Über den
Farbensinn der Fische und der Bienen.

Von

Dr. Karl v. Frisch,
Privatdozent an der Universität München.

Vortrag, gehalten den 27. November 1918.

Sehr geehrte Versammlung! Der Titel, den ich für den heutigen Vortrag gewählt habe, wirkt vielleicht befremdend. Man wird unter den Tieren — was ihre Organisation und Lebensweise betrifft — nicht leicht größere Gegensätze finden als Fische und Bienen. Wenn ich nun gerade die beschuppten Wasserbewohner und die geflügelten Blumenfreunde zum gemeinsamen Gegenstand einer Besprechung mache, geschieht es aus Gründen, die Ihnen im Verlaufe meiner Ausführungen klar werden sollen.

Es wird das Folgende besser verständlich machen, wenn ich einige Worte über den Farbensinn des Menschen vorausschicke.

Das normale, farbentüchtige Menschaugen vermag zahlreiche Farbennuancen zu unterscheiden. Es gibt aber auch gar nicht wenige Menschen, deren Farbensinn einen gewissen Defekt hat, deren Unterscheidungsvermögen für Farbtöne stark beschränkt ist. Es gibt ferner als seltene Ausnahmen auch Menschen, die überhaupt keine Farben wahrnehmen können. Sie sehen die Welt so, wie sie uns Farben tüchtigen in farblosen Photographien erscheint; sie sehen alle Gegenstände grau, nur je nach ihrer Farbe und Beleuchtung in verschiedener Helligkeit. Sie

haben also keinen Farbensinn, sie sind „total farbenblind“.

Es wäre möglich, daß totale Farbenblindheit, die uns beim Menschen als seltene pathologische Erscheinung begegnet, bei so viel niederer organisierten Tieren, wie es etwa die Fische sind, der normale, allen Individuen gemeinsame Zustand ist. Doch war man bis vor wenigen Jahren allgemein der Ansicht, daß die meisten Tiere mit gut entwickelten Augen Farbensinn besitzen. Gewisse Experimente schienen den Beweis dafür zu liefern. So hat man Fischen in einem Bassin durch längere Zeit hindurch das Futter stets an einem roten Stäbchen dargeboten. Zeigte man ihnen dann ein rotes und ein grünes Stäbchen, so schossen sie nur auf das rote los und ließen das grüne unbeachtet. Oder: einer Hummel wurde auf blauem Papier Honig dargeboten. Bei ihrer Wiederkehr wurde ihr ein blaues und ein rotes Papier vorgelegt. Sie ließ das rote unbeachtet und flog direkt zum Blau.

Erst der Münchner Ophthalmologe C. v. Hess hat mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß solche und ähnliche Versuche keineswegs als Beweise für einen Farbensinn gelten können. Auch ein total farbenblinder Mensch ist leicht imstande, z. B. einen roten von einem blauen Gegenstand zu unterscheiden, und zwar dadurch, daß ihm die Farben in ganz verschiedener Helligkeit erscheinen. Er sieht Rot sehr dunkel, nahezu schwarz, Blau^c dagegen sieht er wie

ein helles Grau. So könnte auch die Hummel das Blau vom Rot an der Helligkeit und nicht an der Farbe unterschieden haben.

v. Hess hat im letzten Jahrzehnt den Farbensinn zahlreicher Tierarten untersucht und ist zu dem Resultat gekommen, daß die Wirbeltiere mit Ausnahme der Fische, also die Lurche und Kriechtiere, die Vögel und Säugetiere einen Farbensinn haben, der dem des Menschen gleich oder ähnlich ist, daß dagegen die Fische, ferner die Insekten, Krebse und anderen wirbellosen Tiere total farbenblind seien.

