- Schinz, H. und Keller, R., 1900. Flora der Schweiz. Zürich.
- Schulz, A., 1890. Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinrichtungen und Geschlechtsverteilung bei den Pflanzen. II. Biblioth. Botan. Heft 17.
- Sprecher, A., 1913. Recherches sur la variabilité des sexes chez *Cannabis sativa* L. et *Rumex Acetosa* L. Ann. Scienc. Natur. Botan. 9^e série, XVII, S. 254.
- Strasburger, E., 1900. Versuche mit diözischen Pflanzen in Rücksicht auf Geschlechtsverteilung. Biol. Zentralbl. XX, S. 657.
- 1910. Über geschlechtsbestimmende Ursachen. Jahrb. f. wiss. Bot., XLVIII, S. 428.
- Westergaard, H., 1901. Die Lehre von der Mortalität und Morbilität. II. Aufl. Jena.

Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der Bienen.

Von K. v. Frisch, München.

In einer kürzlich erschienenen Abhandlung hat C. v. Heß (12) meine Versuche über den Farbensinn der Bienen in einer Weise angegriffen, die ich nicht stillschweigend hinnehmen kann.

Sehr ungern entschieße ich mich zu dieser Auseinandersetzung rein polemischer Natur. Neue Versuche habe ich nicht mitzuteilen. Zu solchen liegt kein Anlaß vor. Denn v. Heß bringt keinen einzigen Einwand, der durch eine gewisse Berechtigung zu einer Wiederholung oder Modifikation meiner Versuche herausfordern würde. Und doch kann ein Leser seiner Schrift, wenn er nicht gleichzeitig meine Arbeit über den Farbensinn und Formensinn der Biene (6) vornimmt und Seite für Seite vergleicht, was ich tatsächlich gefunden habe und wie es v. Heß darstellt, den Eindruck gewinnen, als wären mir grobe Versuchsfehler unterlaufen und als wären meine Schlußfolgerungen nicht gerechtfertigt. Wie es ihm gelingen kann, diesen Eindruck zu erwecken, sollen die folgenden Zeilen klar machen.

Ich weiß, daß ich v. Heß nicht überzeugen werde. Ich habe es schon bei früherer Gelegenheit erfahren, daß er Tatsachen, die mit seiner Überzeugung nicht vereinbar sind, einfach in Abrede stellt. Aber vielleicht kann ich durch meine Ausführungen manchen Leser, der die Frage nach einem Farbensinn der Biene noch für unentschieden hält, dazu veranlassen, daß er die von C. v. Heß und von mir publizierten Versuche aufmerksam vergleicht. Er wird dann finden, daß nicht das tatsächliche Ergebnis, zu welchem v. Heß in seinen langjährigen Untersuchungen immer wieder geführt wurde, sondern nur seine Deutung desselben mit den von mir gefundenen Tatsachen in schroffem Widerspruche steht.

Um das Folgende verständlich zu machen, wird es gut sein, wenn ich zunächst das Wesentliche der v. Heß'schen und meiner Beweisführung in Erinnerung bringe.

v. Heß knüpft an die Tatsache an, daß die Helligkeitsverteilung im Spektrum für das normale, farhentüchtige Menschenauge eine andere ist als für das total farbenblinde Menschenauge. Während dem farhentüchtigen Menschenauge das Spektrum im Gelb am hellsten erscheint, ist für den total Farbenblinden die hellste Stelle nach dem Gelbgrün bis Grün verschoben, ferner ist für den total farbenblinden Menschen das Spektrum an seinem langwelligen Ende verkürzt. Man kann die relativen Helligkeiten aller Farben messend bestimmen und erhält so für das farhentüchtige Menschenauge eine Kurve der Helligkeitsverteilung im Spektrum, die von der entsprechenden Kurve für das total farbenblinde Menschenauge in charakteristischer Weise verschieden ist. v. Heß trachtete an zahlreichen Tierarten durch sinnreiche Versuchsanordnungen, insbesondere unter Benützung der phototaktischen Reaktionen, die Helligkeitsverteilung im Spektrum festzustellen und fand bei den Fischen und bei allen von ihm untersuchten wirbellosen Tieren (darunter Bienen) die für den total farbenblinden Menschen charakteristische Verkürzung des Spektrums am langwelligen Ende und die Verschiebung der hellsten Stelle nach dem Gelbgrün bis Grün. Durch messende Bestimmungen gelangte er für die genannten Tiere zu einer Kurve der Helligkeitsverteilung im Spektrum, welche mit der entsprechenden Kurve für das total farbenblinde Menschenauge auffällig übereinstimmt. Er schloß daraus, daß diese Tiere total farbenblind seien.

Ich habe die Überzeugung geäußert, daß der Schluß nicht zwingend sei. Wenn für den total farbenblinden Menschen eine bestimmte Helligkeitsverteilung im Spektrum charakteristisch ist, muß nicht jedes Wesen, für welches die gleiche Kurve der Helligkeitsverteilung gilt, total farbenblind sein. v. Heß sucht zwar diese Ansicht bloßzustellen, indem er sagt, ich hätte es als unzulässigen Analogieschluß bezeichnet, daß er „ein Wesen, das die Merkmale der totalen Farbenblindheit zeigt, als total farbenblind betrachte“ (12, p. 345). v. Heß hat aber nicht gefunden, daß die betreffenden Wesen **die Merkmale** der totalen Farbenblindheit, sondern daß sie **ein Merkmal** der totalen Farbenblindheit **des Menschen** zeigen, nämlich die für den total farbenblinden Menschen charakteristische Helligkeitsverteilung im Spektrum¹⁾.

1) v. Heß betont besonders das Fehlen des Purkinje'schen Phänomenes bei den Bienen und anderen wirbellosen Tieren. Dies kann aber nur als spezielles Beispiel für die Übereinstimmung des Helligkeitssinnes jener Tiere mit dem des total farbenblinden Menschen, und nicht als gesondertes Argument betrachtet werden.

Als das wesentliche Merkmal totaler Farbenblindheit kann nicht gelten, daß die Farben in einer bestimmten relativen Helligkeit erscheinen, sondern daß die Farben nur nach ihrer Helligkeit, nicht nach ihrer Qualität unterschieden werden (vgl. meine Ausführungen [6] p. 8).

Es ist bemerkenswert, daß v. Heß in seiner ersten Mitteilung über den Lichtsinn bei Fischen (7) seine Schlußfolgerungen wesentlich vorsichtiger formuliert hat als später. Er schreibt dort (p. 35): „Alle von uns bisher ermittelten Tatsachen würden gut in Einklang stehen mit der Annahme, daß die untersuchten Fische total farbenblind seien, ja, nach einer solchen Annahme hätte man das tatsächlich gefundene Verhalten in allen Einzelheiten voraussagen können. Ein bei ihnen etwa doch vorhandener Farbensinn müßte jedenfalls mindestens hinsichtlich der Helligkeitsverhältnisse der von ihnen gesehenen Farben wesentlich anders geartet sein als der menschliche.“ In seinen zahlreichen späteren Arbeiten hat er seine Versuche auf wirbellose Tiere ausgedehnt und die Untersuchungsmethoden vervollkommen. Die tatsächliche Grundlage seiner Schlußfolgerungen aber bleibt dieselbe²⁾: Die Übereinstimmung des Helligkeitssinnes jener Tiere mit dem des total farbenblinden Menschen. Trotzdem weist er später jene Möglichkeit schroff zurück, die er selbst in den oben zitierten Sätzen zugegeben hat: daß jene Tiere einen Farbensinn haben, der hinsichtlich der Helligkeitsverhältnisse anders geartet ist als der menschliche. Er meint jetzt den „objektiven Nachweis der totalen Farbenblindheit der Bienen“ erbracht zu haben, indem er zeigt, daß die Helligkeitswerte der Farben für die Bienen die gleichen sind wie für den total farbenblinden Menschen (10, p. 307 ff.).

Da für mich diese Schlußfolgerung nicht überzeugend war, suchte ich die Frage nach einem Farbensinn der Biene auf andere Weise zu entscheiden. Ich ging von folgender Überlegung aus: „Ist ein Tier total farbenblind, so sieht es eine Farbe, sagen wir ein Gelb, genau so wie ein Grau von bestimmter Helligkeit. In einer Serie grauer Papiere, welche in hinreichend feinen Helligkeitsabstufungen von Weiß bis zu Schwarz führt, muß also ein Grau enthalten sein, welches 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

Denn wenn für ein Tier, so wie für den total farbenblinden Menschen, die Farben bei jedem Adaptationszustand denselben relativen Helligkeitswert haben, können wir kein Purkinje'sches Phänomen erwarten.

2) Von seinen mißglückten Dressurversuchen sehe ich hier ab. Ich komme später auf sie zu sprechen.

Blätter verwechseln. Man muß nur das Tier veranlassen, nach der gewünschten Farbe zu suchen, und dies geschieht am einfachsten durch Dressur mit Hilfe von Futter“ (6, p. 10).

Ich habe nun Bienen auf verschiedentliche Farben dressiert und nachgewiesen, daß sie Orangerot, Gelb, ein gelbliches Grün, Blau, Violett, Purpurrot mit Sicherheit von allen Grauabstufungen unterscheiden. Sie haben somit Farbensinn.

Ich konnte aber auch zeigen, daß sie ein Rot, wie es auf Taf. 5 meiner Arbeit (6) unter Nr. 1 aufgeklebt ist, mit Schwarz, daß sie Blaugrün (Taf. 5, Nr. 10 und 11) mit Grau verwechseln; daß sie ferner innerhalb der „warmen“ und „kalten“ Farben zu einer Unterscheidung der Farbenabstufungen nicht befähigt sind, daß sie einerseits Orangerot mit Gelb und Grün, andererseits Blau mit Violett und Purpurrot verwechseln. „Das Verhalten der Bienen . . . erinnert sehr an die Symptome, die für rot-grünblinde Menschen, und zwar für die Protanopen . . . charakteristisch sind“ (6, p. 42).

Dies mag genügen, um die Art meiner Versuche in Erinnerung zu bringen. Alles Nähere, insbesondere die Einzelheiten der Versuchsanordnung und die Widerlegung verschiedener Einwände, findet man in meiner Abhandlung (6) ausführlich dargestellt.

Ich habe nicht die Absicht, auf all die Wendungen und Redensarten der v. Heß'schen Schrift einzugehen, die mein Verhalten und meine Äußerungen in ein falsches Licht setzen. Ich will mich vielmehr, um diese Auseinandersetzung nicht länger zu gestalten, als im Interesse der Sache notwendig ist, auf die für die Beweisführung wesentlichen Punkte beschränken. Eines möchte ich aber doch richtigstellen, bevor ich auf die sachlichen Einwände zu sprechen komme. v. Heß schrieb von mir schon 1913 (9, p. 85): „Er schließt sich zwar hinsichtlich des Rot bereits durchaus meiner Darstellung an . . .“ und gebraucht in seinen neuesten Publikationen (12, p. 347; vgl. auch 11, p. 411) die Wendung, daß ich für die Bienen „bereits Rot-Grünblindheit zugegeben“ hätte. Es erweckt dies den Eindruck, als hätte ich einen Teil meiner früheren Angaben zurückgezogen. Das trifft nicht zu. Ich habe niemals behauptet oder auch nur als wahrscheinlich hingestellt, daß der Farbensinn der Biene mit dem des normalen, farbentüchtigen Menschen übereinstimme.

Seine sachlichen Einwände beginnt v. Heß mit der überraschenden Behauptung, **meine Protokolle zeigen, daß die Bienen „sattes Blau und Gelb nicht von Grau, also auch Blau nicht von Gelb unterscheiden können“** (12, p. 347).

Ich frage v. Heß zunächst, wie er diese Behauptung aufstellen kann, nachdem er aus meinen Protokollen ersehen mußte, daß die auf Gelb dressierten Bienen bei allen 7 Versuchen³⁾, bei welchen ihnen ein gelbes Papier in der gesamten Grauserie vorgelegt wurde, das Gelb herausgefunden und von allen Grauabstufungen unterschieden haben, daß ferner die auf Blau dressierten Bienen bei allen 15 Versuchen⁴⁾, bei welchen ihnen ein blaues Papier in der gesamten Grauserie vorgelegt wurde, das Blau herausgefunden und von allen Grauabstufungen unterschieden haben, daß ferner die auf Gelb dressierten Bienen bei allen 8 Versuchen⁵⁾, bei welchen ihnen die gesamte Farbenseerie vorgelegt wurde, die gelben Papiere gegenüber den blauen und purpurfarbigen in überwältigender Mehrheit besuchten, daß schließlich die auf Blau dressierten Bienen bei den 26 Versuchen⁶⁾, bei welchen ihnen die gesamte Farben-Serie vorgelegt wurde, in 25 Fällen die blauen und purpurfarbigen Papiere ebenso entschieden gegenüber den gelben bevorzugten (nur in einem Falle wurde ein gelbes Papier relativ stark besucht, diese Ausnahme war durch die näheren Umstände leicht erklärlich, vgl. unten S. 132)⁷⁾.

v. Heß übergeht denn auch diese Tatsachen mit Stillschweigen und schlägt einen beträchtlichen Umweg ein, um seine Behauptung zu begründen. Um aus meinen Protokollen nachzuweisen, daß die Bienen Blau und Gelb nicht von Grau unterschieden hätten, sieht

3) Vgl. (6), p. 12—14 (3 Versuche), p. 26 (1 Versuch), ferner Tabelle 36—38.

4) Vgl. (6), p. 14 (1 Vers.), p. 23 ff. (2 Vers.), p. 26 ff. (2 Vers.), ferner Tabelle 84, 88—91, 96, 102, 104, 111, 112.

5) Vgl. (6), Tabelle 36—43.

6) Vgl. (6), Tabelle 81—83, 85—94, 105—110, 113—119.

