

## 5.) Untersuchungen über das Farbsehvermögen von Opossum, Waldmäusen, Rötelmäusen und Eichhörnchen.

Von KARL SÄLZLE (München).

(Mit 28 Abbildungen im Text und auf den Tafeln XLVII—LVI.)

### 1. Einleitung.

Über das Farbsehvermögen von Säugern liegen noch recht wenig eingehende Untersuchungen vor. Von diesen seien die, die für vorliegende Arbeit von Interesse sind, näher besprochen.

1. COLEMAN, T. B., und HAMILTON, W. F., 1933. — Colorblindness in the rat.

Die beiden Autoren arbeiteten mit chinesischen Haubenscheckratten. Die Versuchstiere befanden sich auf einer Plattform und mußten von hier aus nach zwei Fenstern, die in eine senkrechte Holzwand eingelassen waren und sich in der gleichen Höhe wie die Plattform befanden, springen. Der Abstand zwischen Plattform und Holzwand betrug 8 cm. Hinter den Fenstern befand sich ein waagrechtes Brett, auf dem die Tiere ein Stückchen Käse liegen sahen. Auch dann, wenn ein weißer Karton mit einem aufgemalten schwarzen, bzw. roten Kreise die Fenster verschloß und das Stückchen Käse so dem Blickfeld entzogen wurde, erlernten sie ziemlich rasch die Türe mit dem schwarzen Kreis zu bespringen. Der Karton gab dann nach, und die Tiere konnten das Stückchen Käse erreichen. Der mit einem roten Kreis versehene Karton jedoch schloß die Türe gut ab, so daß die Tiere beim Anspringen desselben hinunterfielen. Späterhin wurde das Rot verdunkelt und das Schwarz aufgehellt. Dabei zeigte sich, daß die Versuchstiere die beiden Türen nun gleichmäßig ansprangen, daß also nicht mehr wie bei den ersten Versuchsreihen die eine bevorzugt bzw. die andere vernachlässigt wurde. So ließ sich denn eine Helligkeitsgleichung für das Rattenauge aufstellen. Solche Gleichungen ließen sich auch noch erzielen für Grau gegen Grün und Blau, für Rot gegen Grün und Blau und für Grün gegen Blau, und zwar nach vorher jeweils gut gelungenen Unterscheidungen auf stark helligkeitsverschiedene Kreispaare. Dadurch ist wohl einwandfrei die Farbenblindheit der chinesischen Haubenscheckratte erwiesen.

2. WALTON, WILLIAM E., 1933. — Color vision and Color preference in the albino rat. II. The experiments and results.

Es ist dies eine äußerst interessante Untersuchung über das Farberkennungsvermögen der Albinoratte. Die vier Spektralfarben: Rot, Gelb, Grün, Blau werden den einzelnen Versuchstieren in verschiedener, paarweiser Zusammenstellung in Gestalt von zwei farbig erleuchteten Türen geboten. Jede der beiden Türen führt auf kurzem Umweg zur Futterstelle. Die Tiere entscheiden sich in Spontanwahl für eine der beiden Farben. Als bevorzugte Farben stellen sich Blau und Grün vor Gelb und Rot heraus. — Im Dressur-experiment — bei dem nur die eine Tür zum Futter führt, während die falsche, „negative“ durch einen scharfen Ton verleidet wird — können die Farbpaare Grün-Gelb und Grün-Blau nicht unterschieden werden, d. h. die Dressur gelingt hier nicht (weder auf die eine noch auf die andere Farbe im Paar). Demnach sehen die Ratten die vier Spektralfarben, können aber die spektral benachbarten (außer Rot und Gelb) nicht auseinanderkennen“ (Besprechung von FRIEDLÄNDER). Ich verweise hier auf meine Versuche mit Rötelmäusen, die auch nicht imstande sind, die Farben Blau und Grün voneinander zu unterscheiden, dagegen Gelb von Grün und Blau recht gut zu trennen wissen. Es ist

schade, daß WALTON es unterlassen hat, das Auge seiner Albinoratte auch histologisch zu untersuchen.

3.-5. HOPKINS, A. E., 1927 a. — Experiments on color vision in mice in relation to the duplicity theory. — 1927 b, Vision in mice with rodless retina. — 1927 c, Vision and retinal structure in mice.

Diese Arbeiten sind so wenig klar gehalten, daß es sich eigentlich erübrigt, sie näher anzuführen. Da sie aber trotzdem in die Literatur Eingang gefunden haben, mag auch hier einiges über sie gesagt sein.

Vor allem leiden die Arbeiten daran, daß die Mäuse, mit denen gearbeitet wurde, nicht näher bestimmt sind. Es ist auch aus dem Text keineswegs zu entnehmen, um welche Art bzw. Arten von Mäusen es sich handelt. „The wide variation in coloration of the animals served as a ready means of identification. Some were black, others gray, or brown, or any intermediate stage. While the black specimens were wild and easily excited the light colored ones were usually tame and well adapted to training experiments.“ Diese Unterscheidungen mögen für den Experimentator genügen, keinesfalls aber für den Leser der Arbeit.

Die Versuchsmethoden sind klar. Die Mäuse hatten zwischen einer Farbe und einem farblosem Licht zu wählen, wobei HOPKINS einerseits HERINGs Rot- und Blaupapiere gegen Papiere seiner 50stufigen Grauserie, andererseits Spektralfarben gegen farblos weißes Licht verschiedener Intensität verwendete. Von vier Mäusen konnte eine auf Blau gegen Grau dressierte das Dressurblau zwar von helleren und dunkleren, nicht aber von dem Graupapier Nr. 13 (1 = weiß, 50 = schwarz) unterscheiden; zwei auf Rot gegen Grau dressierte verwechselten das Dressurrot mit den Graustufen 49 und 50; eine vierte Maus A zeigte ein schwer deutbares Verhalten, war aber anscheinend unfähig, ein Grau, das zwischen 49 und 50 lag, sicher von dem Dressurrot zu unterscheiden. Im Dunkelzimmer bei den Spektrallichtversuchen ließen sich ebenfalls für vier Mäuse Verwechslungsgleichungen zwischen farbigem und farblosem Licht auffinden. Die dem Farblicht verwechslungsgleiche Intensität des Weißlichtes betrug dabei 27,2 MK (verwechslungsgleich mit Grün 490—550  $\mu\mu$ ), 2,1 MK (= Blau 455—490  $\mu\mu$ ) und 0,04 MK (= Rot 610—750  $\mu\mu$ ). Daraus wird nun der Schluß gezogen, daß diese vier Mäuse farbenblind seien, ebenso wie die drei ersten aus den Pigmentpapierversuchen. Abgesehen davon, daß die Art bzw. die Arten der Mäuse nicht bestimmt sind, ermangeln die Versuche doch einer gewissen Vollständigkeit. In den ersten Versuchsreihen sind nur die Beziehungen zwischen Grau und Rot bzw. Grau und Blau näher untersucht worden, in den zweiten mangelt eine Untersuchung der Beziehung Grau zu Gelb.

Die Maus A dagegen konnte spektrales Rot neben sämtlichen versuchten Intensitäten des Weißlichtes erkennen. In allen untersuchten Mäuseretinae fand HOPKINS nun niemals Zapfen, auch nicht bei der Maus A. Doch unterschied sich die Netzhaut dieser Maus von den anderen durch auffällige Dünnhheit ( $\frac{1}{4}$  der normalen Dicke) und einen schlecht differenzierten Gewebszustand, so daß sich über ihre *S e h z e l l e n k e i n e* *K l a r h e i t* gewinnen ließ.

Die Mäuse mit normaler Stäbchennetzhaut waren also alle farbenblind. Die Maus A mit rudimentärer Netzhaut, in der Sehzellen nicht sicher erkennbar waren, war rot-tüchtig. Daß solche Netzhäute Sehvermögen besitzen, daß also die Sehfunktion schon vor Ausbildung der bekannten endgültigen histologischen Differenzierungen besteht, steht fest. Daraus glaubt nun HOPKINS schließen zu dürfen, daß die farben-tüchtige Ausnahmemaus A in ihrer unentwickelten Netzhaut neben Stäbchen auch Zapfen besaß, und so glaubt er, daß sich selbst dieser merkwürdige Fall ohne weiteres der Duplizitätstheorie einreihet. Erst gewinnt er also keine Klarheit über die Sehzellen und gibt sogar zu, daß Sehzellen nicht sicher erkennbar waren, um dann im Gegensatz zu seinen andern

untersuchten Mäusen mit normaler Retina einfach anzunehmen, daß hier Stäbchen und Zapfen vorhanden sein müßten, daß also die rudimentäre Netzhaut einer Maus funktionell höher stünde als eine normale.

Es mag damit über die Arbeit genug gesagt sein. Der Befund wäre ja an und für sich recht interessant, wenn es sich tatsächlich um Mäuse gleicher Art gehandelt haben würde. Leider ist jedoch nur sehr zu befürchten, daß HOPKINS mit den verschiedensten Arten von Mäusen seine Versuche unternahm, wie dies auch aus seiner Beschreibung seines Versuchsmaterials deutlich genug hervorgeht. Es ist daher leicht die Möglichkeit vorhanden, daß seine Mäuse mit „rudimentären“ Netzhäuten eine ganz andere Art darstellten als die der andern untersuchten Versuchstiere.

6. WATSON, J. B, et M. I., 1913. — A study of the response of rodents to monochromatic lights.

Es handelt sich hier um eine ältere Arbeit. Die beiden Autoren stellten fest, daß Ratten zwischen verschiedenen Farben von gleicher Helligkeit nur sehr schwer unterschieden. Sie erkennen also den Ratten einen wenn auch sehr beschränkten Farbensinn zu.

Ein gleiches Resultat erzielten einerseits SAMOJLOFF und PHEOPHILAKTOWA, andererseits SMITH bei Hunden, DEVOSS und GANSON bei Katzen, COLE und DAVIS beim Waschbären und WASHBURN und ABBOT beim Kaninchen. Sonst liegen nur noch Arbeiten über verschiedene Affenarten vor. So machten KÖHLER und KOHTS einen Farbensinn beim Schimpansen wahrscheinlich, BIERENS DE HAAN wies einen echten Farbensinn beim Schweinsaffen nach, und derselbe Verfasser zusammen mit FRIMA konnte zeigen, daß Lemuren einen nur sehr schwachen Farbensinn besitzen. Schließlich arbeiteten noch TRENDELENBURG und SCHMIDT mit Javaner- und Rhesusaffen und fanden, daß dieselben ein normal trichromatisches Farbensystem von gleicher Art und Leistungsfähigkeit haben wie der Mensch.

Wir sehen also, daß das Farbsehvermögen der Säuger noch sehr wenig bekannt ist; auch die Beziehung des Farbsehens zu den histologischen Verhältnissen der Retina ist noch sehr wenig ergründet, obwohl gerade diese Untersuchungen ein größeres Interesse beanspruchen dürften. Um nun zur Klärung dieser Fragen beizutragen, wurde in vorliegender Arbeit das Farbsehvermögen der Augen von Opossum, Waldmäusen, Rötelmäusen und Eichkätzchen experimentell und histologisch untersucht.

Die Arbeit wurde in der Zoologischen Staatssammlung in München angefertigt. Herrn Prof. KRIEG, Direktor dieser Sammlung, danke ich herzlich für das stete freundliche Interesse an meiner Arbeit, Herrn Geh. Rat WESSELY, Leiter der Univ. Augenklinik München, für liebenswürdige Einräumung eines Arbeitsplatzes in seinem histologischen Laboratorium, und Herrn Dr. SPIEGEL, Zoologisches Institut Tübingen, für Überlassung von Opossumaugen.

Anschließend seien noch die in den Tabellen gebrauchten Abkürzungen erwähnt. Diese haben für sämtliche Tabellen der Arbeit Gültigkeit.

r = rot, gr = grün, bl = blau, ge = gelb.

h = hell, das ist die Intensität, die entsteht, wenn vor das bei den Farblichtversuchen verwendete Licht eine Mattglasscheibe geschaltet ist.

d = dunkel, das ist die Intensität, die entsteht, wenn vor das bei den

Farblichtversuchen verwendete Licht zwei aufeinander gelegte Milchgläser geschaltet sind.

Für wh = weiß-hell und wd = weiß-dunkel gilt dasselbe wie für h und d.

F = Futter, zeigt an, in welchem der beiden Kästen sich das Futter befindet.

## 2. Versuche mit Beutelratten (*Didelphis paraguayensis*).

### A. Versuchsanordnung (Abb. 10 u. 11).

Die gewöhnliche Aufenthaltskiste AK des jeweiligen Versuchstieres, deren Ausgangsöffnung mit einem Schiebetürchen ST verschlossen ist, ist an den 1,15 m langen Laufgang L angeschlossen. Dieser Laufgang hat eine Höhe von 15 cm. 80 cm lang hat er eine Breite von nur 11,5 cm und erweitert sich dann so, daß der Eingang in die beiden Futterkästen FKA und FKB wiederum je 11,5 cm beträgt. FKA und FKB sind durch eine Querwand voneinander getrennt und die Eingänge vom Laufgang her ebenfalls durch Schiebetürchen zu versperren. Die Futterkästen haben eine Höhe von 25 cm und eine Aufrißfläche von je 35 cm. Dazu kommt noch ein seitlicher Vorbau SV von 13 cm Höhe, 11 cm Breite und 26 cm Länge. Hier befinden sich die Futterschalen T. Die Futterkästen wie die beiden SV sind nach oben offen und können durch verschiedenfarbige Glasscheiben verschlossen werden. In einer Höhe von 35 cm über den eingeschobenen Gläsern sind zwei Soffittenlampen festmontiert, die die Futterkästen wie die beiden SV gleichmäßig beleuchten.

Die zu den Versuchen verwendeten Gläser sind nicht etwa absolut reine Farbfilter von scharf umrissenen Wellenbezirken, sondern gewöhnliche, von den Farben- und Tafelglashütten hergestellte Farb- bzw. Matt- und Milchgläser. Es wurden die sattesten Farben gewählt, die vorrätig waren.

### B. Versuchsausführung.

Daß es sich bei Opossum um ausgesprochene Nachttiere handelt, beweisen neben Beobachtungen an gekäfigten Tieren auch die in freier Wildbahn gemachten Erfahrungen. „Ich habe niemals eine Comadreja am Tage freiwillig außerhalb ihres Schlupfwinkels gesehen und an meinen Gefangenen beobachtet, daß sie erst nach Eintritt der Dunkelheit umhergehen und umherklettern, und daß sie bei Morgendämmerung schon wieder schlafen. Starke Sonnenbestrahlung ist den Tieren sehr lästig, und wenn man sie zwingt, sich der Sonne auszusetzen, so zeigen sie ein sichtliches Unbehagen.“ (KRIEG.)

Tagsüber schliefen die Beutelratten in ihren Wohnkistchen, und nur selten verließ ein Tier vor Eintritt der Dunkelheit seine Schlafstätte. Da nun die Tiere, wenn sie sich einmal im Freien bewegen, sehr schwer wieder in ihre Kistchen zurückzutreiben sind, wurden jeweils die Ausgänge etwa

eine Stunde vor Einbruch der Dämmerung mit Schiebetürchen verschlossen. So wurden die Beuterratten in den Versuchsraum gebracht und die Wohnkisten der Versuchsreihe gemäß an den Laufgang angeschlossen. Die Opossums sind nun, wie auch eine spätere Versuchsreihe beweist, ausgesprochene Nasentiere. Deshalb wurde der Laufgang in den ersten 80 cm so eng gewählt, daß nicht etwa eine Laufspur störend auf die Versuchsreihen wirkt. Bei nur 11,5 cm Breite streifen nämlich die Tiere beide Wände des Laufgangs. Erst bei 80 cm verbreitert sich dann das Gesichtsfeld und die Tiere sehen nun erst die beiden Eingänge vollständig vor sich.

Bei Beginn des Versuches sind beide Eingänge zu den Futterkästen geöffnet. Dann wird die Schiebetür der Wohnkiste zurückgeschoben, und das Tier kommt meist schon nach sehr kurzer Zeit in den Laufgang und von hier aus in einen der Futterkästen. Das Futter selbst ist für das Tier so lange unsichtbar, bis es nahezu den ganzen Kopf in die Futterkiste vorschiebt. Aber auch dann erfolgt noch kein Suchen des Futters mit den Augen, sondern erst ein sorgfältiges Prüfen mit der Nase; der Kopf ist dabei meist nach oben gerichtet. War das Tier aber einmal so weit vorgedrungen, so wurde in keinem einzigen der Versuchsfälle beobachtet, daß es sich wieder zurückgezogen hätte: selbst dann nicht, wenn kein Futter in den Schalen zu finden war. Dagegen kam es sehr häufig vor, daß die Beuterratte unmittelbar vor dem Eingang in eine Futterkiste stehen blieb, kürzere oder längere Zeit davor schnupperte, um sich dann entschieden nach dem andern Futterkasten hinzuwenden und diesen zu besuchen. Sobald nun das Versuchstier in die eine Futterkiste eingetreten war, wurde die andere verschlossen. Ging das Tier auf die zur Dressur verwendete Farbe, so konnte es sich darin beliebig lang aufhalten; wählte es dagegen die andere Farbe, so wurde es aus dem Kistchen sofort vertrieben. Hatten die Tiere gefressen und getrunken, dann zogen sie sich meistens sofort zurück, die auf Rot dressierte Beuterratte meist unmittelbar in ihre Wohnkiste, das auf Grün dressierte Tier in den dunklen Laufgang, von wo es regelmäßig in sein Kistchen zurückgetrieben werden mußte.

### C. Dressur.

Von den beiden Tieren, die mir zur Verfügung standen, wurde das eine auf Rot, das andere auf Grün dressiert. In diesen Dressurversuchen wurden die beiden Futterkästen rot bzw. grün beleuchtet und rechts wie links Futter, meist Pferdefleisch, gegeben. Nur die allerersten Versuche, die in der Tabelle 1 natürlich nicht berücksichtigt sind, wurden so ausgeführt, daß das Tier durch jeweilige Absperrung des anderen leeren Futterkastens gezwungen wurde, einmal nach rechts, das andere Mal nach links zu gehen, um eine einseitige Gangspur, der die Tiere wohl nachgegangen wären, auszuschalten. Erst nach diesen Versuchen wurden die beiden Räume gleichmäßig be-

leuchtet und mit Futter versehen. Dieses wurde immer in kleinen Mengen gegeben, um möglichst viele Versuche hintereinander ausführen zu können. Über das Resultat derselben geben die Tabellen 1a und 1b Auskunft.

Tabelle 1a und b.

1. A A B A B B A	1. A B B A B B A B
2. A B B B A B A	2. A A B B B A B B
3. B A B B A B A	3. A B A B B A B A
4. A B A A A	4. B A A B B B A B
5. B A B B A B A A	5. A B A A B A
6. A A A B B A B A	6. B A B B A A A B B
7. A B B B B A B A	7. B A B A A B A B
8. B A A B A B A B	8. A B B A A
9. A B B A B A A B	9. B A A A B B A B
10. A B B	10. A B A B A B B B
11. B A A A B A B B	11. B B B B A B A A
12. B B A B A B	12. A A A B A B B B
Besuche auf A: 41	Besuche auf A: 42
Besuche auf B: 42	Besuche auf B: 50

Aus dieser Tabelle ersehen wir deutlich, daß nicht etwa eine Seite ausschließlich oder auch nur vorwiegend besucht wird, sondern beide ziemlich gleichmäßig. So treffen beim rot zu dressierenden Tier auf FKA 41, auf FKB 43, beim grün zu dressierenden Tier auf FKA 42, auf FKB 50 Besuche. Jede Reihe zeigt die Versuche eines einzelnen Abends an. Um die Tiere an ihre Farbe zu gewöhnen, wurden sie die Nacht über in die Futterkästen unter der entsprechenden Beleuchtung eingesperrt.

#### D. Versuche mit verschiedenen Farbgläsern.

Den Tieren wurde nun in den ersten Versuchsreihen der Dressurfarbe die entsprechende Gegenfarbe, dem Rot also Grün und umgekehrt, entgegengestellt. Der Wechsel der Farbscheiben geschah nicht regelmäßig, sondern richtete sich nach dem Ausfall des letzten Versuchs. Manchmal erschien es auch gut, eine Farbzusammenstellung längere Zeit zu belassen, um das Verhalten der Tiere auch in solchen Fällen studieren zu können.

Wenn wir uns nun die Tabelle 2, die für das rotdressierte Tier gilt, betrachten, so finden wir, daß weder die rechte noch die linke Seite, weder rot noch grün in irgendeinem Falle sichtlich bevorzugt wird. Obwohl, wie schon früher erwähnt, die Tiere aus der Futterkiste, die unter der Beleuchtung der Gegenfarbe steht, sofort bei Eintritt in dieselbe verjagt werden, bessert sich die Tabelle doch späterhin nicht wesentlich. Wenn man die Werte beispielsweise von Versuch 25—50 zusammenfaßt, so ergibt sich das Verhältnis 15 rot zu 11 grün.

Tabelle 2.

	Li. A	Re. B.	Farbe	li.-re.
1.	gr.	r.	r.	re.
2.	r.	gr.	r.	li.
3.	r.	gr.	r.	li.
4.	gr.	r.	r.	re.
5.	r.	gr.	gr.	re.
6.	gr.	r.	gr.	li.
7.	r.	gr.	r.	li.
8.	gr.	r.	r.	re.
9.	r.	gr.	gr.	re.
10.	gr.	r.	gr.	li.
11.	gr.	r.	r.	re.
12.	gr.	r.	gr.	li.
13.	r.	gr.	gr.	re.
14.	r.	gr.	r.	li.
15.	r.	gr.	gr.	re.
16.	gr.	r.	r.	re.
17.	r.	gr.	gr.	re.
18.	gr.	r.	gr.	li.
19.	r.	gr.	r.	li.
20.	gr.	r.	r.	re.
21.	r.	gr.	gr.	re.
22.	gr.	r.	gr.	li.
23.	r.	gr.	gr.	re.
24.	r.	gr.	r.	li.
25.	r.	gr.	r.	li.
26.	gr.	r.	gr.	li.
27.	gr.	r.	gr.	li.
28.	gr.	r.	r.	re.
29.	r.	gr.	gr.	re.
30.	gr.	r.	r.	re.
31.	r.	gr.	r.	li.
32.	r.	gr.	gr.	re.
33.	r.	gr.	r.	li.
34.	r.	gr.	r.	li.
35.	r.	gr.	gr.	re.
36.	r.	gr.	r.	li.
37.	gr.	r.	r.	re.
38.	gr.	r.	gr.	li.
39.	gr.	r.	r.	re.
40.	gr.	r.	gr.	li.
41.	gr.	r.	gr.	li.
42.	gr.	r.	r.	re.
43.	gr.	r.	r.	re.
44.	gr.	r.	gr.	li.
45.	gr.	r.	gr.	li.
46.	gr.	r.	r.	re.
47.	r.	gr.	r.	li.
48.	r.	gr.	r.	li.
49.	r.	gr.	gr.	re.
50.	r.	gr.	r.	li.

Rot : grün = 26 : 24. Rechts : links = 24 : 26.

Wenn man dieses Ergebnis als eine erlernte Bevorzugung des Rot auffassen wollte, wozu das Resultat in keinem Falle genügen würde, so spricht doch schon die hier nicht angeführte Tabelle des gründressierten Tieres mit der Gegenfarbe Rot gegen eine solche Ansicht. Hier ergibt sich von

Versuch 25—50 gerechnet ein Verhältnis von grün:rot = 13:13. Auch spätere Tabellenwerte zeigen deutlich, daß keine Beeinflussung durch die Dressur erfolgt.

Es sei nur noch hervorgehoben, daß die Versuche lediglich so lange in einer einzigen Versuchsreihe fortgeführt wurden, bis das Tier die Gegenfarbe wählte, worauf immer wieder eine erneute Dressur eintrat.

Diese Farblichtversuche wurden noch in folgenden Zusammenstellungen ausgeführt:

- a) für das rotdressierte Tier mit rot und blau, rot und gelb;
- b) für das grü dressesierte Tier mit grün und blau, grün und gelb, jeweils mit 35 Versuchen.

Diese Werte gleichen jedoch so sehr der Tabelle 2, daß es überflüssig ist, sie in der Arbeit anzuführen. Wir beschränken uns daher auf eine Zusammenfassung, in der sämtliche Versuchsdaten berücksichtigt sind.

Tabelle 3a.

Rotdress. Tier	rot	grün	re.	li.	rot	blau	re.	li.	rot	gelb	re.	li.
	26	24	24	26	15	20	20	15	16	19	16	19

Tabelle 3b.

Grü dresses. Tier	grün	rot	re.	li.	grün	blau	re.	li.	grün	gelb	re.	li.
	25	25	29	21	16	19	19	16	20	15	20	15

#### E. Versuche mit Schreckauslösung bei Besuchen auf der Gegenfarbe.

Da die Lernfähigkeit der Beutelratten eine sehr beschränkte ist, werden die vorhergehenden Versuchsreihen mit einer Schreckauslösung bei Besuchen auf der Gegenfarbe wiederholt. Wie sehr wenig Lernvermögen diese Tiere besitzen, beweist schon, daß sie niemals ihren Wärter kennen lernen. Obwohl ich mich mit ihnen nahezu ein halbes Jahr intensiv beschäftigte, blieb ich ihnen doch vollkommen fremd. Kam ich ihnen nahe, dann fauchten sie mich mit halbaufgesperrtem Rachen an. Sie verhielten sich mir gegenüber nicht anders als zu jeder beliebigen Person, die sich ihnen erstmalig näherte. Dies entspricht auch Beobachtungen von KRIEG an argentinischen Beutelratten.

Ein deutliches Beispiel für die Nichterlernung von Erfahrungen gibt uns das auf Grün dressierte Tier. Wie schon weiter oben bemerkt wurde, zog sich nach Beendigung eines jeden Versuches diese Beutelratte in den dunklen Laufgang zurück und verblieb dort so lange, bis sie zurückgetrieben wurde. Dies wurde ausgeführt, indem ein dem Laufgang angepaßter Balken gegen das Tier vorgeschoben und dieses dadurch gezwungen wurde, sich in seine Wohnkiste zurückzuziehen. Daß dadurch Unlustgefühle hervorgerufen wurden, bewies das heftige und zornige Fauchen. Trotzdem erlernte



das Tier im Verlaufe von Hunderten von Versuchen nicht zu erkennen, daß es erst in seiner Schlafkiste ungestört verbleiben konnte.

Unter solchen Umständen mußte nun ein Mittel ausfindig gemacht werden, das die Tiere, falls sie die falsche Farbe wählen sollten, als sehr unangenehm empfinden würden. Es erwies sich, daß die Opossums bei plötzlich einsetzendem Lärm heftig zusammenschreckten und sich meist sofort in den Laufgang oder ihre Schlafkiste zurückzogen. Es zeigte sich nun allerdings, daß die Tiere sich nach Versuchsbeginn oft viel länger in ihrer Kiste aufhielten, ja sogar manchmal gar nicht mehr kamen. Man muß daher wohl annehmen, daß die Beutelratten doch, wenn auch nur für einige Zeit sich des Schreckes erinnerten. Obwohl dieser jedoch nur bei einem Besuche in dem Futterkasten erfolgte, der unter der Beleuchtung der Gegenfarbe stand, konnte sich doch keine Beeinflussung der bisherigen Ergebnisse nachweisen lassen. Es sei deshalb auch nur eine einzige Tabelle gebracht, und zwar die des rotdressierten Tieres mit der Gegenfarbe Grün.

Tabelle 4.

	Li. A.	Re. B.	Farbe	li. - re.
1.	r	gr.	gr.	re.
2.	gr.	r.	r.	re.
3.	r.	gr.	r.	li.
4.	gr.	r.	gr.	li.
5.	r.	gr.	gr.	re.
6.	r.	gr.	r.	li.
7.	r.	gr.	gr.	re.
8.	r.	gr.	r.	li.
9.	gr.	r.	r.	re.
10.	gr.	r.	gr.	li.
11.	gr.	r.	r.	re.
12.	gr.	r.	gr.	li.
13.	r.	gr.	gr.	re.
14.	gr.	r.	r.	re.
15.	r.	gr.	r.	li.
16.	gr.	r.	r.	re.
17.	r.	gr.	gr.	re.
18.	gr.	r.	r.	re.
19.	r.	gr.	gr.	re.
20.	gr.	r.	gr.	li.
21.	r.	gr.	gr.	re.
22.	gr.	r.	gr.	li.
23.	gr.	r.	r.	re.
24.	gr.	r.	gr.	li.
25.	gr.	r.	gr.	li.
26.	r.	gr.	r.	li.
27.	r.	gr.	gr.	re.
28.	r.	gr.	gr.	re.
29.	r.	gr.	r.	li.
30.	r.	gr.	r.	li.
31.	gr.	r.	r.	re.
32.	r.	gr.	r.	li.
33.	r.	gr.	gr.	re.
34.	gr.	r.	gr.	li.
35.	r.	gr.	gr.	re.

Rot : Grün = 16 : 19. Rechts : links = 19 : 16.

In der angeführten Versuchsreihe überwiegen sogar die Besuche auf Grün mit 19 zu 16 gegenüber Rot. Während in der ersten Hälfte der Tabelle die Rot- und Grünbesuche sich etwa entsprechen, zeigt gerade hier die zweite ein starkes Überwiegen des Grün mit 12 zu 7, vom 17. Versuche an gerechnet.

Auch aus den folgenden zusammenfassenden Tabellen läßt sich keine Beeinflussung der Versuchsergebnisse erkennen. So überwiegen beim rot-dressierten Tier außer den schon angeführten Besuchen auf Grün auch die auf Blau, beim gründressierten die Besuche auf Rot und, allerdings nur um 1, die auf Gelb.

Tabelle 5 a.

Rotdress. Tier.	rot grün, re. li.	rot blau, re. li.	rot gelb, re. li.
	16 19 19 16	15 20 14 21	19 16 17 18

Tabelle 5 b.

Gründress. Tier.	grün rot, re. li.	grün blau, re. li.	grün gelb, re. li.
	15 20 13 22	22 13 18 17	17 18 16 19

Die Tiere lassen sich also auf keine Weise auf eine Farbe dressieren. Es besteht nun eine Reihe von Möglichkeiten, die zu erwägen sind, bevor wir in die Erörterung der nächsten Versuchsreihen eintreten. Wir ziehen nur die Möglichkeiten bei, die für unsere Frage nach dem Erkennen von Farben von Bedeutung sind.

1. Die Tiere sind farbenblind.
2. Die Tiere können Farben unterscheiden, sind aber zu wenig lernfähig, um sich auf sie dressieren zu lassen.
3. Die Tiere können Farben unterscheiden; der Geruch ist für sie aber so ausschlaggebend, daß die Farbe für sie in den Hintergrund tritt.

Natürlich können diese Möglichkeiten in mannigfacher Weise kombiniert werden. Es wäre in diesem Falle beispielsweise möglich, daß neben dem äußerst scharf entwickelten Geruchssinn eine absolute Farbenblindheit bestände, da es sich ja bei Opossum um ausgesprochene Nachttiere handelt und das Farbsehvermögen für die Tiere biologisch kaum eine Bedeutung haben dürfte.

F. Versuche mit verschiedenen Intensitäten weißen Lichtes.

Die zu den Versuchen verwendeten Farbgläser reihen sich in der Intensitätsstärke folgendermaßen aneinander: am dunkelsten ist blau, dann folgt rot und grün, und im Vergleich zu den anderen Gläsern ist gelb ziemlich hell. Nähmen wir nun an, daß die Opossums absolut farbenblind wären, so müßten notwendigerweise die verschiedenen Farblichter als verschiedene Graustufen dem Auge erscheinen. Es müßte also, wenn die Intensität des Lichtes für die Tiere eine Rolle spielen würde, schon eine der Farben,

bzw. Graustufen bevorzugt oder abgelehnt worden sein. Wir sehen, daß dieser Fall in keiner der gesamten Versuchsreihen eingetreten ist.

Da wir aber, wie wir im vorhergehenden Abschnitt dargelegt haben, über die Frage der Erkennung von Farben zu keinem abschließenden Resultate gekommen waren, wurden Versuche angegliedert über den Einfluß verschiedener Intensitäten weißen Lichtes auf das Verhalten der Tiere. Um nun möglichst deutliche Intensitätsunterschiede zu erzielen, wurden an Gläsern einerseits eine Mattglasscheibe, andererseits zwei aufeinandergelegte, sehr kräftige Milchgläser verwendet. Von einer Dressur wurde diesmal abgesehen. Es sollte also bei diesen Versuchsreihen lediglich festgestellt werden, ob die hellere oder die um vieles dunklere Intensität bevorzugt würde. Obgleich man glauben möchte, daß bei so ausgesprochenen Nacht-tieren wie Opossum die Intensität eine gewisse Rolle spielen müßte, so zeigte sich doch keine Bevorzugung, weder des Hellen noch des Dunklen. Es seien daher nur die Versuchsreihen mit dem sonst auf Grün dressierten Tiere wiedergegeben.

Tabelle 6.

	Li. A	Re B	Intens.	li.-re.
1.	d.	h.	d.	li.
2.	h.	d.	h.	li.
3.	d.	h.	h.	re.
4.	h.	d.	d.	re.
5.	d.	h.	h.	re.
6.	h.	d.	h.	li.
7.	d.	h.	d.	li.
8.	h.	d.	h.	li.
9.	h.	d.	d.	re.
10.	h.	d.	d.	re.
11.	h.	d.	h.	li.
12.	h.	d.	d.	re.
13.	h.	d.	h.	li.
14.	h.	d.	h.	li.
15.	d.	h.	d.	li.
16.	d.	h.	d.	li.
17.	d.	h.	d.	li.
18.	d.	h.	h.	re.
19.	h.	d.	h.	li.
20.	d.	h.	d.	li.
21.	h.	d.	h.	li.
22.	h.	d.	d.	re.
23.	d.	h.	d.	li.
24.	d.	h.	h.	re.
25.	h.	d.	d.	re.
26.	d.	h.	h.	re.
27.	d.	h.	d.	li.
28.	d.	h.	h.	re.
29.	h.	d.	d.	re.
30.	d.	h.	h.	re.
31.	h.	d.	h.	li.
32.	h.	d.	d.	re.
33.	h.	d.	h.	li.
34.	d.	h.	d.	li.
35.	h.	d.	d.	re.

Dunkel : hell = 18 : 17. Rechts : links = 16 : 19.

Der Vollständigkeit halber sei auch das Ergebnis der Versuchsreihe mit dem sonst auf Rot dressierten Tiere angegeben. Es beträgt:

hell:dunkel = 17:18

rechts:links = 16:19.

### G. Versuche über das Geruchsvermögen.

Die Tiere sind, wie schon früher angedeutet, ausgesprochene Nasentiere. Dies zu beweisen dienten die folgenden Versuchsreihen. Über die Stellung der Farb- und weißen Matt- und Milchgläser während der Versuche gibt die Tabelle 7 Auskunft. Diese Untersuchungen unterscheiden sich von den früheren dadurch, daß nur in die eine Futterkiste frisches Pferdefleisch, und zwar in sehr kleinen Mengen, gegeben wurde. Vom Versuch 25 an wurde das Futter sogar unter die Töpfe versteckt, damit jede andere Beeinflussung der Tiere nach Möglichkeit ausgeschaltet wurde. Trotzdem wählten sie nahezu immer den Futterkasten, in dem das Fleisch sich befand, wie die Tabelle 7, die für das sonst auf Grün dressierte Tier gilt, zeigt. Das Resultat + zeigt an, daß das Tier den mit Futter beschickten Kasten gefunden hat, das Resultat —, daß es die Kiste besuchte, in der sich kein Futter befand. Die Fälle, bei denen negative Resultate erzielt wurden, wurden am Schlusse der Versuchsreihe des öfteren wiederholt.

(Siehe Tabelle 7 auf nächster Seite.)

Aus dieser Tabelle ersehen wir klar, daß einzig und allein der Geruchssinn ausschlaggebend für den betreffenden Versuch ist. Auch das sonst auf Rot dressierte Tier zeigte das gleiche Verhalten.

Das Geruchsvermögen geht sogar noch viel weiter, als aus diesen Tabellen ersichtlich ist. Werden beispielsweise zwei gleichgroße Stückchen Fleisch, von denen das eine in ganzem, das andere in ein wenig zerhacktem Zustande in die beiden Kästen gebracht, so wird nahezu immer das letztere gewählt, da ja durch das Zerhacken die Oberfläche vergrößert wird. Auch dürfen wir davon überzeugt sein, daß die wenigen negativen Versuche letzten Endes daher kommen, daß irgend ein Geruch die Tiere veranlaßte, den betreffenden Futterkasten zu besuchen.

## 3. Versuche mit Waldmäusen (*Apodemus sylvaticus*).

### A. Versuchsanordnung (Abb. 13 u. 18).

Da mit den im nächsten Abschnitt der Arbeit beschriebenen Versuchsanordnungen bei den Waldmäusen keine Resultate erzielt werden konnten, wurde die folgende Anordnung aufgebaut.

Ein großes Glasterrarium von etwa 60 cm Höhe, 75 cm Länge und 64 cm Breite wird in der Mitte der Breitseiten durch eine Holzwand bis zur Gesamthöhe geteilt. Der Boden besteht aus Metall, der in einen Metallgürtel von 15 cm Höhe übergeht. In dieser Höhe werden zwei Bretter ein-

Tabelle 7.

	Re. A.	Li. B	Resultat
1.	r. F.	gr.	+
2.	bl.	ge. F.	- + + +
3.	gr. F.	r.	+
4.	ge.	bl. F.	+
5.	bl. F.	gr.	+
6.	r. F.	ge.	+
7.	gr.	bl. F.	+
8.	ge. F.	r.	+
9.	r.	bl. F.	+
10.	gr.	ge. F.	+
11.	bl.	r. F.	+
12.	ge. F.	gr.	+
13.	r. F.	w. h.	+
14.	bl. F.	ge.	+
15.	w. h. F.	gr.	+
16.	r.	ge. F.	+
17.	bl. F.	w. h.	+
18.	gr.	r. F.	- + - + + + + +
19.	w. h. F.	ge.	- + + +
20.	r. F.	gr.	+
21.	w. h. F.	bl.	- + + +
22.	gr.	ge. F.	+
23.	w. h.	r. F.	+
24.	bl. F.	gr.	+
25.	ge. F.	w. h.	+
26.	r.	bl. F.	+
27.	gr.	w. h. F.	+
28.	bl. F.	ge.	+
29.	w. h.	w. d. F.	+
30.	ge. F.	bl.	+
31.	r. F.	w. d.	+
32.	w. d.	w. h. F.	+
33.	w. h. F.	gr.	+
34.	w. d. F.	w. h.	+
35.	bl.	w. d. F.	- + + +
36.	w. d.	w. h. F.	+
37.	w. d. F.	ge.	+
38.	w. h.	w. d. F.	+
39.	w. d.	bl. F.	+
40.	w. h. F.	w. d.	+
41.	w. d.	r. F.	+
42.	w. d. F.	w. h.	+
43.	ge. F.	w. d.	+
44.	w. h. F.	w. d.	+
45.	gr.	w. d. F.	+
46.	w. h.	w. d. F.	+
47.	w. d. F.	w. h.	+

Ergebnis ohne Wiederholung bei negativem Ausfall: 42 : 5.

Insgesamt: 61 : 6.

gefügt, die somit einen zweiten Boden darstellen. Auf diesen Brettern sind die beiden 38 cm langen, nach hinten durch eine schräge Wand abgeschlossenen Laufgänge aufgebaut. Diese erweitern sich 10 cm vor dem Ausgang von 10 cm auf 20 cm und sind durch eine Stiege mit dem durch den Metallgürtel vollkommen abgedunkelten Aufenthaltsräumen AR der Ver-

suchstiere, die dort ihre Wohnkistchen WK haben, verbunden. Vor den Ausgängen der Laufgänge befindet sich jeweils ein in der Mitte durch eine Querwand abgeteiltes, herausnehmbares Gestell von 15 cm Höhe und 10 cm Tiefe, nach vorn und hinten offen und an den Seiten geschlossen, um störendes, von den Beleuchtungsanlagen kommendes Licht abzufangen. In den Ecken dieser Gestelle befinden sich die Futtertöpfe. Hinter die beiden Abteilungen dieser Gestelle werden die Farbglasscheiben eingeschoben. Vor die beiden Beleuchtungsanlagen BA 1 und BA 2 werden noch Milchgläser M eingesetzt, um möglichst gleichmäßige Farbbilder zu erzielen. Nach oben ist das Terrarium durch eine Glasscheibe abgeschlossen. Durch die doppelte Ausführung der Versuchsanlage wurde erzielt, daß zwei Tiere zu gleicher Zeit beobachtet werden konnten.

### B. Dressurversuche.

Da es sich auch bei Waldmäusen um ausgesprochene Nachttiere handelt, wurden die Versuche wie bei Opossum erst nach Eintritt der Dunkelheit angestellt.

Jede Dressur erstreckte sich auf 14 Tage und wurde folgendermaßen ausgeführt: Der Dressurfarbe wurde die entsprechende Gegenfarbe entgegengestellt, also dem Roten Grün und dem Blauen Gelb und umgekehrt.

Auf beide Farben kamen die gleichen Töpfchen, jedoch nur diejenigen vor der Dressurfarbe wurden mit Futter beschickt. Die Töpfchen waren so hoch, daß es dem Tier vor Betreten des Futtergestells unmöglich war festzustellen, auf welcher Seite sich das Futter befand. Die Farbgläser wie auch die Futtertöpfchen wurden täglich vertauscht, um eine einseitige Rechts-, bzw. Linksdressur zu vermeiden. Das Futter bestand in der Hauptsache aus Hanf und Weizen, doch wurden auch gelegentlich Mehlwürmer gegeben und gern genommen. Da die Tiere sehr trinkbedürftig sind, wurde zu den Futtertöpfchen auch stets ein Töpfchen mit Wasser gestellt.

Tagsüber befanden sich die Tiere in ihrem Aufenthaltsraum AK. Wenn sie zum Futter gelangen wollten, mußten sie also erst über das Treppchen in den Laufgang und durch diesen nach vorn zum Futtergestell laufen. Bei Eintritt der Dunkelheit wurden nun die Töpfchen mit frischem Futter, bzw. Wasser versehen, die Farbglasscheiben vertauscht und durch die dahinter aufgestellten Lichtanlagen beleuchtet; sonst war der Raum völlig dunkel. Der Standort des Beobachters befand sich gegenüber den Beleuchtungsanlagen. Dadurch wurden die sehr scheuen Tiere beim Verlassen des Laufgangs in keiner Weise beeinflußt oder abgelenkt. Die Versuche wurden mit 2—3 stündiger Pause wiederholt. Die Stellung der Farbglasscheiben richtete sich nach dem Ausfall des vorhergehenden Versuchs.

Es wurde anfänglich die im nächsten Abschnitt beschriebene Versuchsanordnung für Rötelmäuse benützt. Sie war jedoch in keiner Weise zu gebrauchen, da die Tiere in ihren Wohnkistchen sitzen blieben und selbst durch eine längere Hungerperiode nicht daraus zu vertreiben waren. Nur selten verließ ein Tier freiwillig sein Wohnkistchen, und dies nur dann, wenn es entweichen wollte. So bemerkte ein solches Tier einmal, daß die Farbglasseiben der Futterkästen sich zurückschieben ließen. Es stellte sich dann mit dem Rücken gegen die Wand, schob die Glasscheibe mit seinen Vorderpfötchen nach vorn, um durch den Spalt entfliehen zu können. Da daraufhin die Scherben festgeklemmt wurden, gab auch dieses Tier schon die folgenden Tage seine Besuche auf und verblieb in seinem Wohnkistchen.

Daher mußte die etwas umständlichere Versuchsanordnung aufgebaut werden, um dadurch den Tieren möglichst natürliche Bedingungen zu verschaffen.

Tagsüber verließ kaum eine Waldmaus den Dunkelraum. Nachts jedoch hielten sie sich oft recht lange im oberen Teil des Versuchsraumes auf.

Die Tiere verhielten sich in ihrer Lebensweise recht verschieden. Um diese besser erläutern zu können, seien an Hand folgender Tabellen einige Fälle näher beschrieben.

Tabelle 8a  
Gründressiertes Tier II.

grün 23	rot 1	rot 1	grün 1	rot 1	grün 1	grün 1	rot 1	grün 1	rot 1	rot 2	grün 1
1	2		19					26	1		1
								4	1		
grün 1	rot 1	rot 1	grün 1	grün 1	rot 1	rot 1	grün 1	rot 1	grün 1	rot 1	grün 1
20						1	1				1
grün 1	rot 1	grün 1	rot 1	rot 1	grün 1	grün 7	rot 1	rot 1	grün 1	grün 1	rot 2
						5	1			1	
							1				
rot 1	grün 14	grün 17	rot 1	rot 1	grün 9	grün 18	rot 1	rot 1	grün 8	grün 28	rot 1
1	7	2	1	2	4			1	17	2	1
1											1

Grün: rot = 14 : 10. Rechts: links = 12 : 12.

Tabelle 8b.  
Gelbdressiertes Tier I.

gelb 2	rot	gelb 1	rot 2	rot	gelb 47	gelb 1	rot 4	rot 2	gelb 1	rot	gelb 21
		45				32	1		45		
gelb 14	rot 1	rot 1	gelb 14	rot 1	gelb 1	rot 1	gelb 7	gelb 2	rot 1	gelb 1	rot 1
1	2	1	1	1	5	1				12	
2		1									
rot 1	gelb 3	gelb 1	rot 1	rot	gelb 18	gelb 1	rot 1	rot	gelb 59	gelb 14	rot 2
1	13	1	1			18	2			7	1
						4					1
rot 1	gelb 39	gelb 44	rot 1	rot 1	gelb 1	gelb 29	rot 1	rot 1	gelb 1	gelb 17	rot 2
		2	2	1	17	1	1	1	48	1	2
		1	1							1	

Gelb : rot = 16 : 8. Rechts : links = 8 : 16.

Tabelle 8c.  
Gelbdressiertes Tier II.

grün 1	gelb 1	gelb 1	grün 1	grün 1	gelb 1	gelb 1	grün 1	grün 1	gelb 1	grün 1	gelb 1
1		1	1	1	1				1		
		1									
grün 1	gelb 1	gelb 1	grün 1	gelb 1	grün 1	gelb 1	grün 1	gelb 2	grün 1	grün 1	gelb 1
1	2			1				1	1		
gelb 1	grün	grün 1	gelb 1	gelb 1	grün 1	gelb 1	grün 2	gelb 1	grün 1	grün 1	gelb 3
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
		1	1								
gelb 1	grün 1	grün 4	gelb 1	gelb 2	grün 1	grün 1	gelb 2	gelb 3	grün 1	grün 1	gelb 5
				1	1	1	1	1			
				1		1					

Gelb : grün = 12 : 12. Rechts : links = 12 : 12.



Vor allem sind hamsternde Tiere von nicht hamsternden zu unterscheiden. So finden wir einen ausgesprochenen Hamsterer im gründeressierten Tier II (Tabelle 8a) und im gelbdressierten Tier I (Tabelle 8 b). Während aber auf das gründeressierte Tier oft bis zu einer Stunde und länger zu warten war, bis es seinen ersten Besuch machte, kam das gelbdressierte Tier meist schon nach wenigen Minuten.

Betrachten wir nun die Tabelle 8a. Wir sehen hier nach dem ersten Besuche auf Grün gleich weitere 22 auf dieselbe Farbe erfolgen. Dies dauert solange, bis sämtliche Hanfkörner, von denen [eine Maus im Durchschnitt 10 auf einmal wegträgt, fortgeschafft sind. Dazu ist noch zu bemerken, daß das Tier fast ausschließlich zuerst trinkt und erst beim letzten Besuche die Mehlwürmer frißt, ohne sich damit in den Dunkelraum zurückzuziehen. Darauf verschwindet das Tier auf einige Zeit im Laufgang und nun erfolgt ein Besuch auf Rot. Da es hier nichts findet, geht es unmittelbar wieder auf Grün, um sich dann auf längere Zeit zurückzuziehen. Späterhin erfolgen noch die beiden Besuche auf Rot. Darauf verbleibt das Tier so lange auf der Oberfläche, bis es durch eine Bewegung des Beobachters geschreckt wird, worauf es sich dann schleunigst zurückzieht.

Für unsere Versuche liegt natürlich die Hauptbedeutung einzig und allein im ersten Besuch. Aus dieser Tabelle ersehen wir nun, daß die Grün- und Rotbesuche ziemlich regelmäßig miteinander abwechseln, wenn auch 4 Mehrbesuche auf Grün erfolgen wie auf Rot. Jedoch läßt dieser Befund in keiner Weise auf eine Bevorzugung des Grünen schließen, wenn man noch die anderen Daten der Sammeltabelle (Tabelle 9) zu Rate zieht. Hier treffen wir denn auf folgende Resultate:

Gründeressiertes Tier I: grün : rot = 12 : 12

gründeressiertes Tier III: grün : rot = 11 : 13

gründeressiertes Tier II: grün : rot = 10 : 14

Vielmehr ist an den unregelmäßigen Verhältniszahlen oft das Rechts- und Linksbesuchsverhältnis schuld, so beispielsweise beim gründeressierten Tier II, das ein Verhältnis von rechts zu links wie 8:16 aufweist, so daß sich daraus sogar ein starkes Überwiegen der Gegenfarbe ergibt.

In gleichem Sinne wie das gründeressierte Tier II verhält sich auch das gelbdressierte Tier I. Es wurde absichtlich dieses ungünstige Verhältnis gewählt, um auch hier klarlegen zu können, daß es bei dieser starken Begünstigung des Gelb nicht um einen Dressurerfolg handelt. So haben wir hier gleich zu Beginn 7 erste Besuche auf Gelb. Dann folgen gleich 3 hintereinander auf Rot, 2 gelbe, 2 rote, 3 gelbe, 2 rote usw. Daraus ersehen wir recht gut, daß es sich um eine reine Zufälligkeit handelt, wenn 7 Besuche hintereinander auf eine Farbe erfolgen. Rechnen wir beispielsweise von Versuch 8 ab, so verschiebt sich das Verhältnis schon auf 9:8 für Gelb. Auch sprechen die Versuche mit den anderen auf Gelb dressierten Tieren

gegen eine Beeinflussung durch die Dressur, wie aus der Sammeltabelle am Schlusse dieses Abschnittes ersichtlich ist.

Das gelbdressierte Tier I erwies sich als der stärkste Hamsterer aller Tiere, mit denen Versuche unternommen wurden. Alles, was in die Futter-schalen kam, wurde fortgetragen. Sein Wohnkistchen war bei Versuchsende so mit Vorräten vollgestopft, daß das Tier keinen Platz mehr darin hatte. Vor dem Kistchen waren noch große Mengen an Hanf und Weizen aufgespeichert. Während die anderen Tiere oft lässig wurden, wenn genug Vorrat eingeheimst war (er wurde dann während der Versuche des öfteren wieder weggenommen), trug dieses Tier alles zusammen, was es nur finden konnte. Wenn trotzdem häufig nur wenige Besuchszahlen notiert sind, so liegt dies an der ungewöhnlichen Furchtsamkeit dieses Tieres, das sich nach der geringsten Bewegung des Beobachters sofort zurückzog.

Im Gegensatz zu diesem Tiere sei noch die Tabelle des gelbdressierten Tieres II (Tabelle 8c) gebracht, das nicht ein einziges Mal hamsterte. Es kam meist sehr spät und blieb dann oft bis zu einer halben Stunde vor den Futtertöpfchen sitzen. Darauf zog es sich zurück, um in etwa einer Viertelstunde wieder zu kommen und seine Mahlzeit fortzusetzen. Oft suchte es die Gegenfarbe nach Futter ab, ging darauf aber regelmäßig auf die mit Futter besichkte Seite.

Ein Grund veranlaßte mich noch, gerade diese drei Tabellen zu bringen. Es waren nämlich die drei Tiere, die ich nach Versuchsende noch nachsehen konnte, da sie nicht wie die anderen in Sammelkäfige gegeben wurden. Es erwiesen sich nämlich die beiden hamsternden Tiere als Weibchen, das nichthamsternde jedoch als Männchen. Es hat also den Anschein, als ob das Einheimsen, bzw. Nichteinheimsen der Vorräte geschlechtsbedingt sei. Da ich jedoch auf diese Eigentümlichkeit erst zu spät Rücksicht nahm, möchte ich auf diese Frage hier nur hingewiesen haben.

Die Tabelle 9 gibt nun ein Gesamtbild der mit Waldmäusen unternommenen Versuche. Aus ihr läßt sich deutlich ersehen, daß die Tiere sich nicht auf eine Farbe dressieren lassen. An Lernfähigkeit fehlt es den Waldmäusen sicherlich nicht, so daß der Bau des Auges ausschlaggebend sein muß für die Unfähigkeit der Farbenunterscheidung.

(Siehe Tabelle 9 auf nächster Seite.)

#### 4. Versuche mit Rötelmäusen (*Clethrionomys glareolus*).

##### A. Versuchsanordnung (Abb. 12, 14, 15).

Für diese Versuche wurden zwei Versuchsanordnungen aufgebaut. Die erste (Abb. 12 und 14) entspricht im Prinzip der bei den Beutelratten angewandten Anlage. Das Wohnkistchen WK, das eine Höhe und Breite von je 10 cm besitzt und oben durch eine der Dressurfarbe entsprechenden Glasscheibe abgeschlossen ist, wird an den Laufgang L angeschlossen. Dieser

Tabelle 9.

	rot grün	re. li.	rot blau	re. li.	rot gelb	re. li.	grün blau	re. li.	grün gelb	re. li.	blau gelb	re. li.
Rotdress. Tier I	13: 11	10: 14	12: 12	13: 11	11: 13	12: 12						
Rotdress. Tier II	10: 14	11: 13	9: 15	8: 16	11: 13	11: 13						
Rotdress. Tier III	12: 12	13: 11	13: 11	11: 13	11: 13	11: 13						
Rotdress. Tier IV	10: 14	11: 13	12: 12	14: 10	9: 15	14: 10						
Gründress. Tier I	12: 12	11: 13					10: 14	11: 13	13: 11	9: 15		
Gründress. Tier II	10: 14	12: 12					13: 11	10: 14	12: 12	12: 12	12: 12	
Gründress. Tier III	13: 11	12: 12					13: 11	15: 9	12: 12	11: 13		
Gründress. Tier IV	14: 10	8: 16					14: 10	12: 12	14: 10	15: 9		
Blandress. Tier I			13: 11	12: 12			14: 10	14: 10			10: 14	11: 13
Blandress. Tier II			11: 13	9: 15			12: 12	11: 13			11: 13	12: 12
Blandress. Tier III.			11: 13	13: 11			11: 13	10: 14			10: 14	12: 12
Blandress. Tier IV			15: 9	14: 10			14: 10	14: 10			11: 13	12: 12
Gelbdress. Tier I					8: 16	8: 26			13: 11	11: 13	12: 12	11: 13
Gelbdress. Tier II					11: 13	12: 12			12: 12	12: 12	14: 10	12: 12
Gelbdress. Tier III					10: 14	12: 12			12: 12	11: 13	12: 12	10: 14
Gelbdress. Tier IV					11: 13	9: 15			9: 15	16: 8	10: 14	13: 11

hat eine Länge von 50 cm, eine Höhe von 4 cm und eine anfängliche Breite von 5 cm, die sich bis zu seinem Ende auf 11 cm erweitert. Wohnkistchen und Laufgang können durch ein am Kistchen angebrachtes Schiebetürchen ST gegeneinander abgeschlossen werden. Von diesem Laufgang aus gelangen die Tiere in die beiden Futterkästen, die durch eine Querwand voneinander abgetrennt sind. Jeder von ihnen besitzt eine Höhe von 10 cm und eine Aufrißfläche von 20 cm<sup>2</sup>. Nach oben hin sind sie durch auswechselbare Farbglasscheiben zu verschließen. Jeder der beiden Futterkästen ist wiederum abgeteilt in einen Vorraum VR und den eigentlichen Futterraum FR, wo sich die Futtertöpfchen befinden. Durch die zwischen diesen beiden Räumen befindliche Wand ZW von 14 cm Länge und 8 cm Höhe wird bewirkt, daß die Futtertöpfchen für das Tier beim Betreten des Vorraumes noch nicht sichtbar sind. Über den Futterkästen ist die Beleuchtungsanlage BA 2 angebracht, die so angelegt ist, daß die Zwischenwände ZW grell beleuchtet sind. Über dem Wohnkistchen befindet sich die Beleuchtungsanlage BA 1.

Die zweite Versuchsanordnung (Abb. 15) wurde folgendermaßen aufgebaut: Das Wohnkistchen WK des betreffenden Versuchstieres wird an den Laufgang L angeschlossen, der 10 cm hoch ist und eine anfängliche Breite von 10 cm hat, die sich gegen die Futterkästchen hin auf 40 cm ausdehnt. Hier sind die 4 Kästchen FK 1, 2, 3, 4 angebracht, die die Maße der gewöhnlichen Wohnkistchen haben und oben durch auswechselbare Farbglasscheiben FG verschlossen sind. Die Beleuchtungsanlagen entsprechen der vorigen Versuchsanordnung.

### B. Dressur und erste Versuchsreihe.

Da die Tiere sehr rasch lernen, konnte die Dressur mit der ersten Versuchsreihe verbunden werden. So lassen sich aus den Tabellen auch Schlüsse auf die Lernfähigkeit der Rötelmäuse ziehen.

Die Dressur begann damit, daß die Tiere in ihren Wohnkistchen eingesperrt und durch die oben eingeschobenen Farbglasscheiben, die der Dressurfarbe entsprechen, beleuchtet wurden. Dadurch sollte erreicht werden, daß sich die Tiere an die ihnen zugeteilte Farbe gewöhnen sollten.

Die angeschlossenen Versuchsreihen erstreckten sich jeweils auf die Dauer von 15 Tagen, wobei an jedem Tage 12 Versuche angestellt wurden.

Die Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt: Das Wohnkistchen WK mit dem betreffenden Versuchstier wird an den Laufgang L angeschlossen und durch BA 1 beleuchtet. Nach etwa 10 Minuten wird BA 1 ausgeschaltet und das Schiebetürchen geöffnet. Meist kommt das Versuchstier sofort in einen der Futterkästen und nur selten dauert dies längere Zeit. Sie werden entsprechend den Farblichtversuchen bei Opossum durch verschiedenfarbiges Glas beleuchtet. Auch hier wird wiederum zuerst dem Rot Grün, dem Blau Gelb und umgekehrt entgegengestellt. Erst späterhin nimmt man die anderen

Farbenzusammenstellungen. Selbstverständlich werden auch hier die Scheiben ständig vertauscht, um eine Rechts- oder Linksdressur der Tiere zu vermeiden. Nur die Dressurfarbe ist mit Futter, das aus Hanf, Weizen und kleinen Scheiben gelber Rüben besteht, und Wasser beschickt. Daß der Geruch bei den Tieren keine Rolle spielt, geht schon aus der Besuchszahl der ersten Tage hervor. Trotzdem werden späterhin auch Versuche unternommen, in denen beide Futterkästen mit Nahrung versehen sind. Das hat jedoch auf deren Ausfall keinen Einfluß.

Jeder erste Besuch wird notiert. Um dem Tier Gelegenheit zu geben, zu erlernen, wo das Futter zu finden ist, wird der Versuch so lange fortgesetzt, bis es sich von selbst wieder dauernd in sein Wohnkistchen zurückzieht. Dann erst wird das Schiebetürchen geschlossen und der Versuch abgebrochen.

Auch bei den Rötelmäusen sind wieder hamsternde von nichthamsternden zu unterscheiden. Es besteht jedoch eine so große Ähnlichkeit mit den Waldmäusen, daß es sich erübrigt, näher darauf einzugehen. Nur ein Fall sei von einer hamsternden Rötelmaus berichtet. Es handelte sich um ein Tier, daß alle Vorräte in sein Kistchen schleppte, deren es nur habhaft werden konnte. Es wurde ihm deshalb einmal eine ganze gelbe Rübe in den Futterraum gegeben, die so groß war, daß sie unmöglich durch den Eingang in den Laufgang gebracht werden konnte. Nach längeren vergeblichen Bemühungen zog das Tier die gelbe Rübe wieder in den Futterkasten zurück und benagte sie von allen Seiten so lange, bis es ihr endlich gelang, sie in sein Wohnkistchen zu schaffen. Diesem Tier mußten häufig die Vorräte, die es gesammelt, wieder genommen werden, da es des öfteren sein Wohnkistchen wegen der vielen gespeicherten Nahrung nicht mehr verlassen konnte.

Da die Tabellen sich im wesentlichen alle gleichen, so seien nur die zweier Tiere, der Rötelmause Rot I und Grün I gebracht.

Tabelle 10.

	Rot I						Grün I					
	rot	grün	rot	blau	rot	gelb	grün	rot	grün	gelb	grün	blau
1. Tag	7	5	12	0	8	4	4	8	7	5	6	6
2. "	6	6	12	0	9	3	6	6	9	3	8	4
3. "	7	5	11	1	9	3	5	7	9	3	9	3
4. "	7	5	12	0	10	2	7	5	8	4	1	11
5. "	9	3	12	0	10	2	8	4	10	2	7	5
6. "	7	5	11	1	12	0	10	2	11	1	6	6
7. "	10	2	12	0	12	0	10	2	10	2	9	3
8. "	12	0	11	1	12	0	9	3	9	3	2	10
9. "	11	1	12	0	10	2	12	0	8	4	10	2
10. "	12	0	12	0	12	0	11	1	11	1	6	6
11. "	12	0	12	0	12	0	12	0	10	2	7	5
12. "	10	2	11	1	11	1	10	2	11	1	7	5
13. "	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	3	9
14. "	12	0	12	0	12	0	12	0	10	2	6	6
15. "	12	0	12	0	12	0	12	0	11	1	7	5

Betrachten wir nun einmal die Tabelle Rot I! Wir sehen, daß sich in den ersten 6 Tagen (mit Ausnahme des 5.) die Besuche auf Rot und Grün ziemlich die Wage halten. Mit dem 7. Tage jedoch zeigt sich ein deutliches Übergewicht des dressierten Rot und vom 13. Tage ab erfolgt überhaupt kein Besuch mehr auf Grün. Schreiten wir nunmehr zur Farbgegenüberstellung Rot-Blau. Hier sehen wir deutlich, daß das Blau überhaupt nicht berücksichtigt wird. Man möchte glauben, daß dies eine Folge der Rotdressur ist. Das ist aber nur bedingt richtig, wie wir aus der nächstfolgenden Rubrik Rot-Gelb ersehen werden. Die Tiere können nämlich, wie wir späterhin noch deutlich sehen werden, blau und grün nicht unterscheiden. Es sind dies für das Rötelmausauge physiologisch gleichwertige Farben und daher erklärt sich das gleich zu Anfang auftretende positive Ergebnis der Versuchsreihe. Wesentlich anders verhalten sich die anfänglichen Resultate der Rubrik Rot-Gelb. Wohl wird sichtbar auch schon bei Beginn der Versuchsreihe das Rot vorgezogen. Jedoch besucht das Tier sehr häufig auch das Gelb, wo es ebenfalls sorgfältig nach Nahrung sucht. Durch die wiederholten Enttäuschungen jedoch lernt es sehr rasch, daß wiederum nur auf Rot das Futter zu finden ist.

Wenden wir uns nun zu der Tabelle Grün II! Die Grün-Rot-Rubrik entspricht hier etwa, nur umgekehrt, dem vorigen Fall. Bei der Farbzusammenstellung Grün-Gelb jedoch sehen wir, daß das Tier zu Anfang der Versuchsreihe wohl auch das Grün bevorzugt, dann sich ziemlich rasch auf seine Dressurfarbe einstellt, um dann aber wieder am 8. und 9. Tage Resultate von nur 9 : 3 und 8 : 4 zu erreichen. Weiterhin zeigt sich, daß das Tier nur ein einziges Mal das Ergebnis 12 : 0 erreicht. Die Tiere können nämlich vielfach schwerer Grün von Gelb als etwa Grün von Rot unterscheiden. Daß grün und blau von dem Tier in keiner Weise unterschieden werden kann, zeigt die Rubrik Grün-Blau. Keine der beiden Farben wird bevorzugt.

Man möchte vielleicht noch denken, daß überhaupt nicht die Farben, sondern die Lichtintensitäten ausschlaggebend für die Ergebnisse der Versuche sind. Daher wurden noch Versuche unternommen analog denen, die bei Opossum beschrieben sind. Sie verliefen jedoch gänzlich erfolglos. — Überdies zeigt schon die Gleichwertigkeit des Blauen und Grünen für das Rötelmausauge, daß die Intensität keine Rolle spielen kann; denn das Grün ist bei den verwendeten Glasscheiben ungleich heller als das Blau.

### C. Zweite Versuchsreihe.

Diese zweite Versuchsreihe wird analog der vorher beschriebenen ausgeführt. Hier bieten sich also dem Blickfeld des Tieres die vier Farben Rot, Grün, Blau und Gelb. Sie werden ständig so gewechselt, wie aus der Tabelle 11 ersichtlich ist.

Die zu diesen Versuchen verwendeten Tiere sind dieselben, die auch

zu den vorhergehenden benutzt wurden. Es kamen also in diese Versuche nur solche Tiere, die schon gut vordressiert waren. Es ist wiederum zu bemerken, daß das Futter nur auf die Dressurfarbe gegeben wurde, jedoch ständig so versteckt, daß das Tier es erst bei Betreten des Raumes finden konnte.

Es sei nun die Tabelle 11 gebracht, in der eine Zusammenstellung der Versuche mit 2 rot-, 2 grün-, 2 blau- und 2 gelbdressierten Tieren gebracht wird. Mit jedem der Tiere wurden 48 Versuche gemacht. Die Ergebnisse sind jeweils von oben nach unten zu lesen.

Für Tier Rot I ergibt sich folgendes Verhältnis der einzelnen Besuche:  
rot : grün : blau : gelb = 42 : 2 : 2 : 2.

Wir ersehen hieraus, daß rot von allen anderen Farben deutlich unterschieden wird.

Ein etwas ungünstigeres Verhältnis zeigt Tier Rot II:

rot : blau : grün : gelb = 34 : 6 : 4 : 4.

Hierzu muß bemerkt werden, daß die Lernfähigkeit der Rötelmäuse überhaupt großen Abstufungen unterworfen ist. Viele Tiere sind zu Versuchen kaum zu gebrauchen, andere dagegen, wie aus den Tabellen 10 und 11 hervorgeht, lernen wieder sehr rasch.

Tier Grün I weist folgendes Verhältnis auf:

grün : blau : gelb : rot = 23 : 16 : 7 : 2

und das des Tieres Grün II ist:

grün : blau : gelb : rot = 29 : 16 : 2 : 1.

Es wurde schon im vorhergehenden Abschnitt auf das Unvermögen des Rötelmausauges hingewiesen, grün von blau zu unterscheiden. Aus diesen Verhältniszahlen jedoch möchte man vielleicht den Schluß ziehen, daß das dressierte Grün doch physiologisch anderswertig empfunden würde wie das nichtdressierte Blau. Das beruht jedoch auf bloßem Zufall, wie die nächste Tabelle noch zeigen wird.

Bei den beiden auf Blau dressierten Tieren stimmen die Verhältniszahlen zwischen blau und grün genau überein:

Tier Blau I:

blau : grün : gelb : rot = 21 : 21 : 5 : 1.

Tier Blau II:

blau : grün : rot : gelb = 21 : 21 : 4 : 2.

Wir sehen aber, daß Blau und Grün in jedem der vier angeführten Fälle deutlich von Rot und Gelb unterschieden werden.

Gelb wiederum läßt sich wie Rot von allen anderen Farben unterscheiden, wie die Verhältniszahlen der beiden Tiere Gelb I und Gelb II zeigen:

Tier Gelb I:

gelb : grün : rot : blau = 38 : 6 : 3 : 1.

Tabelle II.

FK			Rot I	Rot II	Grün I	Grün II	Blau I	Blau II	Gelb I	Gelb II
A	B	C	D							
r.	gr.	bl.	ge.	r.	gr.	gr.	bl.	r.	ge.	ge.
bl.	ge.	r.	gr.	r.	r.	gr.	gr.	bl.	ge.	ge.
gr.	r.	ge.	bl.	r.	bl.	bl.	bl.	bl.	ge.	ge.
ge.	bl.	gr.	r.	gr.	gr.	gr.	bl.	bl.	ge.	ge.
bl.	gr.	r.	ge.	bl.	gr.	gr.	gr.	gr.	r.	ge.
r.	ge.	bl.	gr.	r.	gr.	bl.	bl.	gr.	ge.	ge.
gr.	bl.	ge.	r.	r.	bl.	gr.	bl.	gr.	ge.	ge.
ge.	r.	gr.	bl.	r.	gr.	bl.	gr.	bl.	ge.	ge.
r.	bl.	gr.	ge.	r.	ge.	gr.	bl.	bl.	ge.	ge.
gr.	ge.	r.	bl.	bl.	bl.	bl.	r.	gr.	ge.	r.
bl.	r.	ge.	gr.	r.	gr.	gr.	r.	gr.	ge.	ge.
ge.	gr.	bl.	r.	r.	ge.	bl.	ge.	gr.	ge.	ge.
r.	ge.	gr.	bl.	r.	gr.	gr.	gr.	bl.	ge.	bl.
bl.	gr.	ge.	r.	r.	bl.	bl.	bl.	gr.	ge.	ge.
gr.	bl.	r.	gr.	r.	gr.	gr.	bl.	gr.	ge.	ge.
ge.	r.	gr.	bl.	r.	gr.	ge.	bl.	gr.	ge.	ge.
r.	ge.	bl.	gr.	gr.	bl.	gr.	bl.	gr.	ge.	ge.
bl.	r.	ge.	r.	r.	gr.	bl.	gr.	gr.	bl.	ge.
ge.	gr.	bl.	ge.	r.	ge.	gr.	ge.	gr.	r.	ge.
r.	ge.	gr.	bl.	r.	gr.	gr.	gr.	bl.	ge.	ge.
bl.	gr.	r.	gr.	r.	bl.	bl.	bl.	bl.	ge.	ge.
ge.	bl.	ge.	r.	r.	gr.	r.	bl.	gr.	ge.	r.



## Tier Gelb II:

gelb : grün : rot : blau = 38 : 4 : 4 : 2.

Um nochmals sicher die physiologische Gleichwertigkeit von Grün mit Blau zu beweisen, wurde mit den Tieren Grün I und Grün II noch eine Versuchsreihe angestellt. Hier wurde die Versuchsanordnung dahin variiert, daß anstatt der vier Farben Rot, Gelb, Grün und Blau nur die beiden Farben Grün und Blau genommen wurden, und zwar wurden jeweils drei Kistchen durch blaue Scheiben und eines durch eine grüne Scheibe beleuchtet. Wie die Umstellung der Scheiben erfolgte, ist aus der Tabelle 12 zu ersehen. Wiederum sind die Resultate von oben nach unten zu lesen.

Tabelle 12.

				Grün I				Grün II					
gr.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	gr.	gr.	gr.	bl.	bl.	bl.
bl.	gr.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	gr.	bl.	bl.	bl.	gr.	bl.
bl.	bl.	gr.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	gr.	gr.
bl.	bl.	bl.	gr.	gr.	bl.	bl.	bl.	gr.	gr.	bl.	bl.	bl.	bl.
gr.	bl.	bl.	bl.	gr.	bl.	gr.	bl.	bl.	gr.	gr.	bl.	bl.	bl.
bl.	gr.	bl.	bl.	bl.	gr.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	gr.	bl.	gr.
bl.	bl.	gr.	bl.	bl.	bl.	gr.	gr.	bl.	bl.	gr.	bl.	gr.	bl.
bl.	bl.	bl.	gr.	bl.	bl.	bl.	bl.	bl.	gr.	gr.	bl.	bl.	bl.

Hier ergibt sich für das Tier Grün I ein Verhältnis von

grün : blau = 10 : 38

oder in Prozenten ausgedrückt: 21% Besuche auf Grün und 79% Besuche auf Blau. Es sind dies also noch weniger Besuche auf Grün, als sich nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung ergeben müßten, wo die Besuchszahl sich auf 25% stellen würde.

Bei Grün II verschiebt sich das Verhältnis auch nur gering, diesmal jedoch nach der anderen Seite:

grün : blau = 16 : 32.

33,3% der Besuche fallen also auf Grün, 66,6% auf Blau.

Damit ist wohl hinreichend bewiesen, daß die Farben Blau und Grün physiologische Gleichwertigkeit für das Rötelmausauge besitzen.

## 5. Versuche mit Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*).

### A. Versuchsanordnung (Abb. 16 u. 17).

Durch den 1,25 m langen, 30 cm hohen und 28 cm breiten Laufgang kommt das Tier in die Futterkästen FKA und FKB, die durch eine Scheidewand voneinander getrennt sind. Sie besitzen eine Höhe von 30 cm, eine jeweilige Breite von 22 cm und eine Länge von 35 cm. Am Ende, den Eingängen zugekehrt, sind die Farbglassplatten eingeschoben, die durch die Beleuchtungsanlage BA erhellt werden. Die Futtertöpfchen T sind unter

einem horizontalen Brett verborgen, um sie dem Gesichtsfelde des Tieres zu entziehen.

### B. Dressur und Versuche.

Zu den Versuchen wurde ein zahmes Eichhörnchen verwendet. Die Dressurversuche, die auf drei Wochen ausgedehnt wurden, bewiesen wiederum, daß der Geruchssinn bei dem Tiere keine Rolle spielt. Es erfolgen nämlich zu Anfang gleiche Besuchszahlen auf die dressierte Farbe Grün, wie auf die Gegenfarbe Rot. Auch hier wurden die Glasscheiben nahezu ständig gewechselt und nur auf die Dressurfarbe Futter gegeben. Täglich wurden drei Versuche mit dem Tier unternommen. Es gewöhnte sich rasch daran, die versteckten Futtertöpfchen mit seinen Pfötchen hervorzuziehen.

Tabelle 13.

	Gründressur			Rotdressur		
	grün blau	grün rot	grün gelb	rot gelb	rot blau	
1.	+	—	—	+	+	
2.—5.	+	+	+	+	+	
6.	—	+	—	+	+	
7.	+	+	+	—	+	
8.—11.	+	+	+	+	+	
12.	+	—	+	+	+	
13.—20.	+	+	+	+	+	
21.	+	+	+	+	+	
22.	+	+	+	+	+	
23.	+	+	+	—	+	
24.	+		+	+	+	
25.	+			+	+	
26.	+			+	+	
27.	+			+	+	
28.	+			+	+	
	28 : 1	21 : 2	22 : 2	28 : 2	20 : 0	

Wie die Tabelle 13 zeigt, ist es dem Tiere möglich, sämtliche Farben zu unterscheiden. + bedeutet hier, daß es die dressierte Farbe gewählt hat; —, daß es die Gegenfarbe besuchte.

Nach den ersten drei Versuchsreihen wurde das Tier auf Rot umdressiert. Dem Roten wurde hier Gelb, nicht wie sonst zu Beginn einer Versuchsreihe Grün gegenübergestellt. Dies geschah, um das Tier nicht durch die eingeprägte Farbe Grün zu täuschen. Nach einer Dressurperiode von 10 Tagen hatte es sich vollkommen auf Rot umgestellt. Als ihm späterhin, was in der Tabelle nicht vermerkt ist, wiederum Rot und Grün, das Futter aber auf Rot, gegeben wurde, zeigte es sich, daß es sich durch das Grün in keiner Weise mehr irritieren ließ und seine Besuche auf der zweiten Dressurfarbe Rot fortsetzte. Es hatte also die grüne Dressurfarbe völlig vergessen.

## 6. Histologische Betrachtung und Schlußfolgerungen.

Im Anschluß an den physiologischen Teil interessieren uns bei der histologischen Untersuchung vor allem

1. das Gesamtbild jedes einzelnen Auges,
2. die verschiedenen anatomischen Verhältnisse der Cornea und
3. die der Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina.

Bevor wir jedoch in die nähere Erörterung eintreten, sei noch das Wesentlichste über die Technik gesagt:

Fixiert wurden die Augen in Kolmer, Susa, Szent-Györgyi und Zenker. Als gut erwiesen sich die letzten drei, während bei Kolmer die Augen stark schrumpften.

Die kleinen Augen von Wald- und Rötelmäusen wurden in Paraffin, die größeren von Opossum und Eichhörnchen in Celloidin eingebettet. Die Schnittdicke betrug 8—10  $\mu$ .

Gefärbt wurden die Paraffinschnitte teils mit Hämatoxylin Delafield + Chromotrop, teils mit Eisenhämatoxylin Heidenhain + Eosin; die Celloidinschnitte mit Hämatoxylin Delafield + Eosin, Eisenhämatoxylin Heidenhain + Pikrinsäurefuchsin und Eisenhämatoxylin Weigert + Pikrinsäurefuchsin nach van Gieson. Nicht genügend war die Darstellung der Kernstruktur bei Delafieldfärbung, sehr gut dagegen bei Heidenhain und Weigert-v. Gieson. Letztere Methode wurde hauptsächlich verwendet, da die Gewebe durch sie am deutlichsten differenziert werden.

Wenn wir den Bulbus der untersuchten Augen als Ganzes betrachten, so finden wir, daß er bei Opossum (Abb. 1), Waldmaus (Abb. 2) und Rötelmaus (Abb. 3) nahezu Kugelform besitzt und zwar betragen hier die Maße an der Stelle des Eintritts des Nervus opticus

- |                   |            |         |
|-------------------|------------|---------|
| a) für Opossum:   | Augenhöhe  | 9,1 mm  |
|                   | Augentiefe | 10,0 mm |
| b) für Waldmaus:  | Augenhöhe  | 4,6 mm  |
|                   | Augentiefe | 4,7 mm  |
| c) für Rötelmaus: | Augenhöhe  | 3,5 mm  |
|                   | Augentiefe | 3,4 mm  |

Nur das Eichkätzchen (Abb. 4) weicht stark von diesem Typus ab. An der Übergangsstelle der Sclera in die Cornea befindet sich eine kräftige Einziehung und die Cornea wölbt sich von hier an kugelförmig vor. Wir haben hier eine ähnliche Erscheinung wie bei den Eulen, wo „eine zu gewaltige Vergrößerung der Augen durch Umbildung zu Teleskopaugen vermieden ist [Abb. 5]. Die auffällige Dicke des Kopfes der Eulen ist ja eine Folge der bedeutenden Größe ihrer Augen. Darin übertreffen sie andere Vögel bei weitem. Beim Waldkauz (*Strix aluco*) z. B. beträgt das Gewicht beider Augen  $\frac{1}{32}$  des Körpergewichts; bei anderen gleichgroßen Vögeln macht es etwa

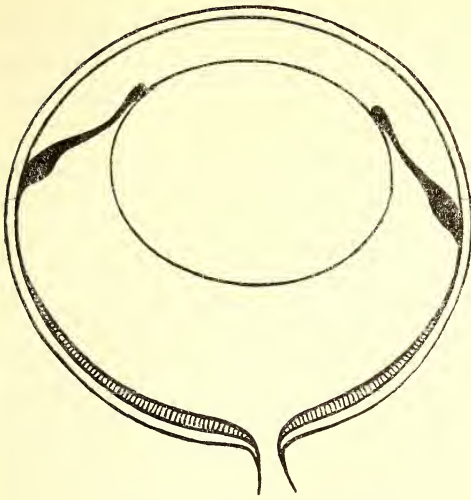


Abb. 1. Auge von *Didelphis*.  
6 × nat. Gr.

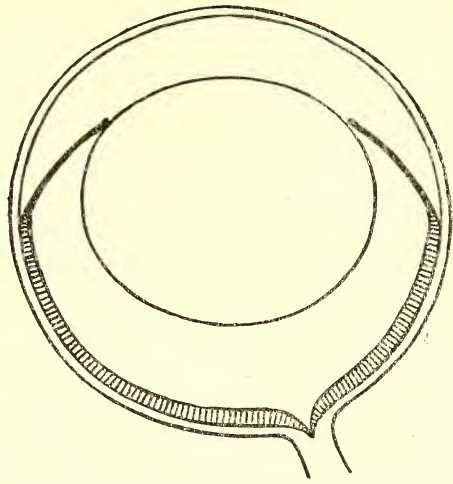


Abb. 2. Auge von *Apodemus sylvaticus*.  
12 × nat. Gr.

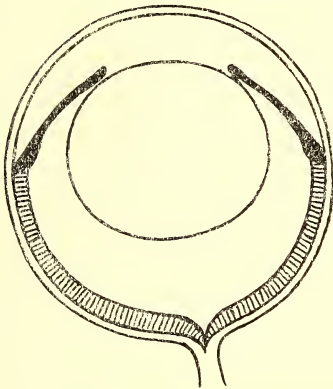


Abb. 3. Auge von *Clethrionomys glareolus*.  
12 × nat. Gr.

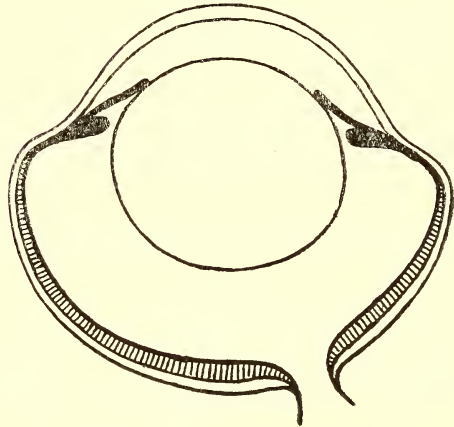


Abb. 4. Auge von *Sciurus vulgaris*.  
6 × nat. Gr.

<sup>1</sup>/<sub>90</sub> aus“ (HESSE). Wir können hier also annehmen, daß die Umbildung zu einem, wenn auch nicht sehr ausgeprägten Teleskopauge, einer allzustarken Vergrößerung des Eichkätzchenauges vorbeugen dürfte.

Weiterhin „gibt es bei Lufttieren noch eine andere Möglichkeit, trotz Vergrößerung des Linsendurchmessers die Gesamtmaße des Auges klein zu halten, nämlich stärkere Wölbung von Cornea und Linse. Dadurch wird die Brechkraft des lichtbrechenden Apparates erhöht und sein Brennpunkt an die Hinterfläche der Linse herangerückt; unter Verkleinerung des Glaskörpers liegt dann die Netzhaut sehr nahe an der Linse“ (HESSE). Dies zeigt sich

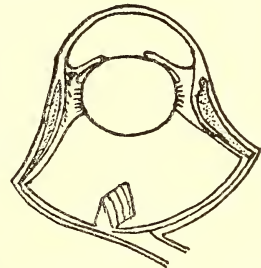


Abb. 5. Auge von *Bubo*.  
<sup>3</sup>/<sub>4</sub> nat. Gr.  
Nach SOEMMERING.

wiederum sehr deutlich beim Eichkätzchenauge. Wir haben hier eine sehr starke Krümmung der Cornea, wie auch der Linse. Es scheinen hier also alle Möglichkeiten ausgenützt, um das Auge des Eichkätzchens möglichst klein zu halten.

Die für die anderen Augen schon angeführten Maße betragen für das Eichkätzchen:

Augenhöhe: 8,0 mm

Augentiefe: 10,0 mm

Betrachten wir nun die Linsenverhältnisse bei unseren beiden Nachtieren Opossum und Waldmaus. In beiden Fällen finden wir hier eine ellipsoide Linsenform, und zwar ist die Linse beim Waldmausauge verhältnismäßig ungleich größer als die beim Opossum. Es ist dies auch notwendig, da für den Lichteinlaß die absolute Größe der Linse maßgebend ist. Die Wölbung der Linse ist immerhin noch sehr stark, wie die Maße beweisen:

- |                  |             |        |
|------------------|-------------|--------|
| a) für Opossum:  | Durchmesser | 4,8 mm |
|                  | Achse       | 6,8 mm |
| b) für Waldmaus: | Durchmesser | 2,7 mm |
|                  | Achse       | 3,2 mm |

Noch mehr der Kugelform nähern sich die Linsen von Rötelmaus und Eichkätzchen. Hier finden sich folgende Maße:

- |                      |             |        |
|----------------------|-------------|--------|
| c) für Rötelmaus:    | Durchmesser | 2,3 mm |
|                      | Achse       | 2,6 mm |
| d) für Eichkätzchen: | Durchmesser | 4,7 mm |
|                      | Achse       | 4,9 mm |

Alle diese Linsen sind relativ sehr groß, wie überhaupt Beutler und Nager, wie auch viele Halbaffen, die relativ größten Linsen besitzen, gleichviel, ob es sich um Tag- oder Nachttiere handelt.

Eine besondere Eigentümlichkeit für Nachttiere ist noch die stark vorgewölbte Cornea, wie dies auch sehr ausgeprägt bei den Opossum und Waldmäusen zu erkennen ist. Auch der Ansatz der Iris an der Linse ist hier so beschaffen, daß möglichst viel Licht in dieselbe gelangen kann.

Auch im Bau der Sclera weicht das Eichkätzchenauge wieder erheblich von den andern untersuchten Augen ab. So ist die bindegewebige Subst. propria mehr als zweimal so stark als bei Wald- und Rötelmäusen, ja selbst noch nahezu doppelt so stark als bei Opossum, wo sie nur wenig stärker als bei den Mäusen ist. So finden wir beim Eichhörnchen eine grobfaserige, nur leicht gelockerte Struktur, beim Opossum ist sie sehr straff und feinfaserig, bei den beiden Mausarten dagegen sehr stark aufgelockert und nur ein Netz von Bindegewebssträngen bildend. Die beiden Membranen, die Bowmansche, und die Descemetsche, besitzt nur das Eichkätzchen, das Opossum nur die Descemetsche und bei den Mäusen fehlen beide vollständig. Die

mikroskopischen Bilder der verschiedenen Corneae (Abb. 19—22) sind in gleichem Maßstab ausgeführt und mit Zeiß-Ölimmersion 1/12 und Okular 5 gezeichnet.

### Die Retinae.

Die Duplizitätstheorie oder die Theorie eines Doppelapparates in der Wirbeltiernetzhaut besagt, daß die Zapfen den Apparat für das farben-tüchtige Tagessehen, die Stäbchen den für das farbenblinde Dämmerungssehen darstellen. Sie gründet sich auf verschiedene Beobachtungen:

1. In der Area centralis stehen bei Tagestieren nur oder fast nur Zapfen. Nach dem Netzhautrande zu nehmen die Zapfen gegenüber den Stäbchen an Zahl ab und das Farbenunterscheidungsvermögen sinkt bis zu totaler Farbenblindheit in der Netzhautperipherie.

2. Dämmerungstiere (Fledermäuse, Igel, Maulwurf, Maus, Lemuren, Dämmerungsvogel, Gecko, Tiefseefische) besitzen in der Netzhaut ganz über-wiegend oder ausschließlich Stäbchen.

3. Bei Tagestieren sind Zapfen stets reichlich vorhanden. Sie können die Stäbchen an Zahl übertreffen, ja bei manchen Tieren, deren Sehen auf helles Tageslicht beschränkt ist, können ausschließlich Zapfen vorhanden sein, z. B. bei manchen Eidechsen.

4. Dressurversuche mit Mäusen und Lemuren zeigten, daß diese Dämmerungstiere sehr farbenschwach oder total farbenblind sind (BIERENS DE HAAN und FRIMA).

5. Beim Dämmerungssehen geht beim Menschen und ebenso bei Fischen das Farbenunterscheidungsvermögen verloren.

6. Bei den Fischen geht gleichzeitig mit dem Übergang vom farben-tüchtigen Tagessehen zum farbenblinden Dämmerungssehen in der Netzhaut ein Platzwechsel der Zapfen und Stäbchen einher (FRISCH). [Darstellung nach KÜHN].

MENNER hat gezeigt, daß der Bau der Kerne der Stäbchen- und Zapfen-zellen ein Kriterium zur sicheren Unterscheidung von Stäbchen und Zapfen darstellt, selbst wenn die allgemeine Gestalt dieser Elemente eine sichere Entscheidung darüber nicht zuläßt. Die Stäbchen- und Zapfenkerne zeigen nämlich eine so verschiedene Struktur, daß es unmöglich ist, sie zu ver-wechseln. Die Kerne der Zapfen sind immer, oft sogar recht bedeutend größer als die der Stäbchen. Ihre chromatische Substanz stellt ein lockeres Netzwerk dar, während die der Stäbchenkerne dichte Schollen bildet.

Besprechung der Zapfen- und Stäbchenverhältnisse der einzelnen Augen in ihrer Beziehung zum jeweiligen physiologischen Befund.

#### a) Opossum (Abb. 23).

Wie wir gesehen haben, läßt sich das Opossum nicht auf Farbe dressieren. Der histologische Befund aber zeigt, daß trotzdem Zapfenkerne

in der nervösen Schicht der Retina zu finden sind. Es widerspricht dies jedoch nicht der allgemeinen Auffassung, daß Dämmerungstiere in der Netzhaut ganz überwiegend oder ausschließlich Stäbchen besäßen, da bei Opossum Zapfen nur in relativ beschränkter Anzahl vorhanden sind.

Im Durchschnitt treffen auf einen Zapfen etwa 100 Stäbchen. Doch sind die Zapfen nicht gleichmäßig in der Retina verteilt. Man darf jedoch nicht glauben, daß die Strecken mit mehr oder weniger Zapfenkernen kontinuierlich aneinander liegen, sondern sie wechseln willkürlich miteinander ab. Dabei hat auch die Eintrittsstelle des Sehnervs keinen Einfluß. Nach dem Netzhautrande zu nehmen die Zapfen gegenüber den Stäbchen also nicht an Zahl ab, wie dies im allgemeinen angenommen wird.

Es besteht nun die Frage, ob dieser Fall mit der Duplizitätstheorie zu vereinigen ist. Die relativ geringe Anzahl der Zapfen bei diesen ausgesprochenen Nachttieren deckt sich mit den für Dämmerungstiere beobachteten Tatsachen. Das Farbensehen dürfte für die Tiere also keine biologische Bedeutung haben. Sollten diese Zapfen vielleicht noch als ein Überrest einer früheren Lebensweise bei Tage aufzufassen sein? Diese Frage muß vollkommen offen bleiben. Ist aber ein Erkennen von Farben unbedingt an das Vorhandensein von Zapfen gebunden? Die mannigfaltigen Beobachtungen sprechen sehr eindringlich dafür. Beim Menschen beispielsweise ist die Fovea, in der nur Zapfen stehen, nicht adaptionsfähig. In der Netzhautperipherie dagegen sinkt das Farbenunterscheidungsvermögen bis zu totaler Farbenblindheit und tatsächlich zeigt sich, daß hier nur mehr Stäbchen vorhanden sind. Das Gesichtsfeld für Farben ist also wesentlich eingeschränkt gegenüber dem Gesichtsfeld für Weiß.

Es zeigt sich nun, daß die Tiere sich nicht auf Farbe dressieren lassen. Dafür lassen sich nun allerdings, wenn man auch ein Farbensehen annehmen wollte, zwei Gründe anführen:

1. Die Tiere sind zu unintelligent, um sich die Dressurfarbe einprägen zu können,
2. Der Geruchsinn ist bei den Opossum so ausschlaggebend, daß die Farbe für sie keine Rolle spielt.

Wir haben also zwei Faktoren, mit deren Hilfe sich das Nichtbeachten der Farben erklären ließe. Dazu käme noch das völlig Ungewohnte, sich mit Hilfe der Farben orientieren zu müssen. Bei der geringen Lernfähigkeit wäre es daher erklärlich, daß sich eine solche Umstellung der Lebensweise für die Tiere als zu schwierig herausstellte. Andererseits ist aber, wie wir gesehen haben, das Geruchsvermögen der Tiere so intensiv ausgebildet, daß sie sich wohl nur von ihm leiten lassen. Wie sicher sie selbst die kleinsten Stückchen Fleisch in ihrem Futterkasten finden, ist ja im physiologischen Befund zur Genüge niedergelegt worden.

Durch Ausschaltung des Olfactorius würde sich vielleicht eine endgültige

Entscheidung über den Farbensinn von Opossum erreichen lassen. Jedoch ist dabei zu befürchten, daß die Tiere durch diesen Eingriff so sehr in ihrer Lebensweise gestört würden, daß sie dann zu Versuchen untauglich wären.

#### b) Waldmaus (Abb. 24).

Bei der Waldmaus stimmt nach der Duplizitätstheorie der histologische Befund mit dem physiologischen überein. Wir sahen, daß kein Tier auf Farbe zu dressieren war und tatsächlich besitzt die Waldmaus in ihrer Retina auch ausschließlich Stäbchenkerne, die nach der Eintrittsstelle des Sehnervs zu dichter liegen wie an der Netzhautperipherie. Auf unserem Bilde ist der besseren Übersicht halber eine Stelle gewählt, an der die Stäbchenkerne weniger dicht gelagert sind.

#### c) Rötelmäus (Abb. 25).

Bei den Versuchen mit Rötelmäusen sahen wir, daß die Tiere wohl imstande sind, Farben voneinander zu unterscheiden, jedoch grün und blau physiologisch gleichwertig sind. Dabei muß natürlich offen bleiben, ob grün und blau als einheitlicher Farbton oder als entsprechende Graustufen gewertet werden.

Die Zapfen machen etwa 4% der Gesamtkerne aus. Die Verteilung derselben ist in der ganzen Retina gleichmäßig. Es nehmen also weder die Zapfen an der Eintrittsstelle des Sehnervs an Zahl zu, noch an der Netzhautperipherie ab. Die Duplizitätstheorie widerspricht dem physiologischen Befund nicht.

Betrachten wir nun im Anschluß hieran die beiden wichtigsten Farbsehtheorien, nämlich 1. die von THOMAS YOUNG (1807) und HERMANN VON HELMHOLTZ (1852) und 2. die von EWALD HERING.

1. Die YOUNG-HELMHOLTZ'sche Dreikomponentenlehre nimmt an, daß in der Retina drei verschieden reizbare Komponenten (Sinneszellensorten, Sehsubstanzen) vorhanden sind, von denen die erste ihr Erregbarkeitsmaximum im Rot, die zweite im Grün, die dritte im Blau hat. Die Eindrücke der dazwischen liegenden Farben werden durch verschieden starkes Ansprechen der drei Komponenten bedingt. Eine farblose Empfindung (weiß) wird ausgelöst durch gleichzeitige, gleichstarke Erregung aller Komponenten. Diese Anschauung stützt sich in erster Linie auf die Tatsache, daß durch Mischung aus den drei Grundfarben sich alle übrigen Farben erzeugen lassen (KÜHN).

Das Schema für die YOUNG-HELMHOLTZ'sche Farbsehtheorie veranschaulicht Abb. 6. In diesem Schema sind in horizontaler Richtung die Spektralfarben in ihrer natürlichen Reihenfolge aufgetragen. Die drei durcheinander gezeichneten Kurven mögen die Erregungsstärke der drei Arten von Netzhautelementen darstellen: die ausgezogene Kurve die der rotempfindenden, die punktierte die der grünempfindenden und die gestrichelte die der blauempfindenden.



Das spektrale Rot erregt nun stark die rotempfindenden, schwach die beiden anderen Arten der Netzhautelemente. Das spektrale Grün und Blau verhält sich analog dem Rot. Das spektrale Gelb erregt mäßig stark die rot und grün empfindenden Elemente, schwächer die blauempfindenden usw. Erregung aller Elemente in ziemlich gleicher Stärke bewirkt die Empfindung von Weiß. (Darstellung nach LANDOIS-ROSEMANN).

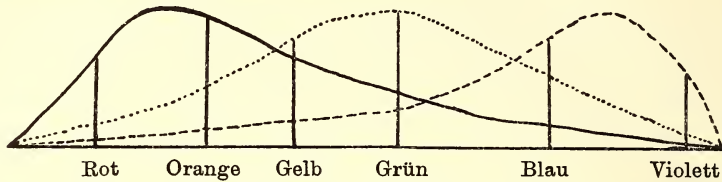


Abb. 6. Schema für die YOUNG-HELMHOLTZ'sche Farbentheorie nach LANDOIS-ROSEMANN.

Wie würde sich nun das Schema bei der Rötelmaus darstellen? Hier sind Blau und Grün physiologisch gleichwertig. Da gibt es nun zwei verschiedene Möglichkeiten. — 1. Blau und Grün werden als einheitliche Farbe empfunden. — 2. Die Rötelmaus ist blaugrünblind, und Blau und Grün erscheinen als entsprechende Graustufen. Da ja alle Dressurversuche auf verschiedene Intensitäten ergebnislos waren, so ist dieser Fall gut denkbar.

Betrachten wir zuerst den ersten Fall. Die Komponenten Grün und Blau des Schemas (Abb. 6) können dann in einer einzigen Kurve zusammengefaßt werden, indem man die beiden Kurven für Blau und Grün addiert. Die Figur würde sich dann verändern wie Abb. 7 zeigt.

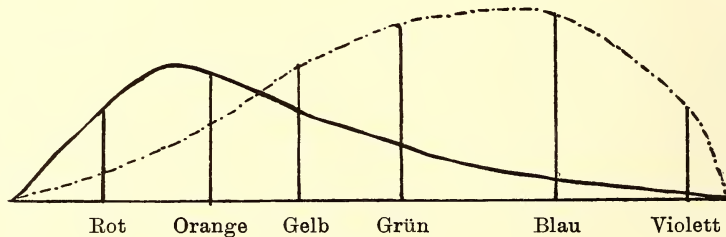


Abb. 7.

Das spektrale Rot erregt nun hier wieder stark die rotempfindenden, schwächer dagegen die grünblauempfindenden Arten der Netzhautelemente und das spektrale Gelb wiederum stark die rotempfindenden und weniger stark die grünblauempfindenden. Grünblau dagegen erregt schwach die rotempfindenden, sehr stark die grünblauempfindenden Elemente der Netzhaut. Man kann sich auf diese Weise noch recht gut die Entstehung der verschiedenen Farben im Rötelmausauge nach der YOUNG-HELMHOLTZ'schen Theorie vorstellen.

Allerdings gilt dies nur so lange, als ich eine Empfindung blaugrün voraussetze. Es ist aber auch gut möglich, daß hier eine ähnliche Er-

scheinung wie bei der Rotgrünblindheit des Menschen vorliegt. Hier gliedert sie sich in eine Protanopie (Rotblindheit) und in eine Deuteranopie (Grünblindheit). Bei ersterer besteht eine ausgeprägte Unterwertigkeit des Rot, bei letzterer eine solche des Grün. Es besteht also die Möglichkeit, daß die Rötelmaus blau und grün entweder als blau oder auch als grün werten kann. Schon in diesem Falle läßt sich die Entstehung der Empfindung Gelb nicht mehr erklären, da ja hier die Zusammenwirkung aller drei angenommenen Komponenten nötig wäre.

Auch die Entstehung der Empfindung Weiß ist nur solange denkbar, als ich eine Empfindung grün oder grünblau annehme, nicht mehr aber, wenn ich Blau dafür einsetze. Denn Rot und Blau sind keine komplementären Farben, können daher auch nicht die Empfindung Weiß auslösen. Damit würde auch die in jede Farbe gemischte Weißvalenz herausfallen, da ja eine Empfindung Weiß, wie schon dargelegt, unmöglich hervorgerufen werden könnte.

Völlig unvereinbar mit dieser Theorie wäre jedoch der vorliegende Fall, wenn man anstatt Grün und Blau die entsprechenden Graustufen einsetzen wollte, und zwar aus verschiedenen Gründen, wobei zur besseren Veranschaulichung das Schema (Abb. 6) herangezogen werden mag. Hier bliebe dann die Komponente Rot, wie sie in der Abbildung eingezeichnet ist, für die Komponenten Grün und Blau müßten aber die entsprechenden Graustufen gedacht werden. Das spektrale Rot müßte also hier entstehen durch starke Erregung der rotempfindenden, durch schwache Erregung von grauempfindenden Elementen der Netzhaut. Die Erscheinung eines roten Farbtons, bei dem die Weißvalenz durch eine Beimischung von Grau ersetzt ist, ließe sich noch denken. Mit der Farbe Gelb versagt in einem solchen Falle die Theorie vollständig. Diese Farbe müßte entstehen durch starke Erregung der rotempfindenden und schwächere der grauempfindenden Elemente der Netzhaut. Das Gelb wäre also hier nichts anderes als das Rot, nur mit mehr Grau durchsetzt.

Wie wir gesehen haben, lassen sich Rötelmäuse nicht auf verschiedene weiße Lichtintensitäten dressieren. Es ist also wohl kaum anzunehmen, daß sie sich auf verschiedene Rot, die sich nur durch die verschiedenen in sie gemischten Graumengen voneinander unterscheiden, dressieren ließen.

Daß die Farbsehtheorie von YOUNG-HELMHOLTZ nur beschränkte Gültigkeit hat, beweist auch das ständig vorhandene Gelbsehen der rotgrünblinden Menschen. Ferner wird diese Theorie nicht den Simultan- und Sukzessivkontrasten gerecht.

Auch wäre in unserem Falle eine Entstehung der Empfindung Weiß wiederum undenkbar.

2. Die HERINGSche Gegenfarbenhypothese (Vierfarbentheorie) nimmt für die Empfindungspaare Rot-Grün, Gelb-Blau und Weiß-Schwarz drei Seh-

substanzen an, die von dem einfallenden Licht entweder zersetzt (durch rotes, gelbes, weißes Licht) oder zum Aufbau veranlaßt werden. Den entgegengesetzten Vorgängen sollen dann qualitativ verschiedene Erregungen entsprechen, die dem Nervensystem zugesandt werden. Die Übergangsfarben werden auf Veränderung zweier Sehsubstanzen zurückgeführt (KÜHN).

Kann diese Theorie nun mit den Befunden bei den Rötelmäusen in Einklang gebracht werden? Wir wollen wiederum die zwei möglichen Fälle betrachten.

a) Die Rötelmaus sieht Grün und Blau als einheitliche Farbe.

Das gewöhnliche Schema zur Theorie der Gegenfarben mag folgendermaßen aussehen:

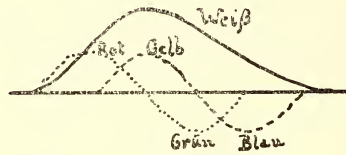


Abb. 8. Schema zur Theorie der Gegenfarben nach HÖBER.

Die Abszisse zeigt hier die Reihe der spektralen Reizlichter, die positiven und negativen Ordinatenwerte geben die Dissimilations- und Assimilationsgrößen der drei Sehsubstanzen an.

Wie die physiologisch gleichwertige Farbe für Grün und Blau gesehen wird, läßt sich natürlich nicht entscheiden. Ich greife nur den Fall heraus, daß sie zwischen blau und grün liegen möge. Dann stellt sich das Schema folgendermaßen dar:

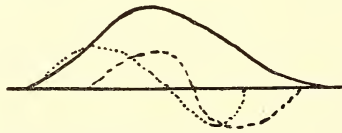


Abb. 9.

Rot fordert nach der HERINGSchen Theorie die Komplementärfarbe Grün; in unserem Falle müßte als Gegenfarbe blaugrün entstehen. Gleichfalls müßte hier die Gegenfarbe von Gelb Blaugrün sein. Es ließe sich wohl noch denken, daß die Zersetzung der Sehsubstanzen durch rotes und gelbes Licht ein gleichartiges Blaugrün auslösen könnte. Wie aber könnte man sich vorstellen, daß bei Assimilation das Grünblau sich wieder in die beiden Farbwerte Rot und Gelb aufteilen würde? Es müßten dann zwei verschiedenartig reagierende Grünblau in der Retina vorhanden sein, von denen das eine nur durch rotes, das andere nur durch gelbes Licht aktiviert würde. Es ist also offenbar sehr schwer, mit Hilfe der HERINGSchen Theorie

eine Gleichwertigkeit des Blauen und Grünen zu konstruieren. Befriedigend ist eine solche Erklärung auf keinen Fall. Auf die gleichen Schwierigkeiten stößt man auch dann, wenn man etwa annehmen wollte, daß anstatt Blaugrün Grün oder Blau gesehen werden sollte.

2. Nun setzen wir den Fall, daß die Rötelmäuse grünblau-blind sind.

Man müßte sich hier im Schema Abb. 8 das spektrale Grün und Blau durch die entsprechenden Graustufen ersetzt denken. Es müßte also eine Zersetzung der Sehsubstanzen durch Rot und Gelb die entsprechenden Graustufen für Grün und Blau hervorrufen, und durch Assimilation der beiden Graustufen die Farbwerte Rot und Gelb gebildet werden. Das ist nach bereits vorhandenen physiologischen Tatsachen aber unmöglich. Es läßt sich also der Befund bei Rötelmäusen auch hier nicht mit der HERINGSchen Theorie in Einklang bringen. Überhaupt ist mit den sonstigen Erfahrungen der Physiologie die Annahme schwer zu begreifen, daß „ein äußerer Reiz direkt eine Assimilation auszulösen vermag, so wie für das grüne und das blaue Licht vorausgesetzt wird“ (HÖBER).

Wir sehen also, daß der physiologische Befund bei Rötelmäusen sich nur beschränkt mit der YOUNG-HELMHOLTZschen, aber gar nicht mit der HERINGSchen Theorie erklären läßt.

#### d) Eichkätzchen (Abb. 26).

Bevor ich meine Untersuchungen näher erörtere, muß ich nochmals auf die Arbeit von MENNER, 1929, „Untersuchungen über die Retina mit bes. Berