

Blumen und Bienen, Farben und Farbensinn.

„Wär' nicht das Auge sonnenhaft,
Wie könnten wir das Licht erblicken?“

Mit diesem zugleich naiven und tieffinnigen Gedanken greift Goethe auf die elementare Auffassung der Sinneswahrnehmung zurück, die sich das Objektbild in mir als treues Konterfei des Dinges außer mir denkt. Für eine solche Naturbetrachtung ist es nie eine Frage gewesen, daß die Tiere Farben sehen: Draußen sind die Farben vorhanden; sehen heißt: das, was draußen ist, durch ein Bild im erkennenden Subjekt wiedergeben; wenn die Tiere sehen — und niemand zweifelt daran —, dann wird der Vogel den farbigen Vogel, der Schmetterling den bunten Schmetterling, die Biene die in wechselnden Tinten leuchtenden Blumen farbig sehen.

Es ist kein Zweifel, daß Aristoteles dieser Anschauung beipflichtet, wenngleich seine Auffassung des Farbensehens Elemente enthält, die uns fast modern anmuten¹. „Das in den einzelnen Körpern vorhandene Durchsichtige, durch das Licht vollendet und nun Farbe genannt, bewegt von der Oberfläche des Körpers aus die von der Sonne erleuchtete Luft, die Luft aber, welche sich Aristoteles zwischen dem farbigen Körper und dem Auge als etwas Zusammenhängendes denkt, bewegt das Auge. In diesem Medium ist das sinnliche Bild nicht vorhanden, sondern das Medium fungiert nach Art eines Werkzeuges, das der gesehene Gegenstand in Bewegung setzt und gleichsam handhabt, um sein Abbild im lebenden Auge hervorzubringen.“

Nach dieser Darstellung erscheint Raum für die Frage, ob jenes Quasiwerkzeug auch in jedem Auge das Material für sein zu schaffendes Gemälde finde. Aber für Aristoteles sind alle Farben einerlei Art, die bunten ordnen sich zwischen Schwarz und Weiß in eine Reihe (*περὶ αἰσθήσεως καὶ αἰσθητῶν* 442₁₂). So wird auch das Tier alle oder gar keine sehen. Die Tatsache der partiellen und der seltenen totalen Farbenblindheit, die den Alten wohl bekannt sein konnte, zwingt nicht zu dieser Trennung. Erst

¹ Vgl. Marchl O. S. B., Des Aristoteles Lehre von der Tierseele (Programm des Gymnasiums Metten, 3. Teil) 41.

die Entdeckung, daß weißes Licht in die Spektralfarben zerlegt und aus ihnen durch Mischung wiederhergestellt werden kann, mußte neutrale und bunte Farben zu unterscheiden lehren.

Bevor die Tierpsychologie auf den Gedanken kam, sich die Frage nach dem Farbensehen der Tiere zu stellen, war diese in der Biologie durch die sogenannte „Blumentheorie“ Sprengels etwas voreilig bejaht worden. In früheren Jahrhunderten mit ihrer anthropozentrischen Teleologie waren die Blumenfarben wohl zumeist als rein ästhetischer Schmuck betrachtet worden. In den sechziger Jahren des 18. Jahrhunderts hatte Kölreuter auf die Notwendigkeit des Insektenbesuches für die Bestäubung der Blüten hingewiesen. Christian Konrad Sprengel wurde auf die Bedeutung des Honigs für die Anlockung der Insekten aufmerksam. Ein Vergiftmeinnicht brachte ihn auf den Gedanken, daß bei dieser Blume der gelbe Ring, welcher die Öffnung der Kronröhre umgibt und der gegen den himmelblauen Teller der Krone so leuchtend absteicht, die Insekten wohl beim Auffuchen des Honigs leiten könne. Sofort fand er auch bei andern Blumen ähnliche „Saftmale“, und nun schloß er weiter: Wenn die Krone der Insekten wegen an einer besondern Stelle besonders gefärbt ist, dann ist sie überhaupt der Insekten wegen gefärbt. Die Farbe der Krone dient dazu, daß die mit einer solchen Krone versehenen Blumen den nahrungsuchenden Insekten in die Augen fallen. Schon Sprengel unterschied Tag- und Nachtblumen, er sah, daß viele Blumen durch ihre Farbe, andere durch starken Duft, wieder andere durch Farbe und Duft zugleich die Insekten anlocken, daß aber Windblüten weder Farbe noch Duft zeigen. Diese Beobachtungen und Überlegungen Sprengels, die er neben manchen andern in einem Buche „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen“ (1793) niederlegte, blieben an die 70 Jahre ziemlich unbeachtet, bis Darwin auf den Vorteil der Kreuzbefruchtung hinwies und im Verein mit dem bekannten westfälischen Biologen Hermann Müller die Theorie Sprengels durch zahlreiche neue Beobachtungen stützte und ausbaute und erst dadurch in weiteren Kreisen bekannt machte.

Müllers Werk „Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider“ (Leipzig 1873) bildet eine Hauptgrundlage für die Entwicklung der neueren Blütenbiologie.

Aber, wie es so geht, wo eine Theorie in helleres Licht tritt, da setzen auch die Angriffe ein. Es war vor allen der Genter Zoolog Felix Plateau, der Sohn des bekannten Physikers, der in Duzenden von Veröffentlichungen

die Blumentheorie bekämpfte. Plateau bestritt nicht die Bedeutung des Nektars und des Blütenduftes. Aber diejenige Eigenschaft, die uns am meisten die Blumen auffällig macht, die Größe der Blumenblätter und ihre bunte Farbe, sollte für die Anlockung der Insekten ohne Belang sein. Plateau fand bei seinen Versuchen, daß künstliche Blumen, auch wenn sie ihren Vorbildern auf das sorgfältigste nachgeahmt waren, keine Anziehungskraft auf die Insekten ausübten, daß diese sich auch durch Spiegelbilder von natürlichen Blumen nicht täuschen ließen, daß sie dagegen natürliche Blumen, z. B. Mohnblüten, auch dann besuchten, wenn diese maskiert oder ihrer auffälligen Blumenblätter beraubt wurden, daß sie auffällige Blumen nicht mehr besuchten, wenn man die nektarhaltigen Teile von ihnen entfernte, daß sie dagegen unauffällige Blumen zu besuchen begannen, wenn er sie mit Honig versah. Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen schloß er: Die Insekten lassen sich beim Blumenbesuch weder durch die Farbe noch durch die Form, sondern wahrscheinlich ausschließlich durch den Duft der Blüten leiten.

Die Versuche Plateaus werden stark entwertet durch einen Fehler, den er in seinen letzten Arbeiten selbst eingestehen mußte. Er hat das Ortsgedächtnis der Bienen und Hummeln außer acht gelassen. Er berücksichtigt zuwenig, daß die gleiche Biene zu der gleichen Blume wiederkehrt, auch wenn diese maskiert oder sonstwie entstellt ist, weil sie sich eben den Platz der Blume gemerkt hat. Spätere Untersucher erzielten dann auch gegenteilige Ergebnisse. Freilich wollten sie den Einfluß des Geruchsinnes nicht unterschätzen. Selbst die sehtüchtigsten Insekten zeigen diesen Einfluß, und bei Fliegen und niederen Bienenarten soll er sogar vorwiegen, bei Ameisen wiegt er sicher vor. E. Andreae¹, C. Detto², v. Dobkiewicz³, A. Forel⁴, E. Giltay⁵, Rieniſ-Verloff⁶, J. H. Lovell⁷, H. Reeker⁸ haben nach dieser Richtung hin Plateaus Versuche kritisiert.

¹ Inwiefern werden Insekten durch Farbe und Duft der Blumen angezogen? *Beih. Bot. Zentralbl.* XV (1903) 427.

² Blütenbiol. Untersuchungen II. *Flora* XCIV (1905) 424.

³ Beitrag zur Biologie der Honigbiene. *Biol. Zentralbl.* XXXII (1912) 664.

⁴ Das Sinnesleben der Insekten. München 1910.

⁵ Über die Bedeutung der Krone u. Jahrb. für wiss. Botanik. XL (1904) 368; XLIII (1906) 468.

⁶ Professor Plateau und die Blumentheorie. *Biol. Zentralbl.* XVIII (1898) 417; XXIII (1903) 557.

⁷ The color sense of the honey bee. *Amer. Naturalist* XLIII (1909) 338

⁸ Wie ziehen die Blumen Insekten an? *Zool. Garten* XXXIX (1898).

Es mußte aussichtsreich erscheinen, die Frage nach der Bedeutung der Blumenfarbe auf eine breitere Grundlage zu stellen und überhaupt zu fragen, ob die Bienen Farbensinn haben, also zu untersuchen, ob die Bienen die Farben farbig sehen. Schon J. Lubbock¹ und H. Müller glaubten festgestellt zu haben, daß Bienen Farben unterscheiden und gewisse Farben, besonders Blau und Purpurrot, bevorzugen. Forel² bestätigte das Unterscheidungsvermögen der Bienen und Hummeln. Er ließ eine Hummel auf einer blauen Scheibe Honig saugen. Die Hummel flog fort, kehrte wieder und untersuchte nun auch blaue Scheiben, die frei von Honig waren, mit großer Ausdauer, ließ dagegen rote Scheiben unbeachtet, auch wenn sie an der Stelle lagen, wo vorher von der blauen Scheibe Honig gefüttert worden war. Lovell³ und v. Dobkiewicz⁴ stellten ähnliche Versuche an mit dem gleichen Ergebnis, daß die Bienen Farben als Merkzeichen verwerten.

Es blieb Forel nicht verborgen, daß derartige Versuche keinen strengen Beweis lieferten, denn die Farbe konnte auch an ihrem Helligkeitswert erkannt worden sein. Er hatte weitere Experimente geplant, die diesen Zweifel beheben sollten, sie aber nicht ausgeführt, vielleicht in der Meinung, daß der Farbensinn der Bienen durch die vielen verschiedenartigen Versuche genügend erwiesen sei und durch die auffälligen Blumenfarben geradezu gefordert werde.

Da trat in den letzten Jahren ein Forscher auf den Plan, der, wenn man seine eigenen Schlussworte liest, die ganze Sprengelsche Blumenfarbentheorie endgültig erledigt zu haben scheint.

Karl v. Hefß, ein Münchner Ophthalmolog, geht an die Frage mit einer großen Sachkenntnis und mit zum Teil ganz neuen Methoden heran. Er hat die Untersuchung des Farbensinnes in der ganzen Tierreihe in die Hand genommen⁵ und findet, daß der Farbensinn bei Säugetieren, Vögeln,

¹ Ameisen, Bienen und Wespen. Leipzig 1883.

² N. a. O.

³ N. a. O.

⁴ N. a. O.

⁵ Zusammengefaßt in Hefß, Vergleichende Physiologie des Gesichtsinnes, in Wintersteins Handbuch der vergl. Physiologie. Jena 1912. Seitdem besonders: Hefß, Neue Untersuchung. 3. vergl. Physiologie des Gesichtsinnes, in Zool. Jahrb. XXXIII (1913) 387; Experimentelle Untersf. über angebl. Farbensinn der Bienen, ebd. XXXIV (1913) 81; Messende Untersf. zur vergl. Physiol. des Pupillenspiels, in Graefes Arch. für Ophth. XC (1915) 382; Messende Untersf. d. Sichtsinnes d. Biene, in Arch. f. d. ges. Physiol. des Menschen und der Tiere CLXIII (1916) 289; Der Farbensinn der Vögel und die Lehre von den Schmuckfarben, ebd. CLXVI (1917) 381; Beiträge zur Frage nach einem Farbensinn bei Bienen, ebd. CXX (1918) 337.

Kriechtieren und Vurchen etwa wie bei uns entwickelt ist, nur mit der Ausnahme, daß bei Vögeln und Kriechtieren farbige Ölkugeln in der Netzhaut als Farbenfilter wirken, daß dagegen Fische und alle wirbellosen Tiere, soweit er sie untersuchen konnte, total farbenblind seien. Um seine Ergebnisse in etwa beurteilen zu können, müssen wir uns seine Methode etwas näher ansehen.

Man unterscheidet bekanntlich¹ neutrale Farben: die Reihe des Grau von Schwarz bis Weiß, und bunte Farben: die Farben des Spektrums. Die Helligkeit einer farbigen Empfindung hängt in erster Linie von dem farblosen (neutralen) Empfindungsanteil ab, aber sie wird beeinflusst durch den farbigen Anteil. Rot und Gelb wirken erhellend, Grün und Blau verbunkelnd auf die Helligkeit der Gesamtempfindung. Hiermit hängen zusammen die Helligkeitsänderungen, welche farbige Lichter mit der Änderung der Lichtstärke und des Adaptationszustandes erfahren, also auch die Erscheinungen des Purkinjeschen Phänomens.

Nimmt die Lichtintensität stark ab, so verbreitern sich Rot und Grün im Spektrum, zugleich verändert sich die Verteilung der Helligkeit. Die blaue Hälfte des Spektrums wird heller auf Kosten der roten: das Helligkeitsmaximum, das normal im Gelben liegt (bei $580\text{ }\mu\mu$), wird immer mehr gegen Grün verschoben. Im gewöhnlichen Licht ist Rot ($670\text{ }\mu\mu$) etwa zehnmal so hell als Blau ($480\text{ }\mu\mu$), in der Dämmerung kann das Verhältnis von Rot zu Blau 1:16 werden. Nimmt die Intensität noch weiter ab, so kommt das Stadium der totalen Farbenblindheit, es bleibt vom Spektrum nur ein farbloses weißliches Band übrig mit dem Helligkeitsmaximum im Grün ($529\text{ }\mu\mu$). Man kann Kurven der Helligkeitsverteilung im Spektrum aufstellen, von denen die eine für das farbenblütige, die andere für das farbenblinde und das dunkeladaptierte menschliche Auge charakteristisch ist.

Die Methode Heß' besteht nun darin, daß er die Kurven der Helligkeitsverteilung auch bei Tieren feststellt und von ihnen auf den Grad ihrer Farbenblütigkeit schließt. Zum Beispiel entwirft er in einem Raupenbehälter oder in einem Bassin mit jungen Fischen, die sich als positiv phototrop (lamprotrop) erweisen, ein Spektrum und findet, daß die dichteste Ansammlung in der Gegend des Gelbgrüns bis Grüns erfolgt. Die Fische empfinden diese Stelle als die hellste, ebenso wie der farbenblinde Mensch. Um die Helligkeits-

¹ Vgl. Fröbes, Lehrbuch der experim. Psychologie I (Freiburg 1915).

verteilung im Spektrum zu bestimmen, stellt er die Fische vor die Wahl zwischen einem farbigen Licht und einem farblosen weißen bzw. grauen Licht, daß er so lange in seiner Helligkeit verändert, bis die Fische sich gleichmäßig vor beiden Lichtarten verteilen, ihnen also augenscheinlich beide gleich hell erscheinen. Indem er diese Versuche für die ganze Farbenreihe durchführt, erhält er eine Kurve der Helligkeiten, die mit der des farbenblinden Menschen in auffallender Weise übereinstimmt.

Ähnliche Versuche ließen sich bei Bienen durchführen. Schon 1913 konnte Heß eine Bevorzugung von Grün bis Gelbgrün in dem Spektrumsversuch konstatieren. Er pflegt ein Versuchskästchen vor das Flugloch zu halten und die so gefangenen Bienen in die Dunkelkammer seines Laboratoriums zu bringen. Das einzige Licht bietet ihnen dann dort z. B. eine Wand, die zur Hälfte aus rotem, zur Hälfte aus blauem Glas besteht. Die Bienen eilen auf die blaue Hälfte zu, obgleich dem farbentüchtigen Menschenauge das Rot deutlich heller erscheint. Erst wenn das Rot viel heller gemacht wird als das Blau, gingen die Bienen in die rote Hälfte. Also auch hier die Merkmale eines total Farbenblinden. Später konnte er auch die entsprechende Helligkeitskurve feststellen.

Daß Heß nun von dieser Ähnlichkeit mit dem farbenblinden Menschen auf totale Farbenblindheit der Bienen schloß, ist um so mehr zu verstehen, als er zeigen konnte, daß die früheren Versuche, einen Farbensinn bei Bienen nachzuweisen, nicht den wesentlichen Unterschied zwischen Farbenunterscheiden und Farbenempfinden beachtet hatten. Auch der total farbenblinde Mensch kann Farben unterscheiden, indem er auf ihren Helligkeitswert achtet. Die Zoologie mußte, wenn sie den Einwänden der Physiologen begegnen wollte, die Experimente Lubbocks und Forels so wiederholen, daß dieser etwaige Einfluß der Helligkeit beseitigt wurde.

Der Münchner Privatdozent Karl v. Frisch unterzog sich der Aufgabe¹. Er sagte sich so: Ist ein Tier total farbenblind, so sieht es eine Farbe, sagen wir einmal ein bestimmtes Gelb, genau so wie ein Grau von bestimmter Helligkeit. In einer Serie grauer Papiere, welche in hinreichend

¹ Besonders K. v. Frisch, Über den Farbensinn der Bienen und die Blumenfarben, in Münch. med. Wochenschrift 1913, Nr. 1; Zur Frage nach dem Farbensinn der Tiere, in Verh. der Ges. Deutscher Naturf. u. Ärzte 1913; Demonstration von Versuchen z. Nachweis d. Farbensinnes u., in Verh. der Deutsch. zool. Ges. 1917; Farbensinn u. Formensinn d. Biene, im Zool. Jahrbuch XXXV (1915) 1. Diese letzte zusammenfassende Arbeit habe ich auch oben schon mehrfach benutzt.

feinen Helligkeitsabstufungen vom Weiß zum Schwarz führt, muß also ein Grau enthalten sein, das für das Tier mit dem Gelb identisch ist. Wenn man ihm nun ein gelbes Blatt in einer solchen Serie grauer Blätter von gleicher Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit vorlegt, so kann es das gelbe Blatt nicht mit Sicherheit herausfinden, es muß dasselbe mindestens mit einem der grauen Papiere verwechseln. Man muß nur das Tier veranlassen, nach der gewünschten Farbe zu suchen, und das geschieht am einfachsten durch Dressur mit Hilfe von Futter. Zuerst verwandte Frisch eine Grauserie von 30, später, als die feine Abstufung sich als überflüssig herausgestellt hatte, mit einer Serie von 15 Nummern. Diese Serie wurde in beliebiger Folge durcheinander, nicht etwa nach der Helligkeit, geordnet und bald hier, bald dort ein farbiges Blatt gleicher Größe dazwischengelegt. Dann wurde auf jedes Blatt ein Uherschälchen gestellt, aber nur die Schälchen auf den farbigen Blättern mit Zuckewasser versehen. Waren die Bienen auf die Farbe eingeflogen, so wurde die Ordnung der Blätter gewechselt, wie es auch vorher mehrfach geschehen war, die Blätter selbst wurden erneuert, alle Uherschälchen frisch mit Zuckewasser versehen und somit alle Bedingungen für die neuansfliegenden Bienen gleichgemacht bis auf die Farbe und Helligkeit. Waren sie total farbenblind, erkannten sie also die Farbe nur an ihrem Helligkeitswert, so mußten jene grauen Papiere, welche für sie den gleichen Helligkeitswert besaßen, ebenso stark besucht werden wie die farbigen. Hatten sie dagegen Farbensinn, so mußten sie die farbigen Blätter eindeutig herausfinden.

