menschen, obwohl es eine vielmal größere Fläche bedecken würde, wollte man es ausbreiten. Die verstärkte Kontur gibt das Riechepithel an

Die experimentelle Erfahrung hat tatsächlich gezeigt, daß die gut „witternden“ Tiere, wie etwa Raubtiere, besonders Hunde und auch Huftiere und Nager, keine anderen Duftqualitäten unterscheiden als wir, daß aber ihre Nase, eben infolge der größeren Oberfläche ihres Riechepithels, schon auf viel, viel geringere Mengen der Duftstoffe anspricht. So genügen die winzigen Spuren des Duftes, den unsere Schweißdrüsen absondern und die für eine Weile an allem haften, was wir berührt haben, um auf die Nase eines Hundes noch zu wirken, während wir ihn nur in der unmittelbaren Nähe ihres Trägers, also in stärkster Konzentration, wahrzunehmen vermögen. Man hat die Empfindlichkeitsgrenze eines Sinnesorgans mit einer Schwelle verglichen, die nur über-

schritten werden kann, wenn der Reiz eine bestimmte Stärke erreicht hat. Die „Reizschwelle“ bezeichnet diejenige Stärke eines Reizes, die ausreicht, um gerade noch bemerkt zu werden; sie liegt beispielsweise für den Schweißduft beim Hund bedeutend niedriger als beim Menschen.



Seidenspinnerweibchen  
mit ausgestülpten Duftdrüsen

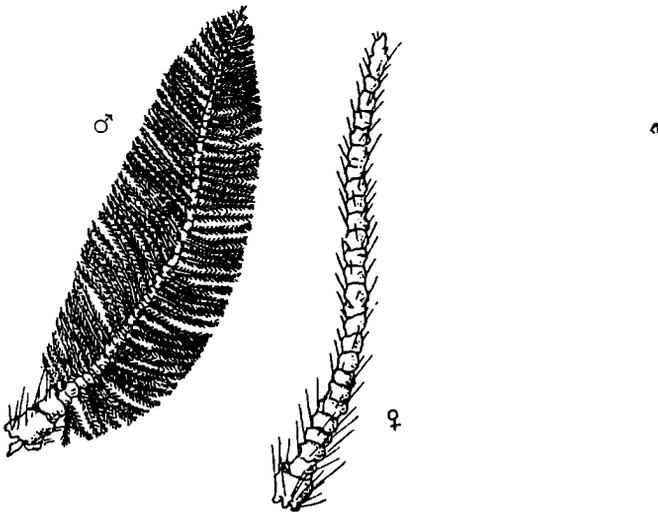
**Auf den Duftspuren der Falter.** So erstaunlich die Leistungen eines Spuren findenden Hundes uns auch erscheinen, so werden sie doch bei weitem übertroffen von den Leistungen mancher Insekten, insbesondere vieler Nachschmetterlingsmännchen aus der Familie der „Glucken“ (Lasiocampiden).

Setzt man ein Weibchen dieser Arten unter eine Glocke aus Drahtgaze, so sammeln sich, günstiges Flugwetter vorausgesetzt, bald viele Männchen aus der Umgebung auf der Drahtglocke an. Es ist mit großer Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, daß sie über kilometerweite Entfernungen zu den Weibchen hinfinden. Sobald man das Weibchen aber unter eine „duftdichte“ Glashaube bringt, versagt das Geruchsorgan der Männchen notwendigerweise und sie bemerken die Weibchen nicht, selbst wenn sie, nur durch die Glaswand getrennt, unmittelbar vor ihnen sitzen. Zweifellos ist es also der von den Weibchen in einer paarigen Drüse des Hinterleibs produzierte Geschlechtsduft, der, für menschliche Nasen unerschwinglich, die Männchen durch das Dunkel der Sommernacht zu den Weibchen heranzieht. Nimmt man das Weibchen mit samt der Glasglocke fort, so stürzen sich die Falter auf den Fleck, wo es saß. Ja, man kann den Weibchen durch eine harmlose Operation die Duftdrüsen herausnehmen und mit diesen die Männchen ebenso anlocken und an beliebige Stellen führen wie zuvor durch das Weibchen. Dieses beachten sie überhaupt nicht mehr, obwohl ihm äußerlich nichts von seinem Verlust anzusehen ist. Der männliche Falter findet und erkennt also das Weibchen allein durch den Duft, den es aussendet. Das duftlose Weibchen nimmt er nicht wahr.

Die äußere Betrachtung gibt uns einen Hinweis, wo wir die so hervorragend empfindlichen Geruchsorgane der Nachtfalter zu suchen haben. Nur die männlichen Tiere besitzen, wie bei vielen anderen Insekten auch, diesen biologisch unentbehrlichen Spürsinn. Die Oberfläche ihrer Fühler ist gegenüber derjenigen der Weibchen durch Aufteilung in zahlreiche fiederförmige Lamellen außerordentlich vergrößert. Das einfache Experiment der Fühlerabtrennung bestätigt die Richtigkeit unserer Vermutung: Männchen ohne Fühler vermögen das Weibchen auch aus nächster Nähe nicht mehr aufzufinden. Damit ist bewiesen, daß sich bei ihnen die Geruchsorgane an den Fühlern befinden. Den Einwand, die

Operation könne durch Schock- oder Schmerzwirkung ein Versagen dieses Sinnes verursacht haben, entkräftet v. Frisch. Auf „Blau“ dressierte Bienen fanden ihr Futter auch dann, wenn er ihnen die Fühler abgeschnitten hatte. Waren sie dagegen auf einen bestimmten Duft dressiert, so fanden sie nur zum Ziel, wenn er ihnen die Fühler beließ.

Neben dem Geruchsinnesorgan tragen die Insektenfühler besonders zahlreiche Tastsinneszellen. Wie wir mit zwei Augen räumlich sehen, weil wir den Eindruck unserer Augen von Jugend auf durch die tastende Hand kontrollieren und erweitern, so können die Insekten infolge dieser Verbindung von Geruchs- und Tastsinneszellen im Fühler „räumlich riechen“. Wie wichtig das ist, wird uns erst klar, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß die Biene beispielsweise den weitaus größten Teil ihres Lebens in dem „stock“finsternen Stock verbringt. Sie zieht darin nicht nur ihre Brut groß, sondern stellt auch Waben her, die eine verblüffende Regelmäßigkeit aufweisen. Von Frisch spricht darum treffend von dem „plastischen“ Riechen der Biene, das ihr zum Beispiel erlaube, einen „sechseckigen“ Wachsgeruch von einem „kugeligen“ Wachsgeruch zu unterscheiden.



Fühler eines männlichen (♂) und eines weiblichen (♀) Nachtschmetterlings (Spinner). Beachte die viel größere Oberfläche beim männlichen Fühler

## Die „Geschmäcke“ sind verschieden

Das Geruchsvermögen läßt die Tiere über gewisse Entfernungen die chemische Beschaffenheit der Dinge erkennen. Der Geschmack ermöglicht die unmittelbare Prüfung der aufzunehmenden Nahrung. Bei Wirbeltieren und vielen Insekten liegen die Geschmackssinnesorgane in der Mundhöhle, bei einer Reihe von Fliegen und Schmetterlingen jedoch in den Fußspitzen. Diese Tiere vermögen ihre Nahrung (meist Nektar) daher schon beim Betreten schnell und sicher zu erkennen und brauchen ihren Rüssel erst auszurollen, wenn die Fußspitzen eine Nahrungsquelle berühren. Eine Rohrzuckerlösung, die uns gerade noch süß schmeckt, kann man noch tausendmal verdünnen, ehe die Reizschwelle der Geschmacksorgane in den Fußspitzen des Admirals (*Pyrameis atalanta* L.) unterschritten wird.

Man sollte meinen, daß die Bienen als Honigsammlerinnen ebenfalls einen besonders feinen Geschmack für alles Süße haben müßten. Deshalb will es zunächst gar nicht verständlich erscheinen, daß sie eine Rohrzuckerlösung von weniger als 3 Prozent, die für uns noch deutlich süß ist, nicht von reinem Wasser unterscheiden können. Nur die konzentrierteren Zuckerlösungen empfinden sie als süß und tragen sie in den Stock. Doch auch dieses Verhalten ist biologisch sinnvoll. Denn die verdünnten Lösungen würden nicht nur in den Waben im Verhältnis zu ihrem Nährwert unnötig viel Raum beanspruchen, sondern auch leicht verderben, da, wie jede Hausfrau weiß, nur die stark gesüßten eingemachten Früchte von Schimmelpilzen verschont bleiben. Ohne es zu wissen, tun die Bienen das Richtige, weil sie das Falsche gar nicht tun können: sie tragen nur die hochkonzentrierten Zuckerlösungen ein, die ihnen die Natur im Nektar der Blüten bietet, und lassen die verdünnten unbeachtet, weil sie sie gar nicht wahrnehmen können.

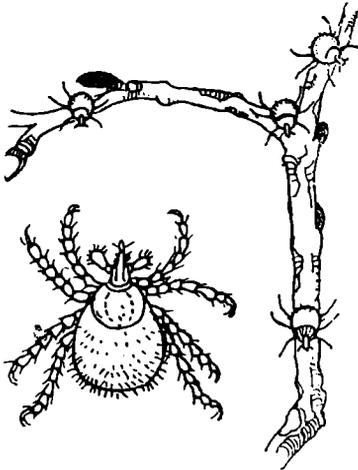
Ebensowenig empfinden die Bienen diejenigen Zuckersorten als süß, die für sie keinen Nährwert besitzen. Auch die künstlichen Süßstoffe wie Saccharin und Glucin sind für sie völlig geschmacklos. Dagegen vermögen ihnen die meisten Bitterstoffe, die uns eine Speise vergällen, wie etwa Chinin, keinen unangenehmen Eindruck zu machen. Dasselbe berichtet Heinroth von den Vögeln.

Die „Geschmäcke“ sind also sehr verschieden, und wie auf anderen Sinnesgebieten muß im einzelnen immer wieder experimentell ermittelt werden, welche Stoffe von den einzelnen Tieren als süß, sauer, bitter oder salzig empfunden werden. Diese vier Grundqualitäten scheinen jedoch alle Tiere gleichmäßig unterscheiden zu können.

## WIE ERLEBT DIE ZECKE IHRE UMWELT?

Die bisherigen Kapitel haben für einige der wichtigsten Sinne (Hören, Sehen, Riechen, Schmecken) an berühmt gewordenen Versuchen und Beobachtungen gezeigt, daß die betreffenden Sinnesorgane den einzelnen Tierformen sehr verschiedene Eindrücke von ihrer Umgebung vermitteln. Um diese jeweils kennenzulernen, müssen für jede Art in mühsamer Kleinarbeit entsprechende Experimente erarbeitet werden. Wenn wir auch dadurch niemals Aufschluß über die jeweiligen Empfindungen erhalten können, die durch die Erregung der Nerven im Innern des Tieres entstehen, so wird doch eines gewiß, daß jedes Tier nur einen bestimmten Teil der Umwelt wahrnehmen kann, in der es lebt. Größe und Ausgestaltung dieser Umwelt hängen vor allem davon ab, welche Eigenschaften der Dinge dem Tier durch die Konstruktion seiner Aufnahmeorgane (Rezeptionsorgane — Sinnesorgane) in der Umgebung überhaupt bemerkbar werden können. Wie Siebe filtern sie von den zahllosen Eigenschaften der Umgebungsdinge diejenigen heraus, die für das Leben des betreffenden Tieres wesentlich sind.

Süßstoffe, die die Bienen ja nicht kennen und die für sie auch keinen Nährwert haben, gelangen nicht durch den Filter ihres Geschmackssinnesorgans hindurch und werden daher gar nicht von ihnen wahrgenommen.



Zecke (*Ixodes ricinus*),  
eine blutsaugende Milbenverwandte.  
Links: 12fach vergrößert.  
Rechts: In Wartestellung  
auf einem Zweig

Von der blinden und tauben Zecke (Holzbock, *Ixodes*), die im Walde auf niederem Gebüsch sitzt und auf einen Nahrungsspender (irgendein warmblütiges Wirbeltier) wartet, wird der ganze für uns von einer Fülle von Farben, Formen und Tönen erfüllte Wald überhaupt nicht wahrgenommen. In Dunkelheit und Stille gehüllt, vermag sie nur auf einen einzigen Reiz ihrer Umgebung zu

reagieren: den Duft der Buttersäure, der mit dem Schweiß eines jeden Warmblüters verbunden ist. Nur an diesem Merkmal vermag sie ihren Nahrungsspende zu bemerken, wenn er in ihrer Nähe vorbeikommt. Sowie die Zecke die Buttersäure wahrnimmt, gerät sie in Erregung und läßt sich einfach von dem Zweig fallen, auf dem sie sitzt. Ob sie auf ihrem Ziel, dem vorübergehenden warmblütigen Tier oder einem Menschen, gelandet ist oder nicht, vermag sie wiederum nur an einem Merkmal desselben zu erkennen: an der Wärme. Ist sie auf den Erdboden gefallen, der meist kälter ist als die Haut eines Warmblüters, so beginnt die Zecke sofort wieder, einen Strauch oder einen Baum zu erklimmen, um sich bei einem erneuten Buttersäurereiz wieder fallen zu lassen. Hat sie jedoch ihr Ziel erreicht und nimmt die Wärmeausstrahlung der Haut wahr, so beginnt sie, auf dem Haarpelz ihres Wirtes umherzulaufen, bis sie eine haarfreie Stelle gefunden hat. Sobald sie mit den Tastsinnesorganen ihrer Fußspitzen eine solche erreicht hat, wird durch dieses dritte Merkmal die Wirkung des vorhergehenden, der Wärme (Umherlaufen), ausgelöscht und eine neue Wirkung (oder Reaktion) in Gang gesetzt: der Einstich des Saugrüssels in die Haut des Wirtstieres.

Die Zecke nimmt also ihren Wirt nur auf Grund von drei einzelnen Merkmalen wahr (dem Buttersäureduft, der Wärme und der Hautoberfläche). Diese müssen in ganz bestimmter Reihenfolge einwirken, um sie zu drei Handlungen zu veranlassen, die sie zu ihrer Nahrungsquelle, dem Blut, führen (Loslassen des Zweiges, Umherlaufen im Haarpelz, Einstich in die haarfreie Haut). Die Merkmale lösen bei der Zecke nun Impulse (Anregungen) aus, die die Wirkorgane (Effektoren) in Tätigkeit setzen und so durch die erzeugten Wirkmale auf die Nahrungsquelle (Objekt) zurückwirken.

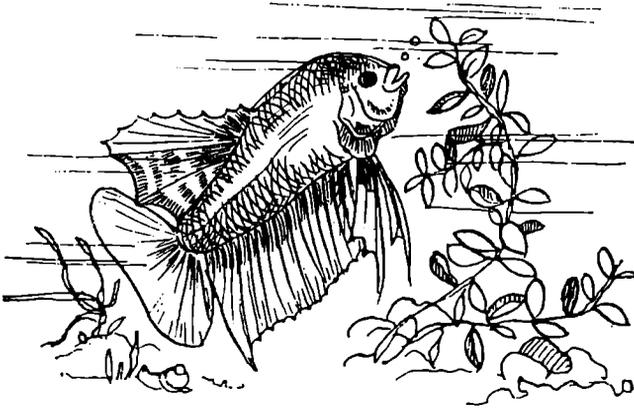
Im Experiment läßt sich nachweisen, daß die beschriebenen Umweltreize voll und ganz ausreichen, um die Zecke zu ihren Handlungen zu veranlassen. Bringen wir Buttersäure auf eine künstliche Membran, die statt des lebenswarmen Blutes eine Kochsalzlösung entsprechender Temperatur umspannt, wird sie ohne weiteres auch in die künstliche Membran einstechen und sich vollsaugen.

## 5

### Schnell und langsam im Film des Erlebens

Alle Vorgänge und Erlebnisse spielen sich in der Zeit ab. Es gibt aber Veränderungen in unserer Umgebung, die so schnell verlaufen, daß wir sie nicht wahrnehmen können. Wir brauchen eine bestimmte Zeitspanne, um einen Sinnesindruck zu erfassen. Beim Menschen dauert die benötigte Zeit etwa  $\frac{1}{18}$  Sekunde. Deshalb muß uns im Kino jedes Bild für die Dauer von  $\frac{1}{18}$  Sekunde gezeigt werden, nicht länger und nicht kürzer, sonst entsteht das „Flimmern“. Der Wechsel von Bild zu Bild vollzieht sich ruckartig hinter einer schwarzen Blende in einem Bruchteil dieser Zeit, so daß wir ihn nicht bemerken. Auch werden

mehr als 18 Luftschwingungen pro Sekunde von uns nicht mehr unterschieden, sondern als einheitlicher Ton aufgefaßt. 18 Stöße pro Sekunde erscheinen uns als gleichmäßig anhaltender Druck. Wir müssen uns fragen, ob der Erfassungsmoment des Tieres ebenso lang oder kürzer ist.



Kampffisch

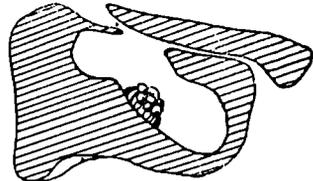
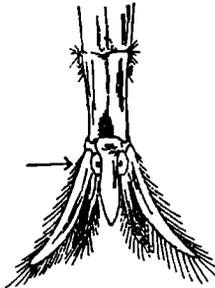
Wenn man einem Kampffisch sein Spiegelbild 18mal in der Sekunde zeigt, so erkennt er es nicht. Man muß es ihm im Film mindestens 30mal in der Sekunde vorführen, damit er es wahrnimmt und darauf reagiert. Das heißt also, die Zeitdauer, in der ein Sinneseindruck auf ihn wirken muß, ist bedeutend kürzer als beim Menschen. Er vermag Bewegungen wahrzunehmen, die für unser Auge zu schnell ablaufen und die wir uns als solche nur dadurch sichtbar machen können, daß wir sie (etwa den Flügelschlag eines Vogels) mit der Filmkamera in der Sekunde viel öfter als 18mal photographieren, den Film aber dann im normalen 18tel-Sekundentempo vorführen. Wir dehnen die Bewegung dadurch gleichsam auf eine längere Zeitspanne aus, verlangsamen sie also.