7) v. Heß will, wie aus seiner Anm. 2, p. 353 (12) hervorgeht, alle jene Versuche nicht gelten lassen, bei welchen die Farben nicht unter Glas dargeboten wurden und bei welchen daher ein etwaiger Einfluß eines (für uns nicht wahrnehmbaren) Duftes der farbigen Papiere nicht ausgeschaltet war. Dazu ist zu bemerken: Erstens: Bei den oben erwähnten Versuchen wurden — eben mit Rücksicht auf die Möglichkeit eines solchen Einflusses — in 18 Fällen die Papiere unter Glas dargeboten. Die eindeutigen Resultate dieser 18 Versuche allein würden genügen, um das zu beweisen, was v. Heß nicht zugeben will. Zweitens: Sehr häufig, z. B. auch bei meiner Freiburger und Münchner Demonstration der Versuche (vgl. [5]. ferner [6] p. 22 ff., p. 27 ff. etc.) bin ich so vorgegangen, daß ich die Bienen auf ein unbedecktes farbiges Papier dressierte und dann unmittelbar vor Versuchsbeginn alle Papiere mit einer Glasplatte bedeckte. Wenn der Dressurerfolg bei Verwendung unbedeckter Papiere auf einen Duft der Dressurfarbe zurückzuführen ist, so muß dieser Erfolg natürlich ausbleiben, sobald vor Versuchsbeginn eine Glasplatte über die Papiere gedeckt wird. Der Erfolg ist aber unter diesen Umständen genau derselbe wie in jenen Fällen, wo keine Glasplatte über die Papiere gedeckt wird. Das Erkennen der Dressurfarbe von seiten der Bienen ist daher nicht auf einen dem farbigen Papier anhaftenden Duft zurückzuführen, und darum sind auch die ohne Anwendung von Glas durchgeführten Versuche verwertbar. Ich dachte, daß dies aus meiner früheren Darstellung (6, p. 22—27) deutlich genug hervorgeht.

er nicht in den Protokollen nach, ob die Bienen tatsächlich Blau und Gelb von Grau unterschieden haben, sondern macht Versuche an rotblinden Menschen nach der Methode der Kreisgleichungen. Er trägt dadurch Verwirrung in an sich klare Fragen und es ist nicht meine Schuld, wenn ich nun einen beträchtlichen Raum beanspruchen muss, um seine Ausführungen zu widerlegen.

v. Hess macht die Versuche am Rotblinden in Hinblick auf meine Angabe, der Farbensinn der Biene zeige in allen wesentlichen Punkten Übereinstimmung mit dem eines rotblinden (protanopen) Menschen.

Er befestigt auf einem Farbenkreisel eine kleine Scheibe des purpurroten Papiere, welches die Bienen mit Blau verwechselt haben. Dahinter bringt er drei größere, radiär aufgeschlitzte und ineinandergesteckte Scheiben von mattschwarzem, mattweißem und sattblauem Papier an und variiert die Größe der Sektoren dieser Scheiben solange, bis beim Rotieren des Kreisels für den rotblinden Menschen eine genaue Gleichung zwischen dem Purpurrot der inneren Scheibe und dem weißlichen Blau des äußeren Ringes entsteht. Er findet:

$$360^\circ \text{ Bläulichrot} = 27^\circ \text{ Blau} + 28^\circ \text{ Weiß} + 305^\circ \text{ Schwarz.}$$

Dann wählt er zu einem analogen Versuch statt des purpurroten Papiere das blaugrüne Papier, welches den Bienen nach meinen Versuchen farblos grau erscheint⁸⁾. Er findet:

$$360^\circ \text{ Blaugrün} = 82^\circ \text{ Blau} + 89^\circ \text{ Weiß} + 189^\circ \text{ Schwarz.}$$

Resultat: Während die Bienen ein gewisses Blaugrün mit Grau, Purpurrot aber mit Blau verwechselt haben, sieht der rotblinde Mensch das betreffende Blaugrün gesättigter blau als das Purpurrot.

„Die Bienen sollen also ein sehr ungesättigtes, weißliches bzw. grauliches Blau⁹⁾ von Grau scharf unterscheiden, während sie es mit einem sehr gesättigten Blau „völlig verwechseln“; dagegen soll ein gesättigteres, schöneres Blau¹⁰⁾ für sie mit diesem Blau keine Ähnlichkeit haben, obschon sie es mit dem ihm viel weniger ähnlichen Grau verwechseln. Das ist natürlich ein Unding.“

Durch weitere entsprechende Versuche findet er, daß jenes Rot, welches die Bienen mit Schwarz verwechselt haben, dem rotblinden Menschen deutlicher gelb erscheint als jenes grasgrüne Papier, welches die Bienen mit Gelb verwechselt haben.

„Auch hier haben also in v. Frisch's „Dressur“versuchen

8) Ich habe für die zwei blaugrünen Papiere Nr. 10 und Nr. 11 der Hering'schen Farbenserie angegeben, daß sie die Bienen von Grau nicht unterscheiden lernen. v. Hess sagt nicht, welches der beiden Papiere er benützt hat.

9) NB.: Gemeint ist das Purpurrot.

10) NB.: Gemeint ist das Blaugrün.

die Bienen ein sehr ungesättigtes Gelb mit sattem Gelb, dagegen ein beträchtlich gesättigteres Gelb mit Grau verwechselt.

„Wenn aber die Bienen einerseits ein weißliches Blau und Gelb mit Grau und anderseits ein noch weißlicheres Blau bzw. Gelb mit gesättigtem Blau bzw. Gelb verwechseln, so ist damit der Beweis erbracht, daß sie auch sattes Blau und Gelb mit Grau und somit auch sattes Blau mit sattem Gelb verwechseln“ (12, p. 348 bis 351).

Ich will im folgenden voraussetzen, daß die obigen Kreisgleichungen für alle rotblinden (protanopen) Menschen zutreffen¹¹⁾.

v. Heß scheint nicht zu bemerken, daß seine „Beweisführung“ nur dann berechtigt wäre, wenn ich behauptet hätte, daß der Farbensinn der Biene in allen Einzelheiten mit dem Farbensinn des rotblinden Menschen übereinstimmt. Tatsächlich habe ich mich aber folgendermaßen ausgedrückt: „Das Verhalten der Bienen bei den in diesem Kapitel geschilderten Versuchen erinnert sehr an die Symptome, die für rot-grün-blinde Menschen, und zwar für die Protanopen . . . charakteristisch sind“ (6, p. 42). Ich machte weiter-

11) Ich will aber auch nicht verhehlen, daß ich an einem rotblinden Menschen zum Teil wesentlich andere Werte erhalten habe.

Herr Dr. J. Rosmanit in Wien, Chefarzt der Südbahn, gab mir Gelegenheit, den betreffenden Rotblinden zu untersuchen. Es sei ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt. Er hatte persönlich seinen Farbensinn geprüft und typische Protanopie gefunden.

Für das blaugrüne Papier (Blaugrün Nr. 11 der Hering'schen Farbenserie) erhielt ich eine Gleichung, die mit jener, die v. Heß an seinem Rotblinden gefunden hat, angenähert übereinstimmt. Die Blau-Anteile stimmen sogar genau überein. Ich fand:

$$360^\circ \text{ Blaugrün} = 82^\circ \text{ Blau} + 77^\circ \text{ Weiß} + 201^\circ \text{ Schwarz.}$$

Als ich aber neben dem purpurroten Papier auf dem Farbkreis, entsprechend den Angaben von v. Heß, $27^\circ \text{ Blau} + 28^\circ \text{ Weiß} + 305^\circ \text{ Schwarz}$ mischte, erklärte der Rotblinde, daß diese Mischung zu wenig blau sei (ich nehme an, daß v. Heß bei diesem Versuch, ebenso wie ich, das Purpurrot Nr. 15 der Hering'schen Serie benützte, denn auf dieses bezieht sich meine von v. Heß zitierte Angabe, daß es die Bienen mit Blau völlig verwechseln [6], p. 39). Ich erhielt bei meinem Rotblinden die Gleichung:

$$360^\circ \text{ Purpurrot} = 106^\circ \text{ Blau} + 10^\circ \text{ Weiß} + 244^\circ \text{ Schwarz.}$$

Für das Rot Nr. 1 fand ich die Gleichung:

$$360^\circ \text{ Rot} = 24^\circ \text{ Gelb} + 336^\circ \text{ Schwarz.}$$

Hier stimmt wieder der Gelb-Anteil mit dem von v. Heß angegebenen Wert genau überein. Das „grasgrüne“ Papier aber sah der von Heß untersuchte Rotblinde weniger deutlich gelb als das Rot (die Zahlenwerte gibt v. Heß nicht an), während ich bei meinem Rotblinden die Gleichung erhielt:

$$360^\circ \text{ „Grasgrün“} = 45^\circ \text{ Gelb} + 20^\circ \text{ Weiß} + 295^\circ \text{ Schwarz.}$$

Der von mir untersuchte Rotblinde sah also, im Gegensatze zu dem von C. v. Heß untersuchten Rotblinden, das purpurrote Papier deutlicher blau als das blaugrüne Papier, und er sah das „Grasgrün“ deutlicher gelb als das Rot. Schon daraus geht hervor, wie wenig solche Untersuchungen die Frage nach dem Farbensinn der Bienen fördern können.

hin darauf aufmerksam, daß die Untersuchung eines rotblinden Menschen, dem ich die farbigen Papiere vorlegte, gewisse Unterschiede zwischen seinem Farbensinn und dem der Biene erkennen ließ. „Es bestehen also wohl gewisse Differenzen zwischen dem Farbensinn der Biene und dem eines Protanopen; in allen wesentlichen Punkten aber herrscht, wie man sieht, Übereinstimmung“ (6, p. 43).

Nur die zweite Hälfte des letzten Satzes erwähnt v. Heß (12, p. 348), die erste Hälfte und den vorher zitierten Satz erwähnt er nicht.

Er verschweigt also, daß ich selbst das Bestehen gewisser Differenzen zwischen dem Farbensinn der Biene und dem des rotblinden Menschen ausdrücklich betont habe. Er verschweigt, daß ich auf die Differenzen eben der Art hingewiesen habe, wie er sie durch die Methode der Kreisgleichungen findet. Ich habe erwähnt, daß jenes Rot, welches die Bienen mit Schwarz verwechselt haben, von einem rotblinden Menschen unter den gleichen Bedingungen als „Rot“ erkannt und von Schwarz unterschieden zu werden pflegt (6, p. 43, Anm.). Ich habe ferner erwähnt, daß das Blaugrün Nr. 11, welches von den Bienen mit Grau verwechselt wurde, dem rotblinden Menschen deutlich bläulich erschien (6, p. 43).

Ich habe mich in meiner Abhandlung auf die Deutung dieser Verhältnisse nicht eingelassen, sondern mich damit begnügt, auf das Bestehen gewisser Differenzen hinzuweisen. Nun sei aber doch erwähnt, daß sie eine einfache Erklärung finden, wenn man annimmt, daß für die Bienen das Spektrum am langwelligen Ende stärker verkürzt ist als für den rotblinden Menschen und daß für die Biene die „neutrale Zone“ im Blaugrün etwas näher dem Blau liegt als beim rotblinden Menschen. Dann werden die Differenzen, auf die v. Heß so großes Gewicht legt, ohne weiteres verständlich. Ein Rot, welches für die Bienen von Schwarz nicht zu unterscheiden ist, kann für den rotblinden Menschen schon deutlich gelblich sein. Das „Grasgrün“, welches die Biene mit Gelb verwechselt, erscheint dem rotblinden Menschen weniger deutlich gelb, wenn dieser Farbton für ihn näher dem neutralen Grau liegt als für die Biene, und das Blaugrün, welches für die Bienen dem neutralen Grau entspricht, hat für den rotblinden Menschen bereits einen blauen Ton.

Meine Angabe, daß zwischen dem Farbensinn der Biene und dem des rotblinden Menschen in allen wesentlichen Punkten Übereinstimmung herrscht, wird dadurch nicht berührt.

Es sei gestattet, hier nochmals anzuführen, wodurch die Rotblindheit im wesentlichen charakterisiert ist (vgl. 6, p. 42): „Für den Protanopen ist das Spektrum am langwelligen Ende verkürzt; rote Lichter erscheinen ihm sehr dunkel, dunkelrote Gegenstände so gut wie schwarz; im Spektrum besteht für ihn in der Gegend

des Blaugrün eine „neutrale Stelle“, die er farblos grau sieht; gewisse blaugrüne Pigmentfarben sieht er wie ein Grau von mittlerer Helligkeit; purpurrote Farben verwechselt er mit blauen; am Spektrum sieht er an Stelle der etwa 160 Farbtöne, welche der Normale unterscheidet, nur noch zwei, nämlich eine „warme“ Farbe, wahrscheinlich Gelb, entsprechend der langwelligen Hälfte des Spektrums, welche der Normale Rot bis Grün sieht, und eine „kalte“, wahrscheinlich blaue, entsprechend der kurzwelligen Spektralhälfte, dort, wo der Normale grünblau bis violett sieht.“

„All diese, für den Farbensinn des protanopen Menschen charakteristischen Merkmale sind uns auch bei der Analyse des Farbensinnes der Bienen entgegengetreten.“

Ob nun etwa die neutrale Zone im Blaugrün um ein geringes näher dem Blau oder dem Grün liegt, ob das Spektrum am langwelligen Ende etwas mehr oder weniger verkürzt ist, kann demgegenüber nicht entscheidend in die Wagschale fallen.

Am allerwenigsten aber kann man aus einer solchen Abweichung den Beweis konstruieren, daß die Bienen überhaupt keinen Farbensinn hätten.

Weiter stellt v. Heß die Behauptung auf, es sei das Verhalten der dressierten Bienen gegenüber den farbigen Flächen „nach v. Frisch's Dressurprotokollen unberechenbar: auf Hellgrau dressierte Bienen gingen stark auf Dunkelgrau, blaue und purpurfarbige Flächen wurden nicht nur von blauredressierten, sondern auch von grauredressierten Bienen in sehr großen Mengen besucht; auf Blau dressierte Tiere gingen besonders zahlreich auf Purpur, besuchten aber gelegentlich auch sehr dunkles Grau, sehr helles Grau und Gelb, „offenbar zufällig“ auch Grün in großen Mengen; auf Grasgrün dressierte Bienen gingen „aus unbekanntem Grunde“ in großen Mengen auf Blau“ (12, p. 352).

Ich werde die einzelnen Sätze nun der Reihe nach vornehmen und nebeneinanderstellen, was v. Heß aus meinen Versuchsprotokollen herausliest und was tatsächlich aus ihnen zu entnehmen ist.

1. „Auf Hellgrau dressierte Bienen gingen stark auf Dunkelgrau.“

Es ist aus dieser Angabe nicht zu ersehen, auf welche Versuche sich v. Heß bezieht.

Meint er mit dem „Hellgrau“ das mittlere Grau Nr. 15 meiner aus 30 Nummern bestehenden Grauserie, so ist sein Satz eine unvollständige Wiedergabe meiner Resultate. Die Bienen beflogen in angenähert gleichem Maße Papiere, die heller waren, und solche, die dunkler waren als das mittlere Grau, auf welches sie dressiert waren. Mit anderen

Worten: die Grauserie war so fein abgestuft, daß eine Dressur auf ein bestimmtes mittleres Grau dieser Serie und dessen sichere Unterscheidung von den übrigen grauen Papieren nicht zu erzielen war (vgl. 6, p. 19 ff.).

Meint er die Dressur auf Weiß (6, p. 22), so ist seine Behauptung falsch, denn bei diesen Versuchen gingen die Bienen niemals stark auf dunkelgraue Papiere.

Die Dressur auf das Grau Nr. 1 meiner aus 15 Nummern bestehenden Grauserie kann er wohl nicht meinen, denn er bezieht sich ja auf meine „Dressurprotokolle“, und die Protokolle dieser Versuche habe ich aus Gründen, die aus meinen Mitteilungen (6) p. 21 ersichtlich sind, gar nicht veröffentlicht.

2. „Blaue und purpurfarbige Flächen wurden nicht nur von blaudressierten, sondern auch von graudressierten Bienen in sehr großen Mengen besucht.“

Auf diese Behauptung komme ich später (p. 136) zu sprechen.

3. „Auf Blau dressierte Tiere gingen besonders zahlreich auf Purpur, besuchten aber gelegentlich auch sehr dunkles Grau, sehr helles Grau und Gelb, „offenbar zufällig“ auch Grün in großen Mengen.“

Daß die auf Blau dressierten Bienen besonders zahlreich auch auf Purpurrot gehen, ist ja eines der wesentlichen Resultate meiner Untersuchung und ist eine Stütze meiner Annahme, daß der Farbensinn der Biene mit dem des rotblinden Menschen weitgehend übereinstimmt.

Daß die auf Blau dressierten Bienen gelegentlich auch sehr dunkles Grau, sehr helles Grau und Grün in großen Mengen besuchten, geschah in einer Versuchsreihe, bei welcher ich eine Anordnung getroffen hatte, die von meiner sonstigen Versuchsanordnung in einem wesentlichen Punkte verschieden war; dies verschweigt v. Heß, obwohl es für die Beurteilung der Sache von ausschlaggebender Bedeutung ist. Während ich nämlich sonst, wenn ich das Verhalten der auf Blau dressierten Bienen gegenüber den anderen Farben prüfen wollte, das Dressurblau und die anderen Farben gleichzeitig auflegte, habe ich diesmal das Verhalten der Bienen gegenüber einer Reihe von Farben nacheinander geprüft, indem ich bei jedem Versuche die Grauserie und eine Farbe auflegte. Hierbei entstand bei den 5 Versuchen mit den blaudressierten Bienen, bei welchen als Farbe ein Blau oder Purpurrot aufgelegt wurde, stets auf der Farbe und niemals auf einem grauen Papier eine Bienenansammlung. Bei den 5 Versuchen mit den gleichen blaudressierten Bienen aber, bei welchen als Farbe ein Gelb oder Grün aufgelegt wurde und die Dressurfarbe auf dem Versuchstisch fehlte, entstand einmal auf einem dunkelgrauen, zweimal auf einem hellgrauen Papier,

einmal auf einem mittleren Grau und einmal auf Grün eine große Bienenansammlung. Diese großen Ansammlungen auf manchen Papieren erklären sich durch die Anziehungskraft, welche einzelne sich setzende Bienen auf die anderen ausüben. Diese Anziehungskraft macht sich geltend, wenn die Bienen auf dem Versuchstisch durch keines der Papiere besonders angezogen werden, wenn also z. B., wie in diesen Fällen, die Dressurfarbe auf dem Versuchstisch fehlt; sie macht sich nicht geltend, wenn die blaadressierten Bienen etwa zwischen Grau und Blau die Wahl haben, weil sie dann von der Dressurfarbe, auch wenn keine Biene darauf sitzt, weit mehr angelockt werden als von einem Grau, auf dem Bienen sitzen¹²⁾. — Meine Annahme, daß die einmalige Bienenansammlung auf dem Grün „offenbar zufällig“ war, ist wohl berechtigt und begründet: 1. durch das Benehmen der Bienen bei diesem Versuche (vgl. 6, p. 160); 2. dadurch, daß bei den 27 anderen Versuchen, bei welchen blaadressierten Bienen gleichfalls das betreffende Grün dargeboten wurde, in keinem Falle auf dem Grün eine Bienenansammlung entstand¹³⁾; 3. dadurch, daß die Bienen das betreffende Grün (Nr. 10 der Hering'schen Farbenserie) von grauen Papieren nicht unterscheiden lernen (6, p. 143 ff.).

Daß die auf Blau dressierten Bienen gelegentlich auch Gelb in großen Mengen besuchten, ist eine Angabe, die den Versuch Tabelle 117, p. 169 meiner Abhandlung zur Grundlage hat; es wurde in diesem Falle außer den blauen Papieren auch eines der gelben Papiere von zahlreichen Bienen befliegen. Wieder verschweigt v. Heß jenen Umstand, der diese Ausnahme erklärt. Ich habe vor die betreffende Versuchsreihe die Worte gesetzt (p. 167): „Für die Verwechslungsversuche war es am 3. Tage der Dressur insofern noch zu früh, als nach meinen sonstigen Erfahrungen¹⁴⁾ (vgl. S. 74, 75) noch eine Nachwirkung der vorangegangenen Dressur auf das Orangerot Nr. 3 zu erwarten war. Dies findet man in den Tabellen bestätigt; die „warmen“ Farben wurden noch relativ stark besucht. Ich wollte die Versuche nicht länger hinausschieben, da ich noch andere Experimente mit den Bienen vorhatte. Daß diese von den blauen und purpurroten Papieren am stärksten angezogen wurden, geht trotz des erwähnten Umstandes aus den Tabellen deutlich hervor.“ Es wurden nämlich auch bei jenem Versuche, bei welchem ein gelbes Papier so stark befliegen wurde, durchschnittlich die „kalten“ Farben noch

12) Ich habe diese Verhältnisse in meiner Abhandlung (6) auf p. 16—18 erörtert.

13) Vgl. die Tabellen meiner Abhandlung Nr. 81—83, 85—94, 101, 105—110, 113—119.

14) Es handelt sich um Versuche über das Erinnerungsvermögen der Bienen.

beträchtlich stärker besucht als die „warmen“, und bei den sechs anderen, am gleichen Tage, bei der gleichen Versuchsanordnung durchgeführten Experimenten war dies noch in unvergleichlich höherem Maße der Fall.

Von den soeben besprochenen Fällen abgesehen, haben die blauredressierten Bienen bei **keinem** meiner 44 einschlägigen Versuche¹⁵⁾ graue, gelbe oder grüne Papiere in größerer Menge befliegen, hingegen **jedesmal**¹⁶⁾ die blauen oder purpurroten Papiere in großen Mengen (meist zu Hunderten) aufgesucht.

Es muß ein schlechter Rechenmeister sein, wer das Verhalten der Bienen in diesen Versuchen „unberechenbar“ findet.