Tatsächlich fand Frisch, daß die Bienen, die auf ein Gelb dressiert waren, dieses Gelb sofort ohne Zögern aufsuchten und das Zuckewasser auf den vielen grauen Papieren gar nicht beachteten oder nur zufällig entdeckten. Als er dann nach fortgeführter Dressur zwei neue gelbe Blätter einlegte und überall reine leere Uherschälchen aufstellte, erzielte er sogar ein so eindeutiges Resultat, daß er 220 Bienen auf den beiden gelben Papieren und auf allen grauen keine einzige zählte. Ähnliche Ergebnisse lieferten blaue Blätter. Diese Versuche gelangen ihm immer. Sogar als er sämtliche Schälchen mit Zuckewasser füllte, nur die auf den blauen Blättern leer ließ, stürzten die Bienen scharenweise auf die leeren Schälchen und ließen die gefüllten zunächst ganz unbeachtet. Das Überdecken des ganzen Komplexes der farbigen und grauen Papiere durch eine Glasplatte änderte nichts an der Bevorzugung der Dressurfarbe. Dabei gab diese Anordnung die Möglichkeit, den schon angesammelten Bienenklumpen von der Dressur-

farbe zu entfernen, indem man die Glasplatte seitlich verschob. Dann bildete sich in einer halben Minute auf der Dressurfarbe ein neuer Bienenkumpen, während die Tierchen von dem alten sich verslogen. Also konnte es nicht das Beispiel der zufällig zuerst angeflogenen Biene sein, das ja bei den sozialen Hymenopteren immerhin von Bedeutung ist, das die Klumpenbildung veranlaßt hatte. Ebenso schließt ein Überdecken mit einer Glasplatte wohl den Einfluß spezifischer Gerüche des farbigen Papiers aus. Damit die Oberflächenbeschaffenheit keinen Fehler bringen könnte, wurde das Farbblatt, das zum Versuche diente, mit Firnis stark glänzend gemacht, während vorher auf Mattpapier dressiert worden war. Der Erfolg blieb der gleiche.

Heß hatte in seiner Kritik der früheren Versuche zum Nachweis eines Farbensinnes bei Bienen besonders hervorgehoben, daß farbenblinde Tiere vielleicht ein ausgezeichnetes Wahrnehmungsvermögen für feinere Helligkeitsabstufungen entwickelt hätten. Frisch versuchte deshalb mit allen Vorsichtsmaßregeln die Dressur auf Weiß, Schwarz und ein mittleres Grau. Die Dressur auf Schwarz gelang leidlich, die drei dunkelsten Papiere wurden ziemlich bevorzugt, aber die Dressur auf ein mittleres Grau und auf das hellste Grau mißlang völlig. Erst mit ganz besonderen Vorkehrungen gelang es ihm, durch Dressur auf Weiß eine Bevorzugung hellerer Blätter zu erreichen. Danach konnte von einem feinen Unterscheidungsvermögen für Helligkeitsstufen gewiß nicht die Rede sein, und die darauf basierende Erklärung, die Heß angedeutet hatte, zeigte sich als hinfällig.

Gleichzeitig hatte Heß auf die Möglichkeit hingewiesen, daß die Bienen durch den spezifischen Geruch der Versuchsfarbensubstanz geleitet würden. Aber gelegentliche Beobachtungen hatten bereits gezeigt, daß die Farbe selbst, nicht bloß die betreffenden farbigen Papiere die Bienen anzogen. So umschwärmten gelbdressierte Bienen auch einen gelben Bleistift, blaudressierte Bienen flogen auf blaue Jacken, Halsbinden, auf blaue Partien in Buntdrucken usw. Es wurde schon erwähnt, daß die Versuche mit den Farbenblättern ebenso gelangen, wenn die ganzen Serien mit einer Glascheibe überdeckt wurden. Endlich konnte Frisch seine Bienen auch auf Farbblätter dressieren, die in Glasröhren eingeschmolzen waren. Damit war der Einfluß des Geruchs sinnes doch wohl eindeutig ausgeschaltet, und es bleibt nach all den Befunden nichts übrig, als den Bienen Farbensinn zuzuschreiben.

Wie weit der Farbensinn gegenüber den einzelnen Farben des für uns sichtbaren Spektrums ausgebildet ist, das ist eine Ergänzungsfrage, deren Lösung Frisch mit der Dressurmethode in Angriff nahm. Daß Gelb

und Blau leicht wahrgenommen wurden, habe ich in den Beispielen bereits erwähnt. Ebenso gelang die Dressur auf Orangerot, Gelbgrün, Violett und Purpur. Andere Ergebnisse hatte die Dressur auf ein dunkles Rot. Als Frisch nach mehrtägiger Dressur auf dieses Rot Nr. 1 seinen Bienen ein reines Rot vorlegte, fanden sie es nicht mit Sicherheit heraus, sondern besuchten annähernd gleich stark die dunkelsten Papiere der Grauserie. Sie benahmen sich so, als wäre Rot, Schwarz und dunkles Grau etwa gleich. Ein etwas gelbstichiges Rot fanden sie schon leichter. Grasgrün wurde mit Sicherheit herausgefunden, ebenso ein Blattgrün, das mit Chlorophyllfarbstoff hergestellt war. Blaugrün dagegen wurde stets mit einem mittleren Grau verwechselt.

Aus diesen Beobachtungen wäre zu schließen, daß das für uns sichtbare Spektrum für die Bienen im Rot verkürzt ist und der Rest in zwei Teile zerfällt, die durch eine farblose Stelle im Blaugrün getrennt sind. Damit lag der Gedanke nahe, daß die Bienen überhaupt bloß zwei Farben wahrnehmen, etwa Gelb und Blau, und die Versuchsergebnisse entsprachen in etwa dieser Auffassung. Als Frisch den Tieren, die auf ein sattes Gelb dressiert waren, die ganze Farbenreihe vorlegte, wurde dieses Gelb am stärksten besucht, daneben aber auch noch in beträchtlicher Zahl die Farben, die für unser Auge mit dem Dressurgelb Ähnlichkeit haben, während die andern Farben und grauen Papiere nicht beachtet wurden. Auf gelbstichiges Rot und auf Orange dressierte Tiere gingen auf sattes Gelb mit Vorliebe. Auf Blau dressierte Bienen gingen auf Blau und Purpur. Ein feineres Unterscheidungsvermögen für Farbennuancen war trotz wiederholter Versuche nicht festzustellen. Wegen der Ähnlichkeit mit den Erfahrungen an Rotgrünblinden (Protanopen) glaubt Frisch von einer Rotgrünblindheit der Bienen sprechen zu dürfen.

Bevor auf die theoretische Besprechung der Befunde von Heß und Frisch eingegangen werden kann, muß sich das Bedürfnis geltend machen, die Versuche nachzuprüfen. Es ist mir nicht bekannt geworden, daß die Heßschen Versuche von anderer Seite wiederholt worden wären. Frisch hat einen wertvollen Beistand an dem Wiener Privatdozenten der Botanik Dr. Knoll erhalten. Knoll konnte erst kurz über seine sechs Jahre hindurch fortgesetzten Versuche berichten (1919). Er hat noch mehr wie Frisch dafür gesorgt, daß die zu den Versuchen verwendeten Bienen ganz unbehelligt in ihrer natürlichen Umgebung blieben, während er die Frage des biologischen Experiments an sie stellte.

Knoll beobachtete auf dem süddalmatinischen Karst die Bienen, die im Mai *Helianthemum ovatum* besflogen. Diese gelbe Blume war die vorherrschende Honigspenderin auf den Karsthängen und die Bienen größtenteils auf sie eingeflogen. Knoll sah nun, wie diese eingeflogenen Bienen an andere gelbe Blumen — *Leontodon*, *Crepis*, *Senecio*, *Potentilla*, *Ranunculus*, *Lotus*, *Hippocrepis* — bis in die Nähe von 1 bis $1\frac{1}{2}$ cm heransflogen. Sie setzten sich aber nicht, sondern flogen weiter zu *Helianthemum*. Genannte Blumen sind nun in der Form, dem Duft, der Größe, besonders auch dem Helligkeitswerte von *Helianthemum* und unter sich verschieden, aber stimmen darin überein, daß sie Gelb als Blütenfarbe haben, mag es auch in verschiedenen Nuancen auftreten.

Das Verhalten der Bienen wird dadurch verständlich, daß man eine Art Dressur (Knoll sagt: Bindung) auf die gelbe Farbe und den spezifischen *Helianthemum*-duft annimmt. Die „Bindung“ an Gelb äußern die Bienen durch den Anflug an gelbe Blumen verschiedener Helligkeit und verschiedenen Farbtones und durch die Vernachlässigung aller andersgefärbten und weißen Blumen. Die Geruchsbindung wirkt nur in nächster Nähe.

Später im Jahre wiederholte sich dieselbe Erscheinung, aber mit Blau und an den Blüten des Natterkopfes (*Echium*). Es trat Blaubindung auf; die Bienen flogen probeweise an andere Blaublüher, aber nie an gelbe und weiße Blumen. Knoll brachte nun aus einer entfernten Gegend Blütenstände von *Muscari*, die an ihrem Standort viel besflogen wurden, an die *Echium*-hänge. Die *Muscari*-blütenstände bestehen aus einem oberen blauen Schauapparat von sterilen Blüten und einer tiefergestellten Gruppe von blaßgefärbten, honighaltigen, fruchtbaren Blüten. Die *Echium*-bienen flogen an den Schauapparat, nicht an die Honigblumen, ein Zeichen, daß die Farbe, nicht der Geruch sie leitete. Es läßt sich ja nicht leugnen, daß ein gewisser subjektiver Faktor bei dieser Beobachtungsart zur Geltung kommen muß, aber anderseits erscheint der Gedankengang Knolls einwandfrei und somit die Gelb-Blau-Empfindung der Bienen neuerdings bewiesen. Das letzte Wort hat Knoll wohl auch noch nicht gesprochen, macht auch selber nicht Anspruch darauf. Demoll (1919, S. 282) ist schon unterschiedener: „Die positive Beweisführung von Frisch“, sagt er, „zeigt mir, daß die negative von Heß aufzugeben ist.“

Wie stimmen nun diese Befunde mit den blütenbiologischen Erfahrungen? Die Frage lag nahe, obgleich sie die Objektivität der Forschungen nicht beeinflussen durfte. Und die Antwort Frischs lautet: Jene Farben, welche

die wichtigste Blütenbestäuberin, die Biene, nicht farbig sieht, kommen in unserer Flora nur äußerst selten oder gar nicht vor. Frisch hat mehrere farbige botanische Tafelwerke durchgesehen. Nirgends fand er Blaugrün als Blumenfarbe. Der Mangel an rein roten Blumen in unserer Flora ist den Botanikern längst aufgefallen. Die Farbe der meisten rotblühenden Pflanzen (Heide, Erica und Calluna, Bienenjaug, Alpenveilchen, Alpenrose) ist ein Purpurrot, das Blau enthält. Andere rotblühende Pflanzen wurden von Schmetterlingen besogen. In den Tropen liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei uns. Es gibt eine Eigentümlichkeit der Tropen: die zahlreichen scharlachroten Blüten. Aber diese sind eben ornithophil, die berühmten Kolibr Blumen. Vögel aber nehmen Rot mit Vorzug wahr. Auch eine nach den neuen Erkenntnissen durchgeführte Revision der Saftmale an Blüten zeigt, daß die zusammengestellten Farben sich für das Bienenauge kräftig voneinander abheben. Dagegen ließ sich kein Beweis für eine Farbenvorliebe der Bienen finden. Daß die Immenblumen in der Mehrzahl blau oder purpurn sind, wird dadurch verständlich, daß sich diese Farben für Bienen am besten von dem Grün der Blätter abheben.

Das Gesamtergebnis der Untersuchungen Frischs lautet also dahin: Die Bienen haben nicht nur Farbenunterscheidung, sondern auch Farbensinn. Beim Auffuchen der Nahrung kommt ihnen neben dem Ortsgedächtnis dieser Farbensinn sowie auch ein gewisser Formensinn (die betreffenden Versuche muß ich hier übergehen) und ihr Geruchssinn zu Hilfe. Auch beim Auffuchen ihres Stocdes lassen sie sich durch die farbige Umkleidung des Flugloches leiten, so daß die alte Imkerpraxis in Ehren bleibt, welche die verschiedenen Anflugbrettchen durch wechselnde Farben zu kennzeichnen pflegt.

Es leuchtet ein, daß sich die Ergebnisse der beiden Forscher in wesentlichen Punkten direkt widersprechen. Wohl allgemein stellten sich die Biologen, soweit sie zu der Frage Stellung nahmen, auf die Seite Frischs, der auf dem Freiburger Zoologentage (Pfingsten 1914) seine Versuche einem größeren Kreise von Fachgenossen vorführte. Doflein¹, v. Buttel-Reepen² sowie der Botaniker Knoll³ traten in mehr oder weniger ausführlichen Referaten für einen Farbensinn bei Bienen ein, wenn sie auch die Heßschen

¹ Der angebliche Farbensinn der Insekten, in Die Naturwissenschaften 1914, 709.

² Haben die Bienen einen Farben- und Formensinn? in Die Naturwissenschaften 1915, 80; Sind die Bienen wirklich farbenblind? ebd. 1916, 289; Leben und Wesen der Biene (Braunschweig 1915).

³ Knoll, Über Honigbienen und Blumenfarben, in Die Naturwissenschaften 1913, 349; 1919, 425.

Einwände gebührend berücksichtigt wissen wollten. Für Heß sprach sich zunächst nur der Physiolog Pütter¹ aus, aber auch nur, um bald in die abwartende Stellung zurückzugehen. Um so energischer nahm Heß selbst den Kampf gegen die Zoologen auf².

Es ist nicht möglich, im Rahmen dieser Arbeit den Gedankengängen Heß' überall nachzugehen. Die Fortführung seiner eigenen Versuche geben präzisere Resultate, es werden eine Anzahl neuer Versuchsanordnungen angegeben, aber im Prinzip bieten sie nichts Neues. Heß findet, daß die Bienen ein ähnlich feines Unterscheidungsvermögen für Helligkeiten haben wie der Mensch, wenn ihnen die beiden Helligkeitswerte gleichzeitig geboten werden. Gegen die Theorie von der Rotgrünblindheit der Bienen richtet sich das Ergebnis der mit verschiedenen Apparaten durchgeführten Messungen der Helligkeitskurve. Sie entspricht weder der des normalsichtigen noch des Rotgrünblinden (Protanopen), sondern der Kurve des total farbenblinden Menschen.

Am unbequemsten ist Heß das positive Ergebnis der Dressurversuche. Die Kritik, die er an denselben übt, ist zunächst nicht unberechtigt, sondern sehr dankenswert, da sie die Zoologen zwang, ihre Versuche mit Ausschaltung aller Fehlerquellen zu wiederholen. Trotzdem gelangen die Versuche Frischs weiter. Heß wiederholt selbst die Dressuren, aber mit gegenteiligem Erfolg. Er findet, daß dressierte Tiere einen gelben Bleistift und blaue Sachen nur umschwärmen, wenn diese mit Honig beschmukt werden. Er läßt sich die Farben, womit die farbigen Blätter hergestellt werden, kommen und stellt deutliche Unterschiede im Geruch fest. Er experimentiert über Klumpenbildung beim Bienenanflug und findet, daß die Zahl der anfliegenden Bienen ohne jeden Wert ist, wenn man die Anziehungskraft der Farbe beurteilen will. Dazu bezweifelt er, daß die Bienen, die bei den Versuchen Frischs zuflogen, überhaupt dressierte Tiere waren. Bei eigenen Versuchen findet er, daß die Rundschaft sehr wechselt. Seine eigentlichen Farbdressuren ergaben nur negative Resultate. Bienen, die auf den verschiedensten blauen Gegenständen, Blumen, Papier, Tuchstücken, dauernd Honig gefunden hatten, gingen bei dem entscheidenden Versuch nur dem Honig und gar nicht der Farbe nach. Auf Blau dressierte Bienen bevorzugten das Blau weder in einer Grauserie noch in einer Spektralfarbenserie. Farbige Verschlüsse des

¹ Farbensinn der Bienen, in *Die Naturwissensch.* 1914, 363 494 Anm.

² S. oben S. 149 Anm. 5, bes. 1916 1917 1918.

Flugloches führten zu keiner Beeinflussung der Bienen. So ist Heß geneigt, die positiven Erfolge der Dressur auf Versuchsfehler zurückzuführen, ja er scheint die Dressur prinzipiell zu verwerfen. In diesem Sinne werden die Ergebnisse Frischs arg zerpfückt, ja schließlich wird durch einen kleinen logischen Salto mortale herausgebracht, daß Frischs Bienen Blau mit Gelb verwechselt hätten¹. Überhaupt ist diese Arbeit 1918 teilweise arg temperamentvoll und persönlich, die Beweisführung dagegen oft wenig eingehend, so daß es nicht leicht ist, sich ein sicheres Urteil zu bilden. B. B. erzählt er bei dem ersten Versuche mit einem blaugelben Schachbrettmuster² daß er die Bienen gelegentlich sechs Wochen lang auf eine bestimmte Farbe dressiert habe, indem er sie von kleinen und großen gelben Feldern fütterte. Wenn man bedenkt, daß nur Trachtbienen für diese Dressur in Frage kommen, so entspricht diese Dressurzeit fast zwei Bienenleben, für viele Individuen gewiß mehr als zwei, und man fragt sich doch sehr, wofür eine solche Dressur, die, wenn konsequent durchgeführt, etwa bei je halbstündiger Fütterung, ganz gewaltige Ansprüche an die Ausdauer des Experimentators stellt?

Das Ergebnis des Versuches mit dem Schachbrettmuster und den „gelbdressierten“ Bienen gibt Heß so wieder: „Hat man auf einige gelbe Quadrate Nahrung gegeben, auf andere dagegen nur leere Schälchen, so gehen die Bienen nur zu den gefüllten bezw. mit Tropfen versehenen Flächen. Wird eine reine (Glas)platte ohne Zuckerrwasser aufgelegt, so gehen die Bienen niemals auf gelbe Flächen usw.“ Dieses Ergebnis ist unklar und überraschend zugleich. Gehen die Bienen nur auf Blau, oder kommen sie gar nicht wieder? Wenn letzteres der Fall ist, dann beweist das Experiment etwas zuviel, nämlich daß den Bienen außer dem Farbensinn auch noch das Ortsgedächtnis plötzlich abhanden kommt.

Ein anderer Versuch: Auf einer gelben Fläche ist eine Schar Bienen an einer Lache Zuckerrwasser beschäftigt. Sobald das Zuckerrwasser zu Ende ist, fliegen alle Bienen weg, und keine kehrt zu dieser gelben Fläche zurück, wohl aber zu andern, auch andersfarbigen, sofern sie hier Zuckerrwasser finden.

Ein weiß-schwarzes Schachbrettmuster erlaubte die Feststellung, daß auch eine Dressur auf weiße Felder unmöglich war. Heß' Dressuren würden also beweisen, daß den Bienen auch jedweder Helligkeitssinn fehlt. Deshalb verwirft Heß die gesamte Dressurmethode.

¹ Heß (1918) 351.

² Ebb. (1918) 356.