Um Ihnen ein Bild davon zu geben, wie v. Hess zu dieser Überzeugung gekommen ist, möchte ich Ihnen seine Versuche an Fischen schildern. Zu ihrem Verständnis ist es nötig, folgendes zu wissen:

Entwerfen wir in einer Dunkelkammer auf einem weißen Schirm ein Spektrum, so erscheinen uns die Bezirke dieses farbigen Bandes nicht nur in verschiedenen Farben, sondern auch in verschiedener Helligkeit. Das farbentüchtige Menschaugenauge sieht im Spektrum das Gelb am hellsten, von da nimmt die Helligkeit einerseits nach dem Orange und Rot, andererseits nach dem Grün, Blau und Violett kontinuierlich ab. Ein total farbenblindes Menschaugenauge sieht das Spektrum, wie Sie bereits wissen, farblos grau. Auch ihm erscheinen die verschiedenen Bezirke in verschiedener Helligkeit, aber die hellste Stelle liegt nicht im Gelb, sondern in der Gegend des Gelbgrün bis Grün. Ferner ist für das total farbenblinde

Menschenauge das Spektrum am roten Ende verkürzt. Ein Endbezirk, den der Farbentüchtige noch deutlich rot sieht, ist für das total farbenblinde Menschenauge so schwarz, als wenn er nicht beleuchtet wäre. Auch die relative Helligkeit der übrigen Farben ist für den total farbenblinden Menschen eine andere als für den Farbentüchtigen.

v. Hess suchte nun für Fische die Helligkeitsverteilung im Spektrum zu bestimmen. Dies ist dadurch ermöglicht, daß es Fische gibt, die (unter gewissen Bedingungen) stets nach derjenigen Stelle ihres Bassins schwimmen, die ihnen am hellsten erscheint. Entwirft man in ihrem Bassin ein Spektrum, so schwimmen sie sogleich nach der Gegend des Gelbgrün bis Grün, also nach jener Stelle, die für den total farbenblinden, nicht aber für den farbentüchtigen Menschen die hellste ist. Blendet man alles Licht ab bis auf das äußerste Rot, welches der total farbenblinde Mensch nicht mehr wahrnimmt, so verteilen sich die Fische gleichmäßig im ganzen Behälter, als wenn gar kein Licht hineinfiele. Beleuchtet man die beiden Hälften des Bassins mit zwei verschiedenen Farben, so schwimmen die Fische stets nach jener Hälfte, welche dem total farbenblinden Menschenauge heller erscheint. Verändert man die Helligkeit der einen Farbe durch Entfernen oder Annähern der farbigen Lichtquelle, so verteilen sich die Fische dann gleichmäßig im ganzen Behälter, wenn dem total farbenblinden Menschen beide Hälften gleich hell

erscheinen, während für den Farbentüchtigen dann die eine Hälfte deutlich heller ist usw.

v. Hess hat aus diesen Befunden geschlossen, daß die Fische total farbenblind seien und auf Grund derselben Überlegung, auf Grund ähnlicher Versuche erklärte er auch die wirbellösen Tiere für total farbenblind.

Ich bin der Ansicht, daß diese Beweisführung nicht einwandfrei ist. v. Hess hat nicht den objektiven Nachweis erbracht, daß die Fische und die wirbellosen Tiere total farbenblind sind, sondern er hat nur gezeigt, daß die Helligkeitsverteilung im Spektrum für diese Tiere dieselbe ist wie für den total farbenblinden Menschen. Wir wissen zwar, daß beim Menschen solche relative Helligkeitswerte der Spektralfarben mit totaler Farbenblindheit verbunden sind, aber es ist uns gar nichts darüber bekannt, ob bei Tieren ein entsprechender Helligkeitssinn notwendig mit totaler Farbenblindheit verkettet sein muß.

Hätte v. Hess etwa nur Würmer oder Schnecken oder Tausendfüßler für total farbenblind erklärt, so wäre seine Lehre vielleicht ohne lebhaften Widerspruch hingenommen worden. Aber die Behauptung, daß auch alle Insekten und daß unter den Wirbeltieren die Fische total farbenblind seien, mußte bei jedem, der mit der Biologie dieser Tiere vertraut ist, Bedenken erwecken.

Bei den Fischen sind es zwei Erscheinungen, welche zu solchen Bedenken Anlaß geben.

Erstens gibt es zahlreiche Fischarten, welche zur Laichzeit ein buntes Hochzeitskleid anlegen. Wer sich mit der jetzt so beliebten Zucht fremdländischer Zierfische befaßt hat, wird davon zu erzählen wissen. Aber auch bei unseren heimischen Süßwasserfischen sind bunte Hochzeitskleider sehr verbreitet. Vor allem sind es hier prächtige rote und gelbe Farbtöne, die in den Flossen, am Bauch und an den Flanken der Fische, in geringerem Maße auch an anderen Körperstellen zur Laichzeit hervortreten. Es fällt schwer zu glauben, daß diese Farbenpracht vor farbenblinden Augen entfaltet wird.

Man hat darauf hingewiesen, daß gerade rote Farben in größeren Wassertiefen nicht zur Geltung kommen können. Die roten Lichtstrahlen werden nämlich vom Wasser am stärksten absorbiert. Auch gelbe Strahlen dringen nicht in große Tiefen, blaue Strahlen hingegen werden relativ wenig absorbiert. Darum erscheint uns ja das Wasser in dickeren Schichten blau. Schon in etwa 10 m Tiefe sind die roten Strahlen so abgeschwächt, daß daselbst ein Gegenstand, der an der Oberfläche schön rot erscheint, nur mehr dunkel rotbraun oder nahezu farblos schwarz aussieht. Man glaubte, es sei dadurch die Bedeutung der oben erwähnten roten Farbtöne bei Fischen als Schmuckfarben in Frage gestellt. Bei genauerem Zusehen zeigt sich aber, daß durch die Berücksichtigung dieser Verhältnisse die Schmuckfarbentheorie nicht erschüttert, sondern gestützt wird. Denn die roten und gelben

Schmuckfarben fehlen gerade bei jenen Arten unserer Süßwasserfische, welche in größeren Tiefen laichen. Sie fehlen auch bei jenen Arten, welche an der Oberfläche der Gewässer zur Nachtzeit laichen. Sie sind aber weit verbreitet bei jenen Arten, die bei Tag an der Oberfläche laichen. Ein Hochzeitskleid, in welchem rote und gelbe Töne eine Rolle spielen, ist also bei unseren Süßwasserfischen¹⁾ auf jene Arten beschränkt, bei welchen die Laichgewohnheiten derart sind, daß die Farben zur Geltung kommen können. Einzig der Saibling bildet in manchen Seen eine Ausnahme von dieser Regel.²⁾

Zweitens spricht gegen eine totale Farbenblindheit der Umstand, daß sich Fische in ihrem Farbkleid mehr oder weniger vollkommen an Helligkeit und Farbe des Untergrundes anzupassen vermögen. Diese Anpassung, welche als Schutzfärbung aufzufassen ist, wird nachgewiesenermaßen durch die Gesichtswahrnehmungen der Fische ausgelöst und erfolgt

1) Für die Meeresfische fehlt uns das Tatsachenmaterial, um die Verhältnisse, wie bei den Süßwasserfischen, im einzelnen prüfen zu können.

2) Er laicht vielerorts im Seichten, in anderen Seen aber in 20—30 m, ausnahmsweise sogar in 60—100 m Tiefe. Das Laichen im flachen Wasser scheint die ursprüngliche Gewohnheit zu sein. Daß auch bei den „Grundlaichern“ unter den Saiblingen die orangefarbenen Farben auftreten, ist vielleicht als Beibehalten einer unter diesen Umständen bedeutungslosen, unter anderen Bedingungen erworbenen Eigenschaft aufzufassen.

durch Vermittlung des Nervensystems. Die Erscheinung läßt sich z. B. bei der Pfrille (Ellritze), einem in unseren Gewässern überaus häufigen Fischchen, leicht beobachten.