4. „Auf Grasgrün dressierte Bienen gingen „aus unbekanntem Grunde“ in großen Mengen auf Blau.“

Die auf „Grasgrün“ dressierten Bienen haben bei den 5 Versuchen, bei welchen ihnen die Farbenserie vorgelegt wurde, die „warmen“ Farben zu Hunderten befliegen, die „kalten“ Farben dagegen kaum besucht. Nur einmal (Tab. 53) wurde ein blaues Papier stark befliegen, wobei die Art, wie dieser starke Besuch zustande kam, deutlich das Zufällige des Geschehnisses erkennen ließ („plötzliche Klumpenbildung gegen Ende des Versuches“); auch in diesem Falle wurden übrigens die „warmen“ Farben noch doppelt so stark besucht wie die „kalten“.

Auf die sonderbare Angabe, daß „dressierte Bienen nicht imstande sind, auf Helligkeits- bzw. Farbenunterschiede zu reagieren, die von nichtdressierten Tieren augenblicklich mit voller Sicherheit wahrgenommen werden“ (12, p. 352), brauche ich wohl kaum ausführlich einzugehen.

v. Heß sucht dies zu begründen, indem er darauf hinweist, daß bei seinen Versuchen die Bienen, wenn er ihnen zwischen einem Blau und einem (für den total farbenblinden Menschen dunkleren) Purpurrot die Wahl läßt, stets nach der blauen Fläche eilen, während meine dressierten Bienen Blau und Purpurrot verwechseln, daß ferner die Bienen bei seinen Versuchen auf sehr kleine Helligkeitsunterschiede farblos grauer Flächen reagierten, während meine dressierten Tiere bei viel größeren Helligkeitsunterschieden grauer Papiere versagten.

Für jeden, der seine und meine Versuche kennt, muß klar sein, daß dies auf die verschiedenen Versuchsbedingungen zu-

15) Vgl. meine Abhandlung p. 14 (1 Vers.), p. 24 (2 Vers.), p. 27 (2 Vers.), Tab. 81—119.

16) Abgesehen von den 5 Versuchen, bei welchen ihnen kein blaues oder purpurrotes Papier dargeboten wurde (vgl. oben).

rückzuführen ist. v. Heß experimentiert mit frisch vom Stocke geholten, in einem Behälter eingesperrten und unter diesen Bedingungen positiv phototaktischen Bienen; sie zeigen das Bestreben, von zwei ihnen gleichzeitig sichtbar gemachten Flächen jener Fläche zuzulaufen, die ihnen heller erscheint. Bei meinen Versuchen sind die Bienen nicht positiv phototaktisch und die Helligkeit der Papiere ist innerhalb weiter Grenzen ohne Einfluß auf ihre Reaktionen; als ich sie auf ein Grau von bestimmter Helligkeit zu dressieren versuchte, wurde von ihnen verlangt, daß sie sich ein bestimmtes Grau der fein abgestuften, in buntem Durcheinander aufgelegten Grauserie merken und nach dem Gedächtnis wiederfinden sollten. Daß sie hierbei das Dressurgrau von anderen Grauabstufungen nicht unterscheiden lernten, wird selbstverständlich von niemandem als Beweis dafür angesehen werden, daß sie die betreffenden Helligkeitsunterschiede nicht wahrnehmen können.

Überdies sind die oben zitierten Sätze wieder eine ganz einseitige Darstellung der tatsächlichen Verhältnisse. v. Heß hätte hinzufügen müssen, daß unter gewissen Bedingungen gerade umgekehrt meine dressierten Bienen Farbenunterschiede, bei welchen seine nicht dressierten Tiere vollständig versagen, mit voller Sicherheit unterscheiden. Dies ist z. B. der Fall, wenn man blau-dressierten Bienen — wie ich es auf dem Freiburger Zoologentag demonstriert habe (5, p. 57) — ein blaues und ein graues Papier von gleichem farblosen Helligkeitswerte vorlegt. Sie befliegen dann ausschließlich das blaue Papier, während die positiv phototaktischen Tiere unter den v. Heß'schen Versuchsbedingungen nach seinen Angaben zwischen einem Blau und einem Grau von gleichem farblosen Helligkeitswerte keinen Unterschied machen.

Dressurversuche nach v. Heß (12, p. 353 ff.). v. Heß ist es geglückt, eine weitere Versuchsanordnung zu finden, bei welcher die Dressur auf Farben nicht gelingt.

Er hat bisher — soweit es aus seinen Publikationen zu entnehmen ist — meine Versuche niemals in der Form nachgeprüft, wie ich sie angegeben habe, obwohl ich mich doch, wie er sagt, nunmehr der von ihm „entwickelten Methoden“ bediene und damit Ergebnisse erzielt habe (v. Heß, 12, p. 353).

Er hat bereits in einer früheren Arbeit (9) mißlungene Dressurversuche mitgeteilt. Welche Umstände man — soweit sie aus seinen Mitteilungen ersichtlich sind — für das Mißlingen der Dressur nach seinen Methoden verantwortlich machen kann, habe ich in meiner Arbeit (6, p. 28 ff.) besprochen. v. Heß kommt jetzt (12, p. 359 ff.) auf meine dort vorgebrachten Einwände zurück, wobei er diese unvollständig zitiert und es im übrigen geschickt ver-

meidet, auf ihren wesentlichen Inhalt einzugehen. Es wäre verlockend, dies im einzelnen darzulegen; doch würde es viel Raum beanspruchen und eine Förderung des Problems ist von einer solchen Auseinandersetzung nicht zu erwarten.

Es scheint mir nach diesen Erfahrungen auch eine Diskussion seiner neuen Dressurversuche wenig erfolgversprechend. Ich sehe von einer solchen auch deshalb ab, weil uns die Mitteilungen, die v. Heß über seine Versuchsanordnung macht, über wesentliche Punkte im Unklaren lassen. Ich könnte über die Ursachen des Mißlingens seiner neuen Versuche nur Vermutungen äußern. Es genügt, daß wir eine Methode kennen, nach welcher die Dressur auf Farben mühelos und zuverlässig gelingt.

In der Auseinandersetzung (12) p. 354, Anm., hat v. Heß, wie so oft, einen wesentlichen Teil meiner Ausführungen bei der Wiedergabe derselben weggelassen und bei der Entgegnung nicht berücksichtigt. Ich verweise diesbezüglich auf das, was ich in meiner Arbeit (6), p. 23, Anm., tatsächlich gesagt habe.

„Die Vorführung dressierter Bienen beim Freiburger Zoologentag.“ — Mit seinen „Freiburger Vorführungen hat v. Frisch selbst der Annahme eines Farbensinnes bei Bienen die letzte Stütze genommen“ (12, p. 364, 365, 366).

Einige jener Versuche, die nach den Anschauungen von C. v. Heß nicht gelingen dürfen und die ja auch nach seiner Angabe „sämtlich unrichtig“ sind, habe ich der Versammlung der deutschen zoologischen Gesellschaft zu Freiburg i. B. zu Pfingsten 1914 demonstriert (5).