Die Schnecke empfindet ein Stöckchen, das in ihre Kriechbahn gestellt wird, nur dann als störendes Schlaginstrument, wenn es höchstens 3mal in der Sekunde hin und her schwingt. Macht es 4 Schwingungen in der Sekunde, dann hält sie es für eine Fläche und versucht, sie zu besteigen. Bei ihr ist die Zeitdauer, die sie zur Erfassung eines Umweltreizes braucht,  $\frac{1}{4}$  Sekunde, also viel länger als die unsere. Wie beim Zeitraffer Vorgänge, die Stunden und Tage benötigen, etwa das Wachsen der Pflanzen, durch Aufnahmen in größeren Zeitabständen gefilmt, dann aber im Tempo von 18 Aufnahmen pro Sekunde vorgeführt werden, so daß sie uns auf eine viel kürzere Zeit zusammengepreßt und dadurch überhaupt erst verdeutlicht werden, so laufen für die Schnecke alle Vorgänge viel schneller ab, als sie uns erscheinen. Ihr „Schnecken-tempo“ kommt also nur uns Menschen so langsam vor.

## WIE FINDEN DIE TIERE IHREN WEG?

Alles Leben spielt sich nicht nur in der Zeit, sondern auch im Raum ab. Den meisten Tieren ist die Fähigkeit angeboren, Richtungen des Raumes zu erkennen, sich im Raume zu orientieren. Wenigstens ein Oben und Unten vermag, oft unter Ausnutzung der Schwerkraft (Anziehungskraft der Erde), unterschieden zu werden. So besitzen viele höhere Krebse in einem Paar ihrer Extremitäten kleine Bläschen, die von einem Sinnesepithel ausgekleidet sind und einen selbst ausgeschiedenen Kalkkörper (Statolith) enthalten. Dieser drückt infolge der Erdschwere stets auf die unter ihm liegenden Sinneszellen der Bläschenwandung, die dadurch gereizt werden und so das Tier stets über seine Lage im Raum (hier also zum Erdmittelpunkte hin) unterrichten. Bei den Garnelen besteht nun der Statolith nicht aus selbst produziertem Kalk, sondern aus einem Sandkörnchen oder einem ähnlichen festen Körper, der von dem Tier nach jeder Häutung in das Gleichgewichtsorgan hineingesteckt werden muß, da diese nach außen offene Hauteinstülpung jedesmal mit gehäutet wird. Verhindert man den Krebs daran, so ist seine Körperhaltung im Dunkeln gestört, weil nun die Sinneszellen der Statozyste nicht mehr gereizt werden, die Orientierung zum Erdmittelpunkt also unmöglich gemacht ist. Gibt man dem Tier Eisen- oder Nickelpulver, so steckt es von diesem ein Körnchen statt des Sandes in seine leere Statozyste und reagiert wieder normal. Bringt man aber einen starken Magneten in seine Nähe, der die Metallspäne anzieht, so dreht es seinen Körper so zu ihm hin, als ob der Magnet das Zentrum der Schwerkraft wäre!

Lage der Sinnesbläschen im Schwanz des Krebses

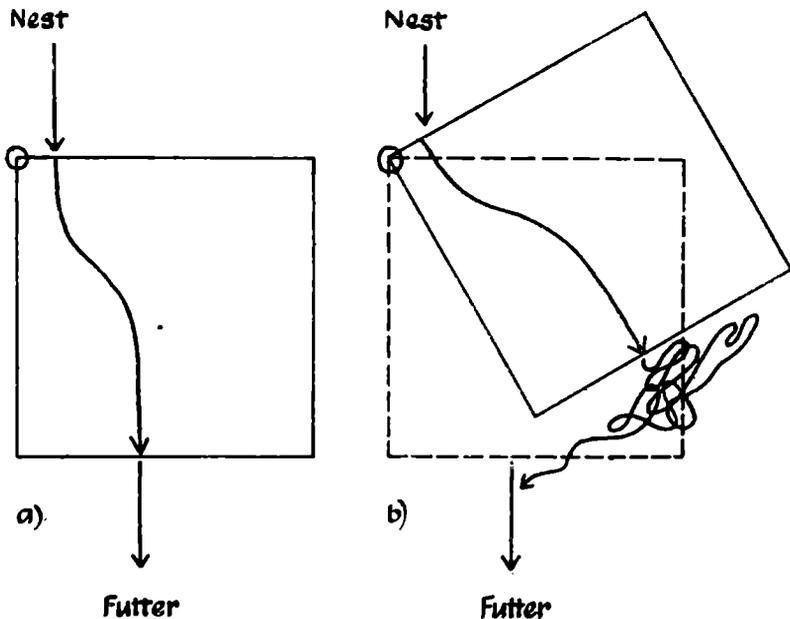


Querschnitt durch das Gleichgewichtssinnesbläschen (Statozyste) einer Garnele (Krebs); der Statolith ruht auf Sinneshaaren

## Die Duftspur der Ameisen

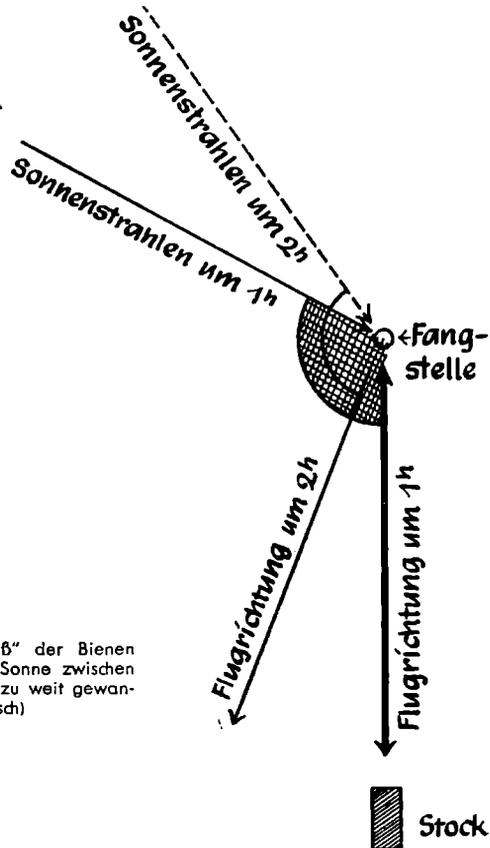
Auf diesem Statolithen-Prinzip beruhen bei den meisten Tieren die Organe zur Orientierung über ihre Lage im Raume. Viel schwieriger ist meist die Frage zu beantworten, wie ein Tier einen bestimmten Weg im Raume zu finden vermag. Denn nicht immer liegt die Antwort so offen zutage wie bei den

Pheidole-Ameisen, über deren Methode, ihren Weg von einer Beute zum Nest zu spüren, Professor G o e t s c h , einer der namhaftesten deutschen Ameisenforscher, sehr anschaulich berichtet. Sie drücken auf dem Heimwege in kurzen Abständen ihre Hinterleibsspitzen auf den Boden, Duftpunkte setzend. Entlang der Duftpunktreihe finden die im Nest alarmierten Genossen dann mit Hilfe ihrer Geruchssinnesorgane sicher den Weg zur Beute. Goetsch konnte solche Duftspuren herstellen, indem er mit dem Hinterleib einer betäubten oder getöteten Ameise Punktreihen auf ein Blatt Papier tupfte. Ferner sperrte er eine Anzahl Ameisen in eine kleine Spritze, wie sie der Arzt zum Impfen verwendet. Das Innere dieser Spritze wurde dadurch so stark mit dem Duft geschwängert, daß er aus der Spitze herausgepreßt und damit eine Spur „geschrieben“ werden konnte. Einer solchen halb künstlichen Spur folgen dann die Ameisen ebenso gut wie einer selbst von ihnen gelegten — unter Umständen auch in die Irre, wie unsere Abbildung zeigt, wenn man ein Stück Papier mit einer künstlichen Spur als Weiche auf eine bereits vorhandene legt. Die Haltbarkeit einer solchen Duftfährte ist freilich begrenzt und etwa der Benzinduftspur eines Autos auf einer sommerlichen Asphaltstraße zu vergleichen.



- a) Ameisenduftspur führt über ein Blatt Papier  
 b) Wenn das Blatt gedreht wird, finden die Ameisen am Ende der Spur auf dem Papier den Anschluß erst nach längeren, pendelnden Suchgängen durch Zufall (nach Goetsch)

Der „Sonnenkompaß“ der Bienen versagt, wenn die Sonne zwischen Aus- und Heimflug zu weit gewandert ist (nach v. Frisch)



## Die Sonne als Kompaß der Bienen

In der leicht beweglichen Luft kann natürlich keine Duftspur gelegt werden. Die junge Biene, die die ersten 3 Wochen ihres Lebens im Dunkel des Stockes mit Fütterungs- und Reinigungsarbeiten beschäftigt war, muß die Umgebung ihres Heimes erst allmählich auf immer weiter fortführenden Ausflügen genau kennenlernen. Läßt man sie in diesen ersten Tagen von einem weit entfernten Punkte auffliegen, so verirrt sie sich. Aber auch die erfahrene Sammlerin kennt von ihrer Umgebung nur einen Umkreis von 3 bis 4 Kilometern, den sie auf Grund gesammelter Erfahrung erst allmählich kennengelernt hat. Farben und Formen der Umgebung dienen ihr dabei als Richtmarken. In der Nähe des Zieles, sei es der Bienenstock, seien es Blüten, spielt der Duft die Hauptrolle. Stellt man den Stock in eine öde Sandebene, die keine Anhaltspunkte zur Orientierung bietet, so finden die Bienen doch ihren Weg. Fängt man dort an einem Sonnentage eine heimstrebende Biene in einiger Entfernung vom Stock, sperrt sie für eine Stunde oder länger in eine dunkle Schachtel und läßt sie

dann wieder frei, so findet sie jedoch nicht mehr zielsicher nach Hause, sondern fliegt in einem bestimmten Winkel am Stock vorbei. Der Winkel aber entspricht genau dem, um den die Sonne in der Zwischenzeit im Verhältnis zum Flugweg der Biene am Himmel weitergerückt ist! Die Bienen benutzen also die Sonne als Kompaß, indem sie sich beim Ausflug aus dem Stock den Winkel einprägen, unter dem die Sonne zu ihrer Flugbahn steht. Da sie stets nach kurzer Zeit wieder zurückkehren, spielt der kleine Winkel, um den die Sonne inzwischen weitergerückt ist, keine Rolle, so daß sie beim Heimfluge den gleichen Winkel (genauer gesagt den Komplement- oder Ergänzungswinkel zu  $180^\circ$ ) benutzen können.

Die aus der vorübergehenden Dunkelheit entlassene Biene fliegt aber nicht endlos auf dem falschen Wege fort. An der Stelle, wo sie eigentlich ihr Ziel erreicht haben würde, hält sie inne und beginnt dann mit pendelnden Suchflügen. Sie muß also einen Sinn für Entfernungen haben. Das zeigt sich besonders deutlich, wenn man den Bienenstock in der Sandöde um einige Meter nach rückwärts versetzt. Dann suchen alle heimkehrenden Bienen den Stock an der alten Stelle und finden erst allmählich ihr Heim wieder. Merkwürdigerweise steuern die Bienen das versetzte Bienenhaus sofort direkt an, wenn sie ihrer Fühler beraubt sind, sie orientieren sich dann offenbar optisch. Der Entfernungsortssinn muß also in den Fühlern, diesen hochempfindlichen Sinnesorganen, seinen Sitz haben. Doch wissen wir noch nichts Genaueres darüber.

### Das Rätsel des Vogelzuges

Nicht anders als die Bienen müssen auch die Brieftauben, deren Ortssinn so viel Bewunderung zu erregen pflegt, ihre Umgebung ganz systematisch, Stück für Stück, in immer weiterem Kreise kennenlernen und auf ihre Botenstrecken ganz allmählich eingeflogen werden. Dies wurde erst neuerdings von O. Heinroth, einem der Altmeister der modernen Tierpsychologie, nachgewiesen.

Auch die ortstreuen Standvögel, wie beispielsweise der Habicht, finden sich nicht wieder heim, wenn sie über den Umkreis ihres Wohn- und Jagdraumes hinausgebracht werden.

Demgegenüber verfügen die Zugvögel über eine Orientierungsgabe, die man sich bisher auch durch die geistvollsten Theorien und Versuche nicht erklären konnte. Ja, sie wird durch die modernen Beringungs- und Verfrachtungsexperimente nur immer rätselhafter.

Früher glaubte man, daß die Jungvögel auf der Reise über Länder und Meere von den erfahrenen Altvögeln geführt würden, bis durch das Ringexperiment unwiderleglich bewiesen wurde, daß bei vielen Vögeln (zum Beispiel Kuckuck und Star) die Jungen vor den Alten abziehen, also ihren Weg allein finden müssen.

Auch die Theorie v. Uexkülls, daß dem Vogel der Zugweg genau so angeboren sei wie das Lied, das der isoliert aufgezogene Singvogel ohne Vorsänger fast ebenso gut von allein „kann“, weil die Melodie ererbt wird, vermag nicht viel zu erklären. Sie versagt auch gegenüber den Ergebnissen der Verfrachtungsversuche. Bringt man nämlich Zugvögel (Stare, Schwalben, Rotschwänzchen) nach ihrer Ankunft im Brutrevier, auch wenn sie schon zu brüten begonnen haben, mit modernen Schnellverkehrsmitteln über Hunderte von Kilometern fort und läßt sie dann wieder frei, so finden die meisten in kürzester Zeit wieder heim. Besonders berühmt ist ein Wendehals geworden, der im Berliner Botanischen Garten brütete und über Nacht im Flugzeug nach Saloniki (1600 Kilometer) gebracht wurde. Nach 10 Tagen saß er wieder in Berlin auf seinen Eiern. Die Heimfinderversuche verliefen stets in gleicher Weise, ganz gleichgültig, ob der Auffassungsort auf oder in der Richtung des arteigenen Zugweges lag oder nicht. Die angeborene Kenntnis des Zugweges konnte sich in diesen Fällen also nicht auswirken und dürfte deshalb keine große Rolle bei der Erklärung des Phänomens spielen. Nebenbei sei gesagt, daß der Transport in verdunkelten Käfigen durchgeführt wurde, die man außerdem noch ständig drehte, oder daß die Tiere in Narkose versetzt wurden, um jegliche Orientierungsmöglichkeit auszuschalten.

In merkwürdigem Gegensatz zu diesen wunderbaren Fähigkeiten steht die Starrheit, mit der viele Tiere, auch Vögel, an einem einmal gewohnten Weg festhalten. So lernen es viele Vögel nur sehr schwer, den Weg durch eine offene Käfigtür zu finden. Haben sie es dann endlich begriffen, so ist es ihnen wieder ebenso schwer umzuschalten, wenn man den Käfig nur um 180° dreht. Sie suchen dann die Tür hartnäckig auf der ursprünglich richtigen Seite.

## DAS TIER UND SEIN KUMPAN

Wir haben bereits am Beispiel der Zecke gelernt, mit wie wenigen Merkmalen manches Tier auskommt, um mit seiner Umwelt in die lebensnotwendigen Beziehungen treten zu können. Daß es dabei die Dinge, auf die sich sein Handeln bezieht, auf Grund so weniger wahrgenommener Eigenschaften nicht als Ganzes (beispielsweise als Reh oder Wildschwein) erleben kann, ist selbstverständlich. Man möchte aber annehmen, daß das bei den Tieren der Fall ist, die eine größere Anzahl von Eigenschaften der Merkmalsträger wahrnehmen. Dressurversuche haben jedenfalls ergeben, daß sich in solchen Fällen die einzelnen Merkmale, etwa die der Form und Farbe und des Duftes einer Blüte für die Biene, zu einem zusammenhängenden Komplex, dem sogenannten „Schema“, verbinden, das vom Tier teils ererbt, teils erworben worden ist

und von der betreffenden Reizkombination ausgelöst werden kann. Untersuchen wir einmal, wie sich dieses Schema beim Artgenossen (dem „Kumpan“, wie man auch sagt) auswirkt. Der Kumpan kann als Geschlechts-, Eltern-, Kind-, Geschwisterkumpan, also in verschiedener Funktion, auftreten. Dabei muß sich dann erweisen, ob er durchgehend als dieselbe „Person“ oder ob dasselbe Tier als verschiedenes Objekt je nach der augenblicklichen Funktion empfunden wird. In den folgenden Abschnitten sollen einige Beispiele zeigen, in welchem Maße der Kumpan eine „persönliche“ Note trägt.

### Ein Wellensittich „verliebt“ sich in eine Kugel!

Wie wir sahen, finden die männlichen Nachtfalter allein durch den Geschlechtsduft der Weibchen zu diesen hin. Dieser Duff ist in seiner höchsten Konzentration aber zugleich auch das einzige Merkmal, das die Begattungsreaktion auslöst; denn das Männchen versucht ebenso mit der herauspräparierten Duftdrüse zu kopulieren wie mit dem duftaussendenden Weibchen, während es das duftlose, seiner Duftdrüsen beraubte Weibchen nicht beachtet. Das Nachtfaltermännchen erkennt also das Weibchen nur durch dieses eine Merkmal. Uexküll ließ eine Erbse, die er mit Klebstoff bestrichen hatte, an einem dünnen Faden vor seinem Fenster hin- und herschwingen. Immer wieder stürzten sich männliche Fliegen darauf und klebten fest. Sie hielten die hin und her tanzende Kugel für ein Weibchen: denn ihr Schema „Weibchen“ wurde bereits durch diesen bewegten Punkt ausgelöst.

Selbst bei Vögeln ist es nicht immer das farben- und formenreiche, lebhaft bewegliche weibliche Tier, wie wir es sehen, sondern unter Umständen ein viel einfacheres Schema, das dem Geschlechtspartner entspricht. Lorenz brachte im Käfig eines von anderen Tieren isoliert aufgezogenen männlichen Wellensittichs auf einer Spiralfeder eine blaubunte Celluloidkugel an. Der Vogel betrachtete sie sehr bald als sein Weibchen. Er hielt sich stets in ihrer Nähe auf, schmiegte seinen Kopf an sie und versuchte an ihr die typische Liebkosung der Wellensittiche, das Kraulen des Kopfgefieders, durchzuführen, obgleich sie keine Federn hatte. Er hielt der Kugel seinen Kopf hin in der Erwartung, von ihr in gleicher Weise geliebkost zu werden. Schließlich begann er, sie auch in der für Wellensittiche üblichen Form anzubalzen. Warf Lorenz die Kugel auf den Käfigboden, so saß das Männchen in derselben gedrückten Haltung da wie andere Käfigvögel, denen ihr Kumpan gestorben ist. Das angeborene Erkennungsschema des Weibchens ist für den Wellensittich also sehr einfach und zeichenarm.

Das schließt freilich nicht aus, daß dieses einfache angeborene Schema des Geschlechtskumpan nicht nachträglich durch eigene Erfahrung und Erlebnisse sehr erweitert und ausgestaltet werden kann. Ein wilder Graugansert kennt seine Gans sogar zeitlebens. Dabei scheint das Gesicht eine ausschlaggebende

Rolle zu spielen. Ein Schwan pflegte sein Weibchen sofort mit Angriffshandlungen zu überfallen wie einen Fremdling, sobald sie gründelte, weil er dann ihr Gesicht nicht mehr sah und sie nicht mehr als Geschlechtspartnerin, sondern als Rivalen betrachtete, denn er erkannte sie dann nicht mehr persönlich.

### Der erste Eindruck ist der entscheidende!

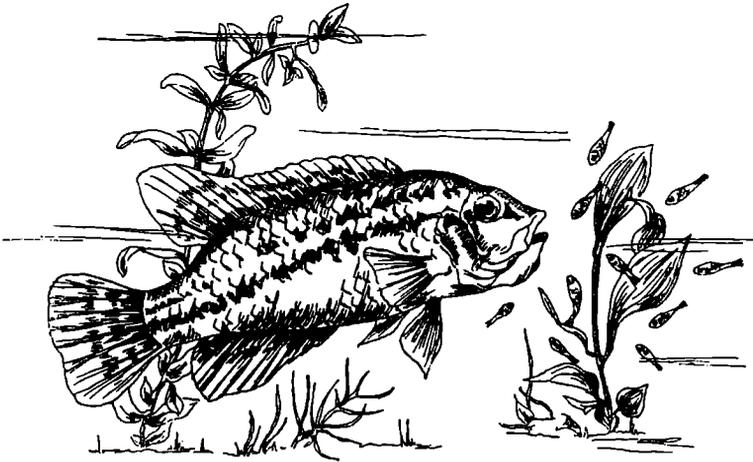
Das angeborene Schema des Elterntieres ist selbst innerhalb einer so einheitlich erscheinenden Gruppe wie der Vögel sehr verschieden entwickelt.

Ein junger Nestflüchter, wie der eben geschlüpfte Brachvogel, erkennt in seiner Umgebung nichts anderes als den artgleichen Altvogel als Elterntier an. Er kommt mit einem verhältnismäßig so festgelegten Schema seines Elternkumpans auf die Welt, daß es bisher nicht gelungen ist, die Brachvogelhenne durch eine Hühnerglucke oder gar durch einen Menschen zu ersetzen.

Brütet man dagegen ein Grauganskücken im Brutofen aus, so muß man strengstens vermeiden, daß es nach dem Schlüpfen etwas anderes als eine Graugans zu sehen bekommt, wenn man will, daß es von einer solchen geführt wird. Es betrachtet nämlich das erste größere Lebewesen, das es zu sehen bekommt, als seine Mutter. Steckt man es also nicht sofort in die Tasche, so folgt es in Zukunft seinem menschlichen Pfleger nach, auch dann, wenn er es zu seiner natürlichen Mutter setzt. Andererseits ist es unmöglich, ein Grauganskücken auf den Menschen umzustimmen, wenn es einmal einer Graugans, „familie“ angehört hat. Das instinktmäßig angeborene Erkennungsschema des Elternkumpans ist bei der Graugans also unmittelbar nach der Geburt noch so lose und wenig fixiert, daß es von jedem beliebigen größeren Lebewesen ausgelöst werden kann und den Nachfolgetrieb in Gang setzt. Dann aber wird es von diesem zuerst in seinem Gesichtskreis auftretenden Wesen endgültig fixiert (festgelegt), „geprägt“, und kann sich dann nicht mehr verändern. Das angeborene Schema ist also noch sehr regulationsfähig und wird erst durch die Umwelteinflüsse, durch persönliche Erfahrung, endgültig festgelegt, determiniert.

Es tritt hier in der psychischen Entwicklung der Tiere eine ähnliche Erscheinung zutage, wie man sie seit langem in der Keimesentwicklung kennt. Wie es dort alle Übergänge von Eiern gibt, bei denen die Entwicklungsmöglichkeiten ihrer späteren körperlichen Eigenschaften in verhältnismäßig engen Grenzen festliegen, bis zu solchen, die erst allmählich aus einem noch voll regulationsfähigen Zustand bei der Ablage in einen zunehmend differenzierten (ausgestalteten) übergehen, so gibt es Tiere, deren Umweltschemata von Geburt an anscheinend unveränderlich festliegen, und andere, bei denen sie zunächst gewissermaßen bloß einen lockeren Rahmen darstellen, der durch Erfahrung persönlicher Eindrücke (Lernen) erst ausgefüllt und geprägt werden muß. Auf beiden Gebieten gibt es natürlich Übergänge aller Art.

Wohl jeder hat schon einmal vor einem Singvogelnest gestanden und die nackten, noch blinden Nesthocker betrachtet. Bei der geringsten Berührung des Nestes, bei leisem Fiepen mit den Lippen oder schon bei Beschattung der Nestmulde recken sie die Köpfe empor und reißen die Schnäbel auf, so daß man die oft grellfarbige Rachenzeichnung sehen kann. Unbewußt haben wir die Nestlinge zum Narren gehalten, indem wir ihr Schema „Elternvogel“ auslösten, wie es sonst nur der Altvogel durch die Erschütterung des Nestes beim Anfliegen, durch seinen Lockton oder seinen Schatten bewirkt. Erst wenn sie älter werden und sehen können, lernen die Jungen weitere und speziellere Merkmale ihrer Eltern kennen. Sie recken dann ihre futterheischenden Schnäbel nicht mehr blindlings nach oben, sondern dem Altvogel entgegen. Trotzdem entspricht das, was die Jungvögel wahrnehmen, noch längst nicht dem wirklichen Erscheinungsbild des Vogels. Man kann es im Versuch durch viel einfachere Attrappen ersetzen, bei jungen Staren schon durch einen etwas bewegten Pinsel, an dem das Futter klebt, bei jungen Drosseln durch jeden anderen Gegenstand, der etwas über Augenhöhe der Nestlinge bewegt wird. Bietet man zwei Gegenstände (etwa runde Scheiben), so wird der obere, bei verschiedener Größe der kleinere von beiden angesperrt, offenbar dem Kopf des Altvogels entsprechend.



Maulbrütendes Cichliden-(Buntbarsch-)Weibchen mit den Jungen

Ähnliche Versuche sind mit Jungfischen maulbrütender Cichliden angestellt worden, die sich bei Gefahr in das Maul der Mutter flüchten. Trennt man im Aquarium Mutter und Jungfische durch eine Glasscheibe, so suchen sie aufeinander zuzuschwimmen, wobei die Fischchen nach dem Maul der Alten zielen.

Mit toten Fischen und verschiedenen Attrappen aus Knetmasse ließ sich feststellen, daß das angeborene Schema „Mutter“ ziemlich dem Eindruck entsprechen muß, den wir Menschen beim Anblick eines Fisches haben. Denn die Attrappe muß dem Umriß der Mutter in Vorderansicht ähneln, zwei Augenflecke besitzen und leicht bewegt werden, wenn sie angenommen werden soll. Diese weitgehende Gestaltung des angeborenen Schemas macht es verständlich, daß es durch Erfahrung nicht mehr sehr bereichert wird; denn die Versuche haben das gleiche Ergebnis, wenn die Jungfische vorher bereits mit der Mutter zusammen gelebt haben.

### Die Jungvögel im Erleben der Alten

Jeder Geflügelzüchter weiß, daß man einer Glucke die verschiedensten Eier unterlegen kann. Auch andere Vögel kennen ihre Eier nicht, man denke nur an die vielen Singvogelarten, die Kuckuckseier, ausbrüten, die allerdings ihren eigenen oft überraschend ähneln.

Schlüpfen die Jungen aus, so müssen sie freilich zu dem Schema „Jungvogel“ passen, das der Vogel besitzt. Schon die ersten noch in der Eischale ausgestoßenen Töne des Kückens geben oft den Ausschlag. So hackte eine Henne ein junges Trappenkücken tot, das sie bis zum Schlüpfen ausgebrütet hatte, als es statt hühnerartig zu piepen nach Trappenart pfiß.

Neben den Lauten spielen bei den Nestflüchtern Rücken- und Kopfzeichnung der Jungen eine wichtige Rolle als Auslöser des „Kind“-schemas. Goldfasanenhennen hacken nach Kücken verwandter Fasanen, die sie selbst ausgebrütet haben, besonders wenn sie die „falsche“ Kopfzeichnung wahrnehmen. — Ebenso griff eine Stockentemutter, die eigene Junge führte, ein Kücken der Türkenente an und tötete es, weil es nicht die „echte“ Kopf- und Rückenzeichnung ihrer eigenen aufwies, nachdem sie es vorher unter Lebensgefahr vor einem Hund gerettet hatte. Der Jammerton des artfremden Kückens hatte sie in Verteidigungsbereitschaft versetzt, weil er nicht artmäßig gebunden ist. Dasselbe Kücken (Objekt) wurde hier unmittelbar nacheinander in zwei getrennten Funktionskreisen erlebt und einmal als Kindkumpen, ein anderes Mal als Fremdling empfunden und entsprechend behandelt. Die Identität desselben Objekts konnte nicht erfaßt werden, weil die beiden Schemata nicht nur an und für sich arm an Merkmalen sind, sondern auch ganz verschiedene Merkmale aufweisen, die nicht zur Deckung kommen (Hilferuf eines Jungen löst Verteidigung, seine artfremde Kopfzeichnung Angriff aus).

Für die Nesthockereltern sind die hilflosen Jungen nur so lange Junge, wie sie in der Nestmulde liegen. Nur dort lösen sie den Hudertrieb (Zudecken der Jungen mit den Flügeln) und die Fütterung aus. Sobald sie — etwa durch einen jungen Kuckuck aus der Nestmulde herausgeschoben — auf dem Nestrande liegen, werden sie vom Altvogel nicht mehr beachtet und müssen verhungern und erfrieren, oft unmittelbar vor der Schnabelspitze des weiterbrütenden

Alten! Das erschiene für das menschliche Gefühl ebenso roh wie unverständlich, wenn wir nicht verstehen gelernt hätten, daß die Vögel nicht mit Verstand und Einsicht in die Zusammenhänge ihre Jungen pflegen, sondern mit Instinkthandlungen auf ganz wenige, aber normalerweise „unwahrscheinliche“ Merkmale antworten. Die Wahrscheinlichkeit, daß die Jungen außerhalb der Nestmulde oder daß etwas anderes als Junge in der Nestmulde liegen, ist so gering, daß das Merkmal „Nackte Junge in der Nestmulde“ genügt, um die Huder- und Fütterreaktion auszulösen.

Nur die sperrenden Jungvögel mit ihrer arteigenen, meist leuchtend bunten Rachenzeichnung wirken als Auslöser des Füttertriebes der Singvögel. In der Gefangenschaft brütende Grasmücken, denen viel Futter für die Jungen zur Verfügung steht, füttern diese so eifrig, daß sie schließlich, übersättigt, nicht mehr sperren. Das bewirkt dann, daß die Alten nicht mehr füttern können, da das auslösende Sperren fehlt. Sie erkennen sie nicht mehr als lebende Junge und tragen sie für tot aus dem Nest! Dieser Fall tritt allerdings nur in der Gefangenschaft ein.

Junge Brutschmarotzer müssen entweder, wie der junge Kuckuck, die Wirtsjungen ganz ausschalten (völliges Hinauswerfen durch eine Instinktbewegung) oder ihnen in den entscheidenden, die Brutpflegeinstinkte der Pflegeeltern auslösenden Merkmalen gleichen. Das letztere ist bei den afrikanischen Wida-Finken der Fall, deren Sperr-Rachenzeichnung in allen Einzelheiten denen ihrer Stiefgeschwister, gewisser Webervögel, gleicht, so daß sie von den Alten bei der Fütterung nicht unterschieden werden können.

Die bisher angeführten Beispiele der verschiedenen Kumpane haben bereits gezeigt, daß mindestens die Vögel den Artgenossen nicht als einheitliche „Person“ aufzufassen vermögen, dieser vielmehr in den einzelnen Funktionskreisen mit verschiedenen Einzelmerkmalen verankert ist. Das Verhalten der Dohle „Tschock“, die Lorenz (einer unserer besten Vogelkenner) aufzog, soll diese Aufspaltung noch einmal besonders deutlich machen. Als Jungvogel nahm sie Lorenz selbst als Elternkumpan an, folgte ihm auf Schritt und Tritt überall hin und ließ sich von ihm füttern. Später nahm sie ein Mädchen des Hauses als Liebeskumpan an, vor der sie ihre Balztänze aufführte, und schließlich nahm sie eine jüngere Dohle als Kindkumpan an und atzte sie. Da aber keiner dieser Kumpane mit ihr fliegen konnte, wählte sie sich einige wilde Nebelkrähen als Flugkumpane, mit denen sie oft Ausflüge unternahm. Wenn sie demnach kein einheitliches Merkbild ihrer Art besaß, auch andere halbwild mit ihr lebende Dohlen kaum beachtete, so reagierte sie doch lebhaft, wenn eine andere Dohle ergriffen wurde, mit dem arteigenen Angst- und Wutgeschrei. Dieses konnte aber schon ausgelöst werden, wenn man einen schwarzen, schlaff herabhängenden Gegenstand, etwa eine Badehose, vorbeitrag.

Im Freileben mag für alle diese Funktionen eine einzelne, bestimmte Dohle als Kumpan auftreten, als einheitliche Dohlen„person“ wird sie jedoch nicht erlebt.

## EIN SATZ AUS DER „BIENENSPRACHE“

In den vorausgegangenen Kapiteln haben wir schon eine Anzahl Beispiele dafür gebracht, daß sich Tiere untereinander etwas mitteilen — sei es, daß die Spuren tufende Ameise ihren Nestgenossinnen den Weg kenntlich macht, der zur Beute führt, sei es, daß der Singvogel mit einem Ruf seine Jungen zum Sperren veranlaßt oder die wütend kreischende Dohle ihre Kumpane auf eine wirkliche oder vermeintliche Gefahr aufmerksam macht. Derartige Zeichen oder unartikulierte Laute können mit der menschlichen Sprache nicht auf eine Stufe gestellt werden. Doch soll am Beispiel der „Bienen-sprache“ gezeigt werden, wie auch für Tiere Mitteilungsmöglichkeiten bestehen und wie das Tier mit den einfachen Mitteln erbter Instinkte und Schemata (Bilder) in der Lage ist, verblüffend sinnvolle Leistungen zu vollbringen. Wieder ist es Professor v. Frisch, der mit seinen Schülern die uns zunächst völlig unverständliche „Bienen-sprache“ erforscht hat.

Kehrt eine Nektarsammlerin von einer reichen Honigquelle, etwa einer voll erblühten Linde, heim, so würgt sie den Inhalt ihrer Honigblase (eines vorderen Teiles ihres Magens) einer Jungbiene vor, die ihn an Larven verfüttert oder speichert. Die Sammlerin schickt sich aber nun nicht sofort zum nächsten Ausfluge an, sondern führt auf den Waben, inmitten des Gewimmels ihrer Nestgenossen, einen merkwürdigen Rundtanz auf. Mit kleinen Trippelschritten rennt sie im Kreise umher, einmal links, einmal rechts herum. Der Tanz kann eine Minute oder länger dauern und an verschiedenen Stellen des Stockes wiederholt werden. Die ihr begegnenden Bienen werden von der Aufregung mit erfaßt, eilen der Tänzerin nach und versuchen, ihren Leib mit den Fühlern zu betasten. Verfolgt man die derart Alarmierten weiter, so kann man sie bald den Reigen verlassen und eilig aus dem Stock hinausstreben sehen. Es ließ sich mit Farbmarkierungen leicht nachweisen, daß sie nun ebenfalls die Linden besuchen und heimgekehrt ihrerseits tanzen, um weitere Bienen zum Ausfluge zu der ergiebigen Quelle zu veranlassen.

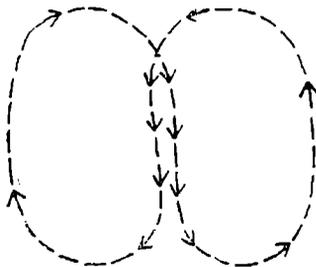


Rundtanz einer Biene

Mit künstlichen Futterquellen, wie wir sie von den Farbdressuren schon kennen, konnte v. Frisch zeigen, daß es der Blütenduft selbst ist, der an der behaarten Oberfläche der Tänzerin von der besuchten Nektarquelle her haftet, den die Alarmierten mit ihren tastenden Fühlern riechen und der sie veranlaßt, die gleichen Blüten aufzusuchen. Fütterte v. Frisch am frühen Morgen die ersten

ausfliegenden Suchbienen am Futterplatz mit Alpenveilchen, so waren binnen kurzem an allen Alpenveilchen der Umgebung Bienen anzutreffen, die mit Farbflecken gekennzeichnet als Nestgenossen der ersten Suchbienen erkannt werden konnten. Alle anderen Blüten blieben unbeachtet. Wurden Phloxblüten, die normalerweise nie von Bienen besucht werden, am Futterplatz künstlich mit Honig betropft und den Kundschaftern dargeboten, so waren bald danach, von dem Phloxduft der tanzenden Kundschafter alarmiert, an allen Phloxstauden der Umgebung eifrig nach Nektar suchende Bienen zu sehen. Weil sie natürlich nichts finden konnten, kehrten sie bald mit leerer Honigblase heim und tanzten nun aber nicht! Denn nur leicht zu gewinnender, also reichlich fließender und süßer Nektar löst bei der heimkehrenden Sammelbiene Tänze aus. Ist der Zuckergehalt zu gering oder fließt der Nektar zu spärlich, so besucht die Sammlerin die Quelle zunächst noch weiter, alarmiert aber nicht ihre Stockgenossinnen. Dieses Verhalten ist biologisch höchst sinnvoll (wobei sich die Biene dessen nicht bewußt ist); denn es wird dadurch erreicht, daß beim Erlühen einer reichen Nektarquelle, beispielsweise eines Rapsfeldes, binnen kürzester Frist alle sammelfähigen Insassen eines Bienenvolkes alarmiert und zur Abschöpfung des oft nur wenige Stunden reichlich fließenden Nektars veranlaßt werden, daß aber umgekehrt beim Versiegen der Quelle keine unnötigen, mancherlei Gefahren mit sich bringenden Flüge unternommen werden.

Aber die tanzende Biene vermittelt ihren alarmierten Stockgenossen nicht nur, wonach es zu suchen gilt, sondern auch wo, das heißt in welcher Entfernung und in welcher Richtung! Rückte man die künstliche Futterquelle in Entfernungen von mehr als 100 Meter vom Stock, so gingen die geschilderten Rundtänze der heimkehrenden Trachtbienen in sogenannte „Schwänzeltänze“ über, bei denen abwechselnd nach links und rechts gelaufene Halbkreise durch einen Geradlauf verbunden werden (siehe Abbildung). Bei genauerer Nachprüfung mit der Stoppuhr ließ sich feststellen, daß die Anzahl der Schwänzelläufe je Zeiteinheit (eine Viertelminute) mit zunehmender Entfernung der Trachtquelle gesetzmäßig abnahm, während sich die Anzahl der Ausschläge (Frequenz) der Schwänzeltbewegungen und die Schwänzeltstrecke vergrößerte.



„Schwänzeltanz“ der Biene

Daraus ließ sich die Entfernung der Futterquelle auf etwa 100 Meter genau abschätzen. Die Richtung des Geradlaufes auf der Wabe aber deutet zugleich die Richtung an, in der die Futterquelle zu suchen ist. Läuft die tanzende Biene dabei auf der Wabe senkrecht nach oben, so liegt die Futterquelle, vom Stock aus gesehen, in Richtung des derzeitigen Sonnenstandes. Läuft sie dagegen nach unten, so befindet sie sich in der entgegengesetzten Richtung. Alle dazwischen liegenden Richtungen werden durch die Abweichungen des Geradlaufes von den Senkrechten angegeben. Der Winkel zwischen Laufstrecke und Lot zeigt also den jeweiligen Winkel zwischen den Flugrichtungen zur Sonne und zur Trachtquelle bis auf einige Grad genau an. All das vollzieht sich in der völligen Finsternis des Stockes und mitten im Gedränge der Stockgenossen und funktioniert auch dann noch, wenn die Sonne durch Wolken verdeckt ist. So ist der Blütenduft nicht nur für die einzelne sammelnde Biene ein sicherer Wegweiser von Blüte zu Blüte der gleichen, gerade reichlich Nektar spendenden Pflanzenart. Durch die Tänze der heimkehrenden Sammlerin, die die reiche Tracht auslöst, regelt sich gleichzeitig auch der rechtzeitige und gerichtete Besuch der Blüten und somit ihre Befruchtung durch zahlreiche Stockgenossen. Freilich besteht die Bienensprache nicht aus Worten und Sätzen in unserem Menschensinne. Aber der Inhalt, den wir im vorliegenden Falle etwa in die Worte: „Reiche Tracht an Linde, 60° links der Sonne, 800 Meter weit!“ kleiden würden, wird doch auf diesem Wege ebenso sicher übermittelt.

## DAS „KLUGE“ TIER

Es wäre aber völlig falsch, einen sprechenden Papageien nun deshalb für einen kleinen Menschen zu halten, weil er menschliche Worte wiedergibt; denn er hat wohl niemals den Sinn der Worte erfaßt. Hat er gelernt, beim Anblick einer offenen Tür zu rufen: „Tür zu!“, so bedeutet das nicht viel mehr als das Herbeischwimmen der Elritze zur gewohnten Futterstelle beim Ertönen des Futersignals. Die offene Tür löst den bedingten Reflex aus. Der Papagei weiß weder, was „Tür“, noch, was „zu“ für uns Menschen in hunderterlei verschiedenen Situationen bedeutet. Allein der Trieb zur Nachahmung lautlicher Gebilde, den wir bei allen stimmbegabten Vögeln beobachten, befähigt ihn zum „Sprechen“. Das ist durchaus kein Zeichen von „Klugheit“ und biologisch nicht entfernt so sinnvoll wie die stumme Sprache der Bienen.

Wer die Ausführungen dieses Heftchens richtig erfaßt hat, der wird sich ohnehin leicht klarmachen, daß er mit wertenden Begriffen wie „klug“, „dumm“, „gut“ und „böse“ den Tieren gegenüber zu keinem verständnisvollen Urteil gelangen kann. Wenn man unter „Klugheit“ Einsicht in Zusammenhänge (wie den sinnvollen Gebrauch von Gegenständen in ungewohnten Situationen) versteht, dann muß man mit Ausnahme der Menschenaffen allerdings allen Tieren

wirkliches Verständnis absprechen. Bei Menschenaffen, insbesondere Schimpansen, die uns ja auch verwandtschaftlich am nächsten stehen, ist vor allem durch die Versuche W. K ö h l e r s eine gewisse Urteilsfähigkeit nachgewiesen. Legt man eine Frucht vor das Gitter eines Schimpansenkäfigs, so daß sie nicht unmittelbar mit dem Arm erreicht werden kann, und in den Käfig einige Stöcke, so wird ein „kluger“ Schimpanse sehr bald die Stöcke dazu benutzen, die Frucht dichter an den Käfig heranzuschieben. In einigen Fällen schob er sogar zwei Stöcke ineinander, weil er mit einem allein die Frucht noch nicht erreichen konnte. Ein anderer Schimpanse türmte mehrere Kisten übereinander, um zu einer an der Decke befestigten Banane zu gelangen, die ihm sonst unerreichbar war. Allerdings lernte er nie, die Stabilität seiner Bauten zu beurteilen, so daß er sein Ziel nur erreichte, wenn sie zufällig standfest waren. Aber daß er die Kisten aufeinanderschichten müsse, vermochte er zu erkennen.

Wir dürfen allerdings nicht voraussetzen, daß der Schimpanse diese Vorstellungen mit sprachlich faßbaren Gedanken verbindet, so wie wir in Worten denken. Es wird wohl vielmehr so sein, wie wenn wir in einer überraschenden Situation blitzschnell richtig handeln, „ohne zu überlegen“ oder „unbewußt“, wie wir dann zu sagen pflegen, etwa beim Steuern eines Fahrzeuges im wirbelnden Verkehr der Großstadt. Der Affe befindet sich also vermutlich in einer vorsprachlichen Stufe des Urteilens, die ohne gedankliche Bewußtheit an sensorischen Eindrücken abläuft. Es ist außerdem zu berücksichtigen, daß die gestellten Aufgaben durchaus im Bereich der Anforderungen lagen, die dem Schimpansen als Baumbewohner in der Freiheit gegenüberstehen, wo es auf ein richtiges Erfassen von Entfernungen sehr ankommt.

## **DAS TIER UND SEINE UMWELT**

Kritische Beobachtungen und sinnvolle Experimente der bedeutendsten Tierkennner haben uns einige Einblicke in die Erlebniswelt der Tiere gewährt. Wir haben dabei erkannt, daß jedes Tier in einer bestimmten Umwelt lebt, von der es einen gewissen Teil wahrzunehmen vermag. Diese Umwelt mag an Erscheinungen und Erlebnismöglichkeiten arm oder reich sein, stets umschließt sie das Tier lückenlos und sichert den Ablauf seines Daseins. Seine Sinne erlauben ihm, alles das wahrzunehmen, was es zur Erhaltung seines Lebens und dem seiner Nachkommen von der Umgebung erfahren muß, um biologisch sinnvoll handeln zu können. Deshalb ist nichts verkehrter, als dem Tier mit menschlichen Wertmaßstäben gegenüberzutreten oder mit unseren Eindrücken und Gefühlen sein Verhalten zu beurteilen. Nur ganz frei von Vorurteilen und Gefühlen, mit Geduld und strenger Sachlichkeit vermögen wir in die Welt der Tiere einzudringen, um von ihr ein möglichst objektives Bild zu erhalten.

## **WORTERKLÄRUNGEN** (zusammengestellt von der Redaktion)

Abkürzungen: lat. = lateinisch, fr. = französisch, gr. = griechisch

- absolutes Gehör:** Fähigkeit, Töne in ihrer tatsächlichen Tonhöhe ohne Hilfsmittel zu erkennen und zu bestimmen (von lat. absolutus = losgelöst).
- Admiral:** Tagsschmetterling mit schwarzen, rot gebänderten Flügeln, dessen Raupen auf Brennesseln leben.
- Amphibien:** siehe Lurche.
- Anatomie:** Lehre vom Körperbau. Anatom: Wissenschaftler, der sich mit dem Körperbau beschäftigt (von gr. anatos = aufschneidend).
- Attrappe:** Nachbildung eines Gegenstandes (von fr. attrappe = trügerischer Schein; Falle).
- Axolotl:** Schwanzlurch, der in mittelamerikanischen Gewässern lebt, normalerweise durch Kiemen atmet und sich auch im Wasser fortpflanzt.
- Buttersäure:** eine dicke, nach ranziger Butter riechende organische Säure. Sie kommt in der Kuhbutter vor und wird beim Ranzigwerden frei. Auch im Schweiß ist sie enthalten.
- Cichliden:** Maulbrüter; Süßwasserfische, deren in Zentralafrika und Südamerika lebende Arten die abgelegten Eier bis zum Ausschlüpfen der Jungen im Maul aufbewahren.
- Chinin:** Fiebermittel, vor allem gegen die Malaria wirksam, sehr bitter. Wird gewonnen aus der Rinde mehrerer Baumarten der ursprünglich peruanischen Gattung Cinchona, die jetzt überall in den Tropen angebaut werden.
- Elritzen:** kleine, höchstens 13 cm lange Fische aus der Familie der Karpfen, die besonders in klaren Bächen Mitteleuropas vorkommen.
- Entomologe:** Insektenkenner. Entomologie = Kerbtierkunde (von gr. éntomos = eingeschnitten, und gr. lógos = Wort, Lehre).
- Epithel:** oberste Deckschicht der Körperoberfläche eines Lebewesens (von gr. épí = auf, an, und gr. thele = Warze).

- Extremitäten:** äußere Körperteile: Arme, Beine, Flügel, Flossen (von lat. extremus = äußerst).
- filtrieren:** durchsiehen; eine Flüssigkeit mit Hilfe eines Filters (zum Beispiel Fließpapier) von festen Stoffen trennen, die in ihr enthalten sind.
- Funktion:** Aufgabe, Leistung (von lat. functio = Verrichtung).
- Garnele:** kleiner Krebs des Meeres.
- Graugansert:** männliches Tier der einheimischen wilden Graugans. Aus der Graugans hat sich die Hausgans entwickelt.
- Identität:** völlige Übereinstimmung zweier Dinge oder Personen; Wesensgleichheit.
- Instinkt:** angeborene Fähigkeit der Lebewesen, sich unter normalen Umweltbedingungen ohne vorausgehende Erfahrungen (Lernen) so zu verhalten, daß die Erhaltung der Art gesichert ist. Die Instinkte sind bedingt durch Besonderheiten des Baues und der Funktion des Zentralnervensystems (von lat. instinctus = Antrieb, Anreiz).
- isolieren:** vom Ganzen loslösen, absondern.
- Kolibri:** kleine farbenprächtige Vögel im tropischen Amerika; die kleinsten sind so groß wie eine Hummel; ernähren sich von Honigsaft und Blüteninsekten; Blütenbestäuber.
- Kombination:** Herstellung eines Zusammenhanges, Zusammenstellung (von fr. combiner = vereinigen).
- Komplex:** Zusammenstellung, Gruppe von Eigenschaften oder Vorstellungen (von lat. complectere = zusammenflechten).
- Konzentration:** Sammlung, Verdichtung, Vereinigung im Mittelpunkt.
- kopulieren:** bei Tieren: geschlechtlich vereinigen (von lat. copulare = verbinden).
- Lamellen:** übereinanderliegende dünne Blättchen.
- Lurche(Amphibien):** Wirbeltiere, deren Larven durch Kiemen atmen und im Wasser leben, während die erwachsenen Tiere durch Lungen atmen und meist das Land bewohnen; hierher gehören Frösche, Molche, Salamander usw.

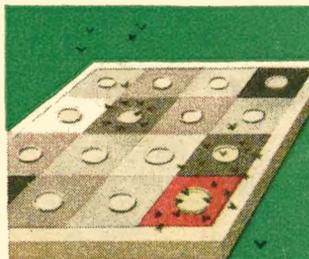
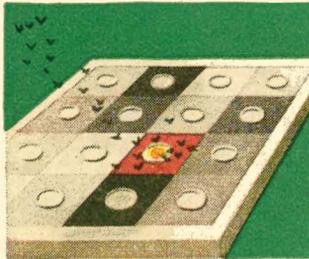
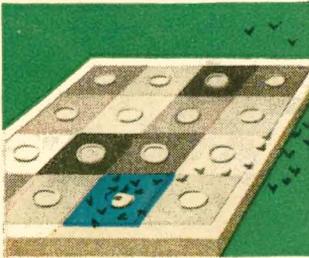
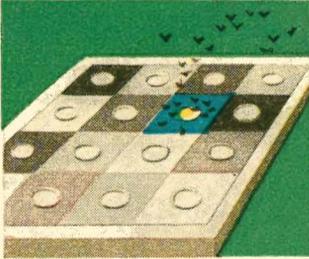
- Membran:** feines Häutchen (von lat. membrana = Haut).
- Pawlow, Iwan Petrowitsch:** berühmter sowjetischer Forscher, der sich besonders mit der Verdauungs- und Gehirntätigkeit von Tieren beschäftigte (1849—1936).
- Phänomen:** besonders auffallende Erscheinung (von gr. phainomenon = die Erscheinung).
- Pheidole:** • südeuropäische Ameisengattung.
- Phlox:** beliebte Gartenstaude mit weißen oder roten Blüten, Heimat Nordamerika.
- Reaktion:** in der Biologie: „Antwort“ auf einen Reiz (von lat. re = zurück; actio = Handlung).
- Regulation:** Ausgleich, Regelung (von spätlat. regulare = regeln).
- Rival, Rivale:** Nebenbuhler.
- Saccharin:** künstlich hergestellter Süßstoff, der 550mal süßer als Zucker, aber ohne Nährwert ist.
- Sekret:** Absonderung aus Drüsen, Drüsenstoff (von lat. secretus = abgesondert).
- Statozyste:** Gleichgewichtsblase, -tasche (von lat. status = Zustand, gr. kyste = Blase).
- Tierpsychologie:** Lehre vom Empfinden und Verhalten der Tiere auf Einflüsse der Umwelt.
- Trappe:** kranichartiger, großer, schwerer Vogel, sehr scheu; in Europa und Asien; in Deutschland (Brandenburg, Sachsen-Anhalt) selten geworden.
- Webervogel:** finkenartiger Vogel, ernährt sich von Insekten und Sämereien.
- Wels:** Raubfisch, der nur noch selten auf dem Grunde unserer Flüsse und Seen lebt. Hat am Maul lange Barteln und wird bis zu 3 m lang.
- Wendehals:** spechtartiger Klettervogel mit sehr beweglichem Hals; Zugvogel.
- Zikade:** Insekt (Halbflügler); saugt Pflanzensäfte; Singzikade erzeugt laute, schrille Töne.

# INHALTSVERZEICHNIS

NICHT JEDER ERLEBT DAS GLEICHE! .....	3
WEGE IN DIE ERLEBNISWELT DER TIERE .....	4
WAS VERMÖGEN DIE TIERE WAHRZUNEHMEN? .....	6
VOM HÖREN DER TIERE .....	6
Der Hund und die Tonleiter .....	6
Können Fische hören? .....	8
Grillenduetts durchs Telefon .....	10
VOM FARBENSEHEN DER BIENEN .....	12
GROBE UND FEINE NASEN .....	15
Auf den Duftspuren der Falter .....	16
DIE „GESCHMÄCKE“ SIND VERSCHIEDEN .....	18
WIE ERLEBT DIE ZECKE IHRE UMWELT? .....	19
SCHNELL UND LANGSAM IM FILM DES ERLEBENS .....	20
WIE FINDEN DIE TIERE IHREN WEG? .....	22
Die Duftspur der Ameisen .....	22
Die Sonne als Kompaß der Bienen .....	24
Das Rätsel des Vogelzuges .....	25
DAS TIER UND SEIN KUMPAN .....	26
Ein Wellensittich „verliebt“ sich in eine Kugel .....	27
Der erste Eindruck ist der entscheidende .....	28
Die Jungvögel im Erleben der Alten .....	30
EIN SATZ AUS DER „BIENENSPRACHE“ .....	32
DAS „KLUGE“ TIER .....	34
DAS TIER UND SEINE UMWELT .....	35
WORTERKLÄRUNGEN .....	36



# UNSERE WELT



GRUPPE 2

Mathematik

Physik und Geophysik

Chemie

Biologie

Geographie und Geologie

Astronomie und Astrophysik

Aus der Geschichte  
der Naturwissenschaften

GRUPPE 3

Wie wir uns nähren und kleiden

In Werkstatt und Betrieb

Mit Werkzeug und Maschine

Wir bauen Häuser, Dörfer, Städte

Auf Wegen, Straßen, Brücken

Wie der Mensch die Erde verändert

Aus der Geschichte  
der Arbeit und Technik