In der Haut der Pfrille finden sich zahllose schwarze, gelbe und (stellenweise) rote Farbstoffzellen (Pigmentzellen); unter dem Einflusse des Nervensystems kann sich der Farbstoff auf winzige Klümpchen zusammenballen („Kontraktion“ der Pigmentzellen) oder flächenhaft ausbreiten („Expansion“ der Pigmentzellen). Versetzen wir eine Pfrille von hellem Untergrund auf schwarzen Grund, so expandiert sie ihre schwarzen Pigmentzellen; all die tausend winzigen schwarzen Farbstoffklümpchen in ihrer Haut breiten sich binnen wenigen Sekunden aus und der ganze Fisch nimmt dadurch einen tiefdunklen Ton an. Versetzen wir sie auf weißen Grund, so vollzieht sich, abermals binnen wenigen Sekunden, der umgekehrte Vorgang, alle schwarzen Pigmentzellen werden kontrahiert, entziehen sich dadurch der Wahrnehmung durch das bloße Auge und der Fisch wird hell. Versetzen wir die Pfrille auf gelben Grund, so expandiert sie die gelben Pigmentzellen und ihr ganzer Körper erhält dadurch einen deutlich gelben Ton, der beim Versetzen auf farblosen Grund durch Kontraktion der gelben Pigmentzellen wieder schwindet. Doch vollzieht sich diese Farbenanpassung langsamer als die Helligkeitsanpassung; es währt gewöhnlich einige Stunden, bis die Reaktion voll eingetreten ist.

Ich erinnere Sie nun an jenen eingangs erwähnten Versuch mit dem roten Futterstäbchen. Wir konnten dem Versuch keine Beweiskraft für das Vorhandensein von Farbensinn zuerkennen, weil die Möglichkeit offen blieb, daß der Fisch das rote und das grüne Stäbchen an ihrer Helligkeit und nicht an ihrer Farbe unterschieden hat. Wäre es nicht denkbar, daß auch die Farbenanpassung an gelben Untergrund nur durch eine bestimmte Helligkeit des Untergrundes ausgelöst wird?

Diese Deutung wäre möglich, doch wir können sie hier leicht auf ihre Richtigkeit prüfen und ihre Unrichtigkeit beweisen. Es kommt uns dabei sehr zustatten, daß, wie ich eben erwähnte, die Anpassung an die Helligkeit des Untergrundes sehr rasch, die Anpassung an die Farbe des Untergrundes bedeutend langsamer abläuft.

Ist der Fisch total farbenblind, so erscheint ihm der gelbe Untergrund genau so wie ein farblos grauer Untergrund von bestimmter Helligkeit. Wir können nun in einer Serie grauer Papiere, welche in feinen Abstufungen von Weiß zu Schwarz führt, jenes Grau herausfinden, welches dem Fisch mit einem bestimmten gelben Papier gleich hell erscheint, indem wir ihn (am besten in einer kleinen, flachen Glasschale) wiederholt von Gelb auf Grau, von Grau auf Gelb versetzen und hiebei die Helligkeit des Grau so lange variieren, bis wir ein Grau haben, auf welchem sich der Fisch weder dunkler noch heller färbt als auf

dem Gelb. Nun haben wir zwei Papiere, die in ihrer Helligkeit für den Fisch gleich sind und die sich somit für ihn, wenn er total farbenblind ist, in nichts voneinander unterscheiden. Tatsächlich aber unterscheidet er sie, denn lassen wir ihn nun längere Zeit auf dem gelben Untergrund, so expandiert er seine gelben Pigmentzellen und nimmt dadurch einen gelben Ton an; bringen wir ihn nun auf das gleich helle Grau, so kontrahiert er binnen einigen Stunden die gelben Pigmentzellen und verliert seine gelbliche Farbe — und dieser Versuch läßt sich beliebig oft mit dem gleichen Resultat wiederholen. Dadurch ist der Nachweis geführt, daß der Fisch das Gelb tatsächlich farbig sieht.

Ich könnte noch mancherlei Experimente anführen, die dieses Resultat bestätigen und erweitern, die uns auch über die Art des Farbensinnes der Fische einiges verraten — es bestehen gegenüber dem menschlichen Farbensinn gewisse Differenzen — doch möchte ich Ihre Aufmerksamkeit lieber noch auf andere Versuche lenken, die mehr allgemeines Interesse beanspruchen können.

Es würde unsere altgewohnte Auffassung von der Bedeutung der Blumenfarben von Grund aus umgestürzt, wenn es sich bewahrheiten würde, daß die Insekten total farbenblinde Tiere seien.

Es dürfte Ihnen ja bekannt sein, wie wichtig die Tätigkeit der Insekten, vor allem der Honigbienen,

für die Befruchtung der Blüten ist. Nicht aller Blüten. Es gibt solche in nicht geringer Zahl, bei welchen die Übertragung des Blütenstaubes von den Pollenblättern auf die Narben durch den Wind geschieht (Gräser, Nadelhölzer u. a.). Die Blüten dieser Pflanzen pflegen wir nicht als „Blumen“ zu bezeichnen; sie sind unscheinbar und duftlos; sie produzieren auch keinen Nektar, denn eine Anlockung von Insekten liegt nicht in ihrem Interesse. Anders sind die Blüten eingerichtet, welche auf Insektenbesuch angewiesen sind. Sie sondern im Blütengrunde einen süßen Saft ab, eben den Nektar, der von Insekten als Nahrung gesammelt wird. Beim Besuch solcher Blüten bepudern sich die nektarsaugenden Insekten mit Blütenstaub, und indem sie dann zu einer andern Blüte der gleichen Pflanze oder der gleichen Pflanzenart fliegen, übertragen sie den Blütenstaub auf deren Narbe und befruchten sie.

Solche Blüten sind in der Regel durch große, auffallend gefärbte Blumenblätter, oft auch durch einen weithin wahrnehmbaren Duft ausgezeichnet, um, wie man annimmt, die Blüten den Insekten schon von weitem kenntlich zu machen und ihr Auffinden zu erleichtern, zu beiderseitigem Nutzen. Die Blumenpracht wäre ein völliges Rätsel, wenn sie nicht mehr als Anpassung an den Insektenbesuch gedeutet werden könnte.

Darum ist es von besonderem Interesse, zu wissen ob unsere eifrigste Blütenbestäuberin, die Biene,

Farbensinn hat oder nicht. Darüber läßt sich durch ein einfaches Experiment Aufschluß gewinnen.

Ein Tisch im Freien soll unser Versuchsplatz sein. Nun müssen wir zunächst für die Versuchstiere sorgen und eine Anzahl Bienen herbeilocken. Zu diesem Zwecke stellen wir auf den Tisch eine große, flache Schale mit Honig. Eine Biene, die zufällig vorbeifliegt, findet den duftenden Süßstoff, nimmt von dem Honig auf, soviel sie kann, fliegt heim und kehrt nach wenigen Minuten wieder, von einigen anderen Bienen ihres Stockes begleitet. Bieten wir reichlich Honig, so nimmt die Zahl der Tiere rasch zu und nach 1—2 Stunden verfügen wir über mehrere Dutzend Bienen, die den Honig einsammeln und in regelmäßigem Fluge zwischen der neu entdeckten Futterquelle und ihrem Heimatstocke verkehren.

Wir nehmen nun eine Serie grauer Papiere, die, von Weiß angefangen, in feinen Abstufungen bis zu Schwarz führt, und legen diese Papiere auf den Tisch, in mehreren Reihen nebeneinander, nicht nach ihrer Helligkeit geordnet, sondern in beliebigem Wechsel. An irgendeiner Stelle fügen wir in diese Reihen ein farbiges, z. B. ein gelbes Papier ein, welches den grauen Papieren in Form und Größe genau gleicht und nur durch die Farbe von ihnen verschieden ist. Da das Gelb einem total farbenblinden Wesen wie ein Grau von bestimmter Helligkeit erscheint, und da bei unseren grauen Papieren jede Helligkeit von Grau vertreten ist, müssen die Bienen, wenn sie total

farbenblind sind, das Gelb mit wenigstens einem der grauen Papiere verwechseln. Wenn sie es von allen Grauabstufungen mit Sicherheit unterscheiden, sagen sie uns hiemit, daß sie Farbensinn haben. Aber wie können sie es sagen?

Sagen können sie es freilich nicht. Wir müssen sie dazu veranlassen, es auf andere Weise zu verraten. Den Honig entfernen wir jetzt, da sein Duft den Versuch stören könnte, und geben statt dessen Zuckerwasser, welches auch gierig genommen wird. Wir bieten aber das Futter von jetzt ab ausschließlich auf dem gelben Papier, indem wir ein mit Zuckerwasser gefülltes Uhrsälchen daraufstellen. Damit nicht das Uhrsälchen an sich schon den Bienen verrät, wo das Futter zu finden ist, setzen wir auf alle grauen Papiere ebensolche Uhrsälchen, aber diese lassen wir leer. So ist die gelbe Farbe wohl das Einzige, was die Bienen als auffälliges Merkzeichen des Futterplatzes verwerten können. Und in der Tat scheinen sie dies rasch erfaßt zu haben, denn schon nach kurzer Zeit sehen wir die vom Stock zurückkehrenden Tiere aus einer Entfernung von mehreren Metern direkt auf das Gelb losfliegen. Aber haben sie sich nicht etwa, bei ihrem ausgezeichneten Ortsgedächtnis, einfach den Platz in unseren Papierreihen gemerkt, wo das Futter zu finden ist? Das läßt sich leicht prüfen. Wir geben das Futtersälchen samt dem gelben Papier an eine andere Stelle und legen ein graues Papier auf den früheren Platz des gelben.

Die Bienen lassen sich nicht beirren und fliegen wieder direkt zum Gelb. Ihr feiner Ortssinn war also nicht der maßgebende Faktor. Aber vielleicht riecht das gelbe Papier schon nach Bienen? Vielleicht haben sie einen sehr viel schärferen Geruchsinn als wir, vielleicht riechen sie sogar aus einiger Entfernung das Zuckerwasser im Schälchen, obwohl es für uns geruchlos ist? Wir müssen also den Versuch noch anders gestalten.

Wir entfernen das gelbe und alle grauen Papiere und ebenso alle Schälchen vom Versuchstisch. Statt dessen legen wir eine andere, ebensolche Serie grauer Papiere und ein neues gelbes Papier (an einem vom letzten Futterplatz abweichenden Ort) auf den Tisch und setzen auf jedes Papier ein neues Uhrsälchen. Keiner der Gegenstände war mit Bienen je in Berührung, in keines der Uhrsälchen, auch nicht in das auf dem gelben^o Papier, geben wir Zuckerwasser. Was tun die Bienen jetzt?

Sie fliegen in Scharen nach dem gelben Papier und suchen dort nach dem gewohnten Zuckerwasser, die grauen Papiere beachten sie gar nicht.

Immer noch wäre ein Einwand gegen die Beweiskraft des Versuches denkbar, wenn er auch schon recht weit hergeholt werden muß. Die Bienen könnten einen so feinen, einen von dem unsrigen so abweichenden Geruchsinn haben, daß das gelbe Papier, welches für uns so geruchlos ist wie die grauen Papiere, für sie einen deutlichen, spezifischen Geruch hat. Vielleicht

sehen sie also das Gelb doch farblos grau und erkennen es nur mit Hilfe ihres Geruchsinnnes!

Wir müssen den Versuch noch einmal modifizieren. Wieder legen wir ein gelbes und alle grauen Papiere auf den Tisch, dann decken wir über die ganze Anordnung eine große Glasplatte. Ein etwaiger Geruch kann durch das Glas nicht wahrnehmbar sein. Trotzdem benehmen sich die Bienen genau so wie beim früheren Versuch. Sie sammeln sich auf der Glasplatte über dem Gelb in Scharen an und lassen die grauen Papiere ganz unbeachtet. So können wir nicht mehr daran zweifeln, daß sie das Gelb anders sehen als jedes beliebige Grau, daß sie Farbensinn haben.

Wie wir bei diesem Versuch die Bienen durch Verabreichung von Futter auf Gelb „dressiert“ haben, damit sie zum Aufsuchen des Gelb veranlaßt werden und uns zeigen, ob sie das Gelb von jedem Grau zu unterscheiden vermögen, so können wir sie auch auf jede andere Farbe zu dressieren versuchen. Ausgedehnte Versuchsreihen in dieser Richtung führten zu einem interessanten Ergebnis. Die Dressur gelingt einwandfrei bei Verwendung von Orangerot, von Gelb, von einem gelblichen Grün, Blau, Violett oder Purpurrot. Alle diese Farben werden von grauen Papieren jeder beliebigen Helligkeit mit Sicherheit unterschieden. Füttern wir aber die Bienen auf einem rein roten Papier, welches kein Blau und möglichst wenig Gelb enthält, und legen ihnen dann ein solches Rot und

die Grauserie vor, so werden sie, wenn nur das Rot unbeschmutzt und das Schälchen darauf ohne Zuckerwasser ist, von schwarzen und sehr dunkelgrauen Papieren eben so stark angelockt wie von dem Rot: Ein reines Rot verwechseln die Bienen mit Schwarz. In analoger Art läßt sich zeigen, daß sie ein gewisses Blaugrün von einem Grau mittlerer Helligkeit nicht unterscheiden können. Der Farbensinn einer Biene ist also gegenüber dem eines farbentüchtigen Menschen beschränkt.

Dies offenbart sich auch noch auf andere Weise. Stellen wir den auf eine bestimmte Farbe dressierten Bienen die Aufgabe, die Dressurfarbe aus einem bunten Gemisch der verschiedensten Farben herauszufinden, so machen sie regelmäßig Verwechslungen zwischen gewissen Farben, die für ein farbentüchtiges Menschenauge voneinander sehr verschieden sind. Ein Grün, das auch nur schwach gelblich ist, aber auch Orange-rot wird mit reinem Gelb, Blau wird mit Violett und Purpurrot verwechselt. Dagegen werden die „warmen“ Farben einerseits, die „kalten“ Farben andererseits ebenso sicher voneinander unterschieden wie von farblos grauen Papieren.¹⁾

¹⁾ Wer sich für diese Versuche und die aus ihnen abzuleitenden Konsequenzen interessiert, findet Näheres darüber in meiner Abhandlung „Der Farbensinn und Formensinn der Biene“ (Zoolog. Jahrb., Abt. f. allgem. Zool. u. Physiol., Bd. 35, auch separat erschienen bei G. Fischer, Jena 1914).

Sehr ähnliche Verhältnisse finden wir bei einer bestimmten Art von Farbensinnstörung des Menschen, nämlich bei einer Form der sogenannten „Rot-Grün-Blindheit“. Solche Menschen sind für reines Rot unempfindlich, sie verwechseln ein gewisses Blaugrün mit einem Grau von mittlerer Helligkeit und haben innerhalb der „warmen“ Farben einerseits, der „kalten“ Farben andererseits kein Unterscheidungsvermögen für die Farbnuancen. Die Bienen sind also, wie manche Menschen, rotgrünblind.

Durch diese Erkenntnis wird eine blütenbiologische Erscheinung verständlich, die, seit langem bekannt, bisher der Erklärung harrte: die auffallende Seltenheit rein roter Blütenfarben bei unseren heimischen Blumen. Was wir gewöhnlich „rote“ Blumen nennen, hat fast durchwegs purpurrote Farben, die reichlich Blau enthalten. So die Eriken, Zykamen, die roten Klee- und Orchideenarten usw. Solche Blüten sehen die Bienen „blau“. Scharlachrote Blüten sind bei uns seltene Ausnahmen. Ich sage bei uns, denn in den Tropen sind sie weit verbreitet, aber auch dort — und das ist eben das Auffällige — nicht bei Blüten, die auf Insektenbestäubung eingerichtet sind, sondern nur bei solchen Blüten, welche durch Kolibri und Honigvögel bestäubt werden. Jetzt, da wir wissen, daß die Bienen (und wahrscheinlich auch alle anderen Insekten) ein reines Rot nicht farbig sehen, verstehen wir, warum sich diese Farbe nicht als Anpassung an Insektenbesuch entwickeln konnte. Mit um so größerer

Gewißheit dürfen wir die tatsächlichen Blütenfarben der insektenblütigen Pflanzen als Anpassung an die Blumengäste auffassen.

Doch dürfen wir bei der biologischen Deutung der Blumenfarben nicht die Beschränkung des Farbensinnes der Biene vergessen, von der eben die Rede war. Die Fülle von Farbennuancen, die uns auf einer blumenreichen Wiese entgegenleuchtet, besteht nicht für das Bienenauge. Und gerade diese Fülle von Nuancen schien eine notwendige Voraussetzung für die bekannte „Blumenstetigkeit“ der Bienen zu sein. Beobachtet man Bienen beim Blütenbesuch, so sieht man fast immer ein und dasselbe Individuum nur Blüten ein und derselben Pflanzenart befliegen. Diese „Blumenstetigkeit“ ist für beide Seiten von Nutzen: Die Blüte erhält so den ihr zugehörigen Blütenstaub, die Biene aber trifft überall auf die gleiche Blüteneinrichtung, mit der sie schon vertraut ist, und spart Zeit. Sie kann natürlich nur blumenstet sein, wenn sie die Blüten, die sie sucht, von den vielen andersartigen Blüten der Umgebung zu unterscheiden vermag. Daß sie dies rasch und sicher trifft, sehen wir, und was lag näher, als die vielen Farbtöne, durch welche die Blüten verschiedener Pflanzen für unser Auge schon aus der Ferne voneinander abstechen, damit in Beziehung zu bringen! Nun haben wir aber gesehen, daß den Bienen ein feineres Unterscheidungsvermögen für Farbennuancen abgeht. Daher müssen sie neben der Farbe auch andere Merkmale der Blüten beachten,

um die Sorten so sicher voneinander zu unterscheiden. Tatsächlich läßt sich experimentell nachweisen, daß auch die Form der Blüten und ihr so verschiedenartiger Duft von den Bienen als Merkzeichen verwertet wird. Sie lassen sich auf blumenartige Formen und auf blumige Düfte ebenso gut dressieren wie auf Farben.

Auch bei anderen wirbellosen Tieren, z. B. bei niederen Krebsen, hat man sich in jüngster Zeit durch Versuche, die in ihrer technischen Durchführung an die Lebensgewohnheiten der betreffenden Tiere angepaßt waren, davon überzeugt, daß sie Farbensinn besitzen. Doch hat dieser Befund wohl in keinem anderen Falle so weittragende Konsequenzen für unsere Auffassung biologischer Vorgänge wie gerade bei Insekten und bei Fischen.

Der Mechanismus der Farbenanpassung, die wir bei einer Reihe von Fischarten kennen, wäre unverständlich, ihr buntes Hochzeitskleid eine Laune der Natur — wenn sich die These von ihrer totalen Farbenblindheit bestätigt hätte.

Und wieviel mühevollere Untersuchungen, wieviel sorgfältige Beobachtungen waren es, auf Grund deren uns Christian Konrad Sprengel, Charles Darwin, Hermann Müller und andere hochgeschätzte Forscher lehrten, die Blumenfarben als Anpassung an den Blütenbesuch der Insekten zu betrachten! Beobachtungen in freier Natur, Statistik und Experiment haben

vereint diese Überzeugung bei den älteren Untersuchern begründet und gefestigt. Kämen wir jetzt zu der Erkenntnis, daß das Insektenauge die Farben gar nicht sieht, so müßten wir resigniert zugeben, daß allgemein übliche Methoden naturwissenschaftlicher Forschung in den besten Händen hier völlig versagt hätten.

Daß wir zu diesem traurigen Eingeständnis nicht veranlaßt sind, glaube ich Ihnen gezeigt zu haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Frisch Karl von

Artikel/Article: [Über den Farbensinn der Fische und der Bienen. 1-22](#)