Gegen die Technik der Heßschen Dressuren hat Frisch einige Einwände erhoben, die nicht unberechtigt zu sein scheinen. Seine Fluglochversuche wurden ebenfalls kritisiert. Mit weniger Glück führt von Buttel-Reepen gegen die Heßsche Methode die Befunde ins Feld, die Fröhlich über die Aktionsströme an Cephalopodenaugen veröffentlicht hat, die für Tintenfische gerade das Gegenteil beweisen sollen von dem, was Heß mit seinen Messungen der spektralen Helligkeit zu konstruieren vermeinte. Die Beziehungen dieser Aktionsströme zu den psychischen Qualitäten sind tatsächlich zu unklar, wie Heß mit Recht betont. Zum Beispiel sollen diese Rezhautströme von der Temperatur abhängig sein, was man von der Farbenempfindung doch ungern annehmen möchte.

Endlich hat man von verschiedenen Seiten den Zusammenhang zwischen der Verschiebung des Helligkeitsmaximums und der totalen Farbenblindheit bestritten, der das Schlußglied in dem Heßschen Beweise bildet. Diese Meinung, ein Tier könne die Reaktionen auf Farbenblindheit zeigen und trotzdem Farbensinn haben, wirkt auf Heß „nicht anders, wie auf den Chemiker die Meinung wirken würde, eine Flüssigkeit, welche die für Wasser charakteristischen Reaktionen zeigt, könne doch auch Öl oder Quecksilber sein“. Das ist natürlich eine Übertreibung, denn erstens handelt es sich im Prinzip um nur eine Reaktion, und dann bleibt die Frage, ob diese Reaktion charakteristisch ist. Für die menschliche Farbenblindheit ist sie ein charakteristisches Zeichen, ist sie es auch für alle andern denkbaren Augen, oder besser, ist sie es für alle andern denkbaren psychischen Substrate? Denn schließlich sind Helligkeit und Farbe nur Qualitäten des psychischen Aktes. Heß sagt zwar: „Der Einfluß der verschiedenen farbigen Empfindungsanteile auf die Helligkeit der Gesamtempfindung ist selbstverständlich nur von der Art des farbigen Empfindungsanteils, nicht aber von der Art des eben untersuchten Sehorgans abhängig, also auch unabhängig davon, ob es sich um ein Menschen- oder Tierauge handelt.“ Aber dieser Satz, den Heß gesperrt druckt, beweist doch wohl nichts für noch gegen ihn, es sei denn, daß er voraussetzt, daß alle psychischen Agentien in der Welt wesentlich gleich wären. Also legen die Ergebnisse Heß' den Schluß auf Farbenblindheit zwar nahe, erheben ihn aber nicht zu einem strengen Beweise.

Daß Heß selbst von den Dressuren nichts wissen will, daß er dagegen seine messenden Methoden als allein wissenschaftlich betrachtet, das ist in Rücksicht auf seine Arbeitsweise und seine Erfolge einigermaßen verständlich.

Hat er doch diese Methoden nicht bloß auf Bienen angewandt, sondern das ganze Tierreich in seine Untersuchungen hineinbezogen: Säugetiere, Vögel, Kriechtiere, Lurche, Fische, Tintenfische, Bienen, Schmetterlinge, Raupen, Krebse, Würmer, Hohltiere. Seine Methoden sind dabei den besprochenen ähnlich und im Prinzip fast alle gleich. Es handelt sich eben um den Vergleich der Helligkeitskurve des betreffenden Tieres mit der des Menschen. Heß schreibt eigentlich nur den Affen ein normales Farbensehen zu; Vögel und Reptilien sind blaublind, die Lurche dagegen könnten ihrer Helligkeitskurve nach wieder normalichtig sein. Die Fische und alle andern Tiere sind total farbenblind. Dementsprechend sind fast alle Farben in der Natur, insofern sie gesehen werden müssen, ohne Bedeutung. „Schmuckfarben“ der Vögel, der Fische, der Schmetterlinge, „Schutzfarben“ der Fische, Vögel, Krebse, „Hochzeitsfarben“ der Vögel und Fische, die „Anlockungsfarben“ der Blumen sind reine Gedankendinge, menschliche Anschauungsweisen von nur poetischem Wert. Nur einigen Warnfarben bei Schmetterlingen und Amphibien könnte eine beschränkte Bedeutung zugemessen werden und das Rot und Blau des Pavians¹ wäre der letzte traurige Rest der „Schmuckfärbung“.

Wenn es sich um Dunkeltiere handelt, wie Rabe und Kaninchen, kann man das Zurücktreten des Farbensinnes verstehen. Auch das Wasser bietet für das Farbensehen viele Schwierigkeiten. All die feenhafteste Pracht der unterseeischen Gärten ist in größerer Tiefe in ein einförmiges blaugraues Licht getaucht. Aber bei den Bienen haben wir es mit Lusttieren, echten Sonnenkindern zu tun, welche mit hochentwickeltesten Augen ausgestattet sind.

Es wäre natürlich sehr zu begrüßen, wenn man von der Konstruktion der Netzhautelemente aus einen Schluß auf die Art der Farbenwahrnehmung machen könnte, aber leider sind wir noch nicht so weit. Also ist weder aus dem Vergleich mit verwandten Tiergruppen noch aus den anatomischen Befunden etwas für oder wider die Farbenwahrnehmung der Bienen zu entnehmen.

Als Ergebnis der bisherigen Untersuchungen dürfte vielleicht folgendes gelten können: Nach den Versuchen Frißch ist sicher, daß die Bienen Blau und Gelb als Farben sehen können und dafür auch Farbgedächtnis haben, da sie dieselbe Farbe wiederfinden. Dagegen haben sie kein fein abgestuftes Helligkeitsempfinden oder wenigstens kein ausgebildetes Helligkeits-

¹ Heß (1917) 415.

gedächtnis. Letzteres ist, wie mir scheinen will, auch von vornherein nicht anzunehmen, da ja jede Beschattung durch ein Wölkchen, jede seitliche Wendung einer weißen Blume durch einen Lufthauch die Helligkeit ändert. Prinzipiell ist gegen die Dressurmethode kaum etwas einzuwenden, die Erfolge sind da. Heß' Mißerfolge beweisen nur, daß seine Versuchsbedingungen weniger geeignet waren, aber durchaus nicht, daß sie allein einwandfrei sind. Die Dressurversuche mit den andern Farben außer Blau und Gelb erzielten ein weniger eindeutiges Resultat, deshalb erscheint die Rotgrünblindheit der Bienen noch nicht endgültig bewiesen zu sein. Also im ganzen sprechen die Dressurversuche für einen beschränkten Farbensinn.

Andererseits bleibt es das Verdienst Heß', die Verschiebung des Helligkeitsmaximums nach dem kurzwelligen Ende hin festgestellt zu haben; das spricht für totale Farbenblindheit und gegen Normalichtigkeit sowohl als auch gegen Rotgrünblindheit. Diese Versuchsergebnisse Heß' wurden meines Wissens weder nachgeprüft noch bestritten.

Bisher wurde von Buttel-Reepen¹ die Lösung angeregt, daß dunkel-adaptierte Bienen (ebenso wie der dunkeladaptierte Mensch) sich nach Heß verhalten, helladaptierte nach Frisch. Heß aber betonte, daß er mit helladaptierten Bienen dieselben Resultate erhalte. Man hat darauf aufmerksam gemacht, daß Heß nur mit Fluchtbewegungen der Bienen arbeitet, bei denen die Tiere einen ganz ausgesprochenen Zug zur hellsten Stelle zeigen. Frisch dagegen arbeitet bei seinen Dressuren mit Anlockung und findet dabei den Zug zur Farbe. Wenn man nun weiß, daß Bienen durch viel harmlosere Einflüsse, wie sie das Einsperren darstellt, durch reiche Tracht, durch Schwarmlust zur Vernachlässigung der Farbenempfindung verleitet werden, so scheint die Lösung darin geboten zu sein, daß die Biene bei Schreckbewegungen nur den Helligkeitssinn einschaltet. Es ist wohl nicht ohne Belang, was Heß mitteilt, die frisch vom Stocke geholten Bienen hätten nur 10—20 Minuten lang die Neigung gezeigt, zum Hellen zu gehen². Danach setzten sie sich an irgendeiner Stelle fest und reagierten auch auf größere Lichtstärken nicht mehr. Man könnte die Annahme machen, daß etwa zehn Minuten lang die Schreckhaltung aufrechterhalten würde³.

¹ Vgl. oben S. 156 Anm. 2 (1916).

² Heß (1916) 295.

³ Man kann auch an Ermüdung denken. Dafür ist die Zeit aber sehr kurz. Hummeln, bes. Psithyrus und solitäre Bienen, ermüden nach meinen Beobachtungen oft in Stunden nicht.

Nun liegt der Gedanke nahe, daß die beiden Arten von Sehorganen, die Komplexaugen und die Stirnozellen, die Funktionen des Farbensiehens und des Helligkeitssehens unter sich geteilt hätten. Beim Helligkeitsinn wäre da vielleicht an die Ozellen zu denken. Das Experiment Heß', der Bienen auf einem hellen Ausschnitt im Boden des Versuchskastens sich ansammeln sah, beweist wohl nichts gegen diese Anschauung; denn wenn der Boden hell beleuchtet ist, ist die ganze Hälfte des Versuchsgefäßes, die über dem hellen Bodenausschnitt liegt, heller als die andere.

Leider ist die Frage nach der Funktion der Stirnozellen noch durchaus nicht geklärt. Es ist in den letzten Jahren eine große zusammenfassende und kritisch sondernde Arbeit von Demoll und Scheuring¹ erschienen, welche mit dem Ergebnis abschließt, daß durch das Zusammenspiel von Ozellen und Komplexaugen eine Lokalisation ermöglicht werden soll. Buttet-Reepen hat sich zu dieser Ansicht auch geäußert², glaubt aber seine frühere Vermutung festhalten zu sollen, daß die Ozellen jedenfalls auch für das Dämmerungssehen von Bedeutung sind. Es sind eine Anzahl Nachtimmen bekannt geworden, die sich gerade durch die Größe der Ozellen auszeichnen³. Soviel ich weiß, hat zuerst Prof. Hesse (Bonn) darauf hingewiesen⁴, wieviel geeigneter die verhältnismäßig großlinfige Ozelle zum Dämmerungssehen ist, wie die lichtschwache Teillinse eines Facettenauges, ein Vorzug, der sich wohl auch noch dem Superpositionsauge gegenüber zur Geltung bringt. Also dürfte die angegebene Lösung nicht ohne weiteres abzulehnen sein, daß die Ozellen der Biene farbenblind, die Komplexaugen farben-tüchtig sind. Der Widerstreit über den Helligkeitsinn der Bienen könnte sich so schlichten lassen, daß es sich bei den Versuchen Heß' um das Unterscheiden zweier gleichzeitig gebotener Helligkeitsstufen handelt, bei den Versuchen Frischs um das Wiedererkennen einer bestimmten Stufe, im einen Falle Helligkeitsunterscheidung, im andern Helligkeitsgedächtnis.

Jedenfalls sind durch diese Untersuchungen der letzten Jahre manche unserer Erkenntnisse präzisiert worden. Und es ist unbestreitbar das große Verdienst Heß', auf die Mängel der bisherigen Untersuchungsmethoden

¹ Demoll und Scheuring, Die Bedeutung der Ozellen der Insekten, im Zool. Jahrb. Phys. XXXI (1912) 519.

² Vgl. oben S. 156 Anm. 2 (1915).

³ Auch unter den Libellen, auf die Demoll und Scheuring verweisen, gibt es Dämmerungstiere, z. B. *Aeschna viridis*.

⁴ H. Hesse und Doflein, Tierbau und Tierleben I (Leipzig 1910) 698.

hingewiesen und eine sorgfältigere Nachprüfung veranlaßt zu haben. Aber daß seine Ansicht so weit begründet ist, daß man nun fast alle bisherigen Anschauungen über die biologische Bedeutung der Farben verwerfen müßte, das wird manchem „Laien“ doch sehr zweifelhaft erscheinen. Auf die Bedeutung der Farben für die geschlechtliche Zuchtwahl haben schon sehr viele und wohl der nüchternere Teil der Biologen lange vor Heß gern verzichtet. Schutz- und Warnfarben will ja auch Heß nicht ganz aus der Welt schaffen.

Um so gründlicher werden durch ihn alle Blumenfarben entwertet. Wieder kann zugegeben werden, daß manche Blumenfärbungen mit mehr Phantasie wie Respekt vor den Tatsachen gedeutet worden sind. Anderseits aber leugnet kaum der eingefleischteste Antiteleolog, daß bei den Blumen eine gewisse Anzahl von Einrichtungen der Insekten wegen da sind. Es ist schwer anzunehmen, daß Farben, deren Wert als Lockungsmittel usw. wir gleich gut zu durchschauen meinen, ganz bedeutungslos sein sollen. Man hat sich natürlich beeilt, für die Blumenfarben andere Aufgaben herauszufinden. Es dürfte geraten sein, die endgültige Stellungnahme von neuen Versuchen an Bienen und andern Blumenbestäubern abhängig zu machen und somit noch mit der letzten Entscheidung zu warten. So lange darf denn auch des alten Sprengel Lehre über die Blumenfarben sich nicht bloß als historisches Kuriosum, sondern wie bisher mindestens als heuristische Theorie in Ehren sehen lassen.

Franz Heselhaus S. J.