Ich habe dort u. a. gezeigt, daß Bienen, die 2 Tage lang auf Blau dressiert worden waren, ein blaues Papier — welches sie nach v. Heß als ein farbloses Grau von bestimmter Helligkeit sehen — von grauen Papieren jeder beliebigen Helligkeit (genügend fein abgestufte Grauserie) mit Sicherheit unterscheiden. Zur Widerlegung des schon oben erwähnten Einwandes, daß sich die Bienen hierbei nach einem für uns nicht wahrnehmbaren Duft des blauen Papieres richten, war bei den Versuchen über alle Papiere eine Glasplatte gedeckt. Brachte ich die über dem Blau entstandene Bienenansammlung durch Verschieben der Glasplatte auf ein graues Papier, so löste sich binnen $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Minute der alte Bienenknäuel vollständig auf und auf dem Blau entstand ein neuer¹⁷⁾.

Auch habe ich dort oftmals folgenden Versuch vorgeführt: bietet man den blauredressierten Bienen „nebeneinander das blaue und das entsprechende graue Originalpapier der Hering'schen Zu-

17) Wie sich v. Heß vorstellt, daß die mit dem Verschieben der Glasplatte verbundene „Erschütterung“ die Bienen veranlassen soll, vom Grau weg immer just wieder zum Blau zu fliegen, ist mir nicht klar geworden (v. Heß [12], p. 355, 356).

sammenstellung¹⁸⁾, also zwei Papiere, welche für einen total farbenblinden Menschen den gleichen farblosen Helligkeitswert besaßen, und deckt die Glasplatte darüber, so entsteht prompt auf dem Blau der Bienenknäuel, während das Grau unbeachtet bleibt. Verschiebt man nun die Glasplatte, sodaß der Bienenknäuel auf das Grau kommt, so löst er sich auf und bildet sich von neuem auf dem Blau“ (5, p. 57).

Es ist interessant, zu welchem Erklärungsversuch v. Heß in Anbetracht dieser Tatsachen seine Zuflucht nimmt.

Er behauptet (12, p. 365), ich hätte schon 1912 ermittelt, „daß Bienen, selbst wenn sie niemals auf Blau gefüttert waren, sogar nach 8 Tage langer Dressur auf graue Papiere trotzdem vorwiegend blaue und purpurfarbige Papiere beflogen und sich hier in viel größeren Mengen sammeln als auf den grauen, auf die sie dressiert waren“, der Blaubesuch sei also nach meiner eigenen Feststellung keine Folge der Blaudressur. Hätten die Teilnehmer an den Versuchen dies gewußt, „so würde niemand mehr an eine Farbdressur der Bienen glauben“.

Abgesehen davon, daß ich mir wirklich nicht bewußt bin, diese merkwürdige Sache ermittelt zu haben¹⁹⁾, übersieht v. Heß sonderbarerweise, daß es für die Beweiskraft meiner Versuche ganz gleichgültig ist, aus welchem

18) Es handelt sich um eine Zusammenstellung farbiger und grauer Papiere, die Hering von einem total farbenblinden Menschen hatte machen lassen; sie enthält neben jedem farbigen Papier das graue Papier, welches dem total farbenblinden Menschen mit dem farbigen Papier gleich erscheint.

19) Die objektive Grundlage für den Heß'schen Einwand bilden zwei Versuche (vgl. meine Abhandlung [6], Tabelle 4 und 5, p. 106), bei welchen ich den auf ein Grau von mittlerer Helligkeit dressierten Bienen gleichzeitig die aus 30 Nummern bestehende Grauserie und die aus 16 Nummern bestehende Farbenserie vorlegte. Die Dressur auf jenes Grau war vollständig mißlungen, die Bienen hatten infolge der feinen Abstufung der Grauserie nicht gelernt, daß ein bestimmtes Grau im Gegensatz zu den anderen Grauabstufungen die Anwesenheit von Futter bedeute, sie richteten sich also bei der Dressur nicht nach dem Grau, sondern suchten direkt das Zuckerwasser oder flogen einfach den zufällig zum Zuckerwasser gelangten Bienen zu. Bei den Versuchen, wo alle Papiere der Grauserie mit reinen, leeren Uhrschälchen versehen waren, äußerte sich das Mißlingen der Dressur darin, daß die Bienen völlig ziellos über dem Tisch herumschwärmten und daß einzelne, sich auf beliebige Papiere niedersetzende Tiere leicht zahlreiche andere zu sich zogen. So kam es regellos bald da, bald dort zu größeren Bienenansammlungen. In zwei Fällen habe ich nun, wie schon erwähnt, außer der Grauserie auch die Farbenserie aufgelegt. In einem Falle erhielt den stärksten Besuch ein purpurrotes Papier (Nr. 16 der Serie), doch war seine Frequenz nur wenig höher als die Frequenz mehrerer grauer Papiere, nämlich binnen $\frac{1}{4}$ Stunde 25 Bienen auf dem Purpurrot, 16, 13, 11 etc. auf verschiedenen grauen Papieren; das andere, dem Blau nächststehende Purpurrot (Nr. 15) und die drei blauen Papiere wurden schwächer besucht als viele graue Papiere (8, 5, 2 und 1 Besucher). Beim zweiten Versuch entstand auf dem Purpurrot Nr. 16 gleich

Gründe die Bienen nach dem Blau suchen. Die Experimente sollten zeigen, daß die Bienen ein blaues Papier, welches ihnen nach v. Heß genau so erscheint wie ein graues Papier von bestimmter Helligkeit, tatsächlich von grauen Papieren jeder Helligkeit mit Sicherheit unterscheiden können. Um sie zu veranlassen, nach dem Blau zu suchen, habe ich sie auf Blau dressiert, da ich — im Gegensatze zu der von C. v. Heß geäußerten Meinung — bislang nicht überzeugt bin, daß die Bienen auch ohnedem auf Blau losfliegen. Wäre dies der Fall, so hätte ich mir die Dressur ersparen und der Versammlung auch so zeigen können, daß die Bienen das Blau nach seinem Farbwert von grauen Papieren unterscheiden.

v. Heß übergeht den zweiten oben erwähnten, in Freiburg demonstrierten Versuch, der direkt auf seine Theorie zugeschnitten ist, mit Stillschweigen: daß nämlich die blaudressierten Bienen ein unter Glas dargebotenes blaues Papier von einem grauen Papier, welches dem total farbenblinden Menschen mit dem Blau gleich erscheint, wohl unterscheiden. Dies kann, wenn seine Ansicht richtig ist, nicht der Fall sein. Es war aber der Fall und es geschah in allen Versuchen mit einer Schnelligkeit und Sicherheit, die den Teilnehmern an jenem Kongreß noch in Erinnerung sein wird.

Ich hätte mich ja auch schwerlich entschlossen, dressierte Bienen, deren Verhalten „unberechenbar“ ist, auf öffentlichen Versammlungen vorzuführen.

In einer Fußnote der vorliegenden Arbeit kommt v. Heß auf den Farbensinn der Fische zurück.

zu Anfang eine große Bienenansammlung, von den blauen Papieren wurde eines etwas stärker besucht als graue Papiere (39 Bienen gegenüber 29, 29, 17, 16 etc. auf verschiedenen grauen Papieren binnen $\frac{1}{4}$ Stunde), die beiden anderen blauen und das dem Blau nächststehende purpurrote Papier wurden von 8, 13 und 14 Bienen besucht, Frequenzzahlen, wie sie in diesem Versuche auch viele graue Papiere aufzuweisen hatten. Wenn man diese Zahlen mit jenen vergleicht, wie sie an blaudressierten Bienen erhalten wurden, wird man gar nicht auf den Gedanken verfallen, daß hier ein der Blaudressur ähnlicher Effekt vorliegen könnte. Niemals haben blaudressierte Bienen das Blau und das Purpurrot Nr. 15 relativ so spärlich, die grauen Papiere so zahlreich befliegen.

v. Heß hätte also aus den Versuchen höchstens entnehmen können, daß die auf Grau dressierten Bienen vorwiegend das eine purpurrote Papier (Nr. 16) befliegen haben. Wie dies zu erklären war, habe ich nicht verfolgt. Es kann auch Zufall gewesen sein. Meine „Ermittlungen“ pflege ich nicht auf zwei, noch dazu nicht eindeutige Versuche zu gründen.

Ich habe an anderer Stelle gezeigt (1, 2, 3), wie sich die Farbenanpassung an den Untergrund bei der Pfrille (Ellritze) zum Nachweise ihres Farbensinnes verwerten läßt. v. Heß hat die Richtigkeit der betreffenden Versuche bestritten und in direktem Widerspruch zu meinen Angaben behauptet, „daß gelber Untergrund auf die Färbung der Pfrillen keinerlei nachweislichen Einfluß hat“ (8, p. 407).

In Anbetracht dessen hatte Prof. Richard v. Hertwig die Freundlichkeit, solche Versuche und die Protokollführung über dieselben mit mir gemeinsam vorzunehmen. Er bestätigte ihre Richtigkeit. Die Protokolle sind in meiner Arbeit „Weitere Untersuchungen über den Farbensinn der Fische“ (4, p. 53 ff.) veröffentlicht.

Nun schreibt v. Heß in der erwähnten Fußnote (12, p. 361), er habe schon früher betont, daß man nur durch eine große Anzahl von lange fortgesetzten Beobachtungsreihen ein klares Bild von diesen Verhältnissen bekommen und durch Zufälligkeiten bedingte Täuschungen vermeiden könne. „Trotzdem hat R. v. Hertwig auf Grund der Teilnahme an einem einzigen (!) verwertbaren und an zwei weiteren, infolge zugestandener Versuchsfehler wertlosen Versuchen v. Frisch's die Richtigkeit jener Angaben bestätigt, deren Unrichtigkeit für den aufmerksamen Beobachter so leicht und eindringlich festzustellen ist.“

Hierzu bemerke ich: Erstens: Die zwei „infolge zugestandener Versuchsfehler wertlosen Versuche“ kann ich in unserem Protokoll nicht finden. Zweitens: R. v. Hertwig hat, wie aus unserem Protokoll ersichtlich ist, nicht „an einem einzigen verwertbaren und an zwei weiteren . . . wertlosen Versuchen“ teilgenommen, sondern an zwei Versuchsreihen, bei welchen insgesamt zweiundzwanzig Pfrillen auf ihre Reaktionsfähigkeit auf gelben Untergrund durch mehrmaliges Wechseln des Untergrundes geprüft wurden. Hierbei haben sich zwei, nachgewiesenermaßen abnorme Tiere nicht verändert, bei den zwanzig anderen Tieren ist die Gelbfärbung beim Versetzen auf gelben Untergrund jedesmal eingetreten.

Die Einzelheiten sind aus unseren Protokollen (l. c.) zu sehen. Diese wenigen Worte aber dürften genügen, um zu zeigen, wie weit sich die Darstellung, die v. Heß gibt, von der Wirklichkeit entfernt.

Anmerkung des Herausgebers. Wie aus den von Dr. v. Frisch gemachten Mitteilungen hervorgeht, hat Herr Prof. v. Heß in seiner neuesten Streitschrift gegen Dr. v. Frisch sich bemüht gesehen auch mich anzugreifen. Es geschieht dies in

einer Weise, welche darauf ausgeht mich in den Augen von Fachgenossen zu diskreditieren. Da v. Frisch schon auseinandergesetzt hat, wie unrichtig die Darstellung des Sachverhalts ist, auf Grund deren Herr Prof. v. Heß seine Angriffe gegen mich gerichtet hat, könnte ich mich darauf beschränken, gegen das von C. v. Heß beliebte Verfahren Verwahrung einzulegen. Ich möchte aber noch einen weiteren Punkt richtig stellen. v. Heß sagt, ich hätte die „Richtigkeit der Angaben bestätigt“, „alle Ellritzen färbten sich auf gelbem Grunde gelb, diese Gelbfärbung gehe auf farblosem Grund wieder zurück“. Das ist nicht richtig. Ich habe mich vielmehr darauf beschränkt, worum ich auch allein gebeten worden war, festzustellen, daß die Protokolle, welche Dr. v. Frisch über seine an 22 Ellritzen ausgeführten Versuche aufgenommen hatte, den Sachverhalt richtig wiedergaben. Richard Hertwig.

Zitierte Literatur.

1. Frisch, K. v., Über den Farbensinn der Fische. — In: Verhandl. d. deutsch. zoolog. Gesellsch., 1911, p. 220—225.
2. — Über farbige Anpassung bei Fischen. — In: Zoolog. Jahrb. Abt. f. allgem. Zoolog. u. Physiol. d. Tiere, Bd. 32, 1912, p. 171—230.
3. — Sind die Fische farbenblind? — In: Zoolog. Jahrb., Abt. f. allgem. Zoolog. u. Physiol. d. Tiere, Bd. 33, 1912, p. 107—126.
4. — Weitere Untersuchungen über den Farbensinn der Fische. — In: Zoolog. Jahrb., Abt. f. allgem. Zoolog. u. Physiol. d. Tiere, Bd. 34, 1913, p. 43—68.
5. — Demonstration von Versuchen zum Nachweis des Farbensinnes bei angeblich total farbenblinden Tieren. — In: Verhandl. d. deutschen zoolog. Gesellsch., 1914, p. 50—58.
6. — Der Farbensinn und Formensinn der Biene. — Zool. Jahrb., Abt. f. allgem. Zoolog. u. Physiol. d. Tiere, Bd. 35, 1915, p. 1—188. Auch separat erschienen, Jena 1914.
7. Heß, C. v., Untersuchungen über den Lichtsinn bei Fischen. — In: Archiv f. Augenheilkunde, Bd. 64, Ergänzungsheft, 1909.
8. — Neue Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. — In: Zoolog. Jahrb., Abt. f. allgem. Zoolog. u. Physiol. d. Tiere, Bd. 33, 1913, p. 387—440.
9. — Experimentelle Untersuchungen über den angeblichen Farbensinn der Biene. — In: Zool. Jahrb., Abt. f. allgem. Zoolog. u. Physiol. d. Tiere, Bd. 34, 1913, p. 81—106.
10. — Messende Untersuchung des Lichtsinnes der Biene. — In: Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 163, 1916, p. 289—320.
1. — Der Farbensinn der Vögel und die Lehre von den Schmuckfarben. — In: Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 166, 1917, p. 381—426.
2. — Beiträge zur Frage nach einem Farbensinne bei Bienen. — In: Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 170, 1918, p. 337—366.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [39](#)

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

Artikel/Article: [Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der Bienen. 122-139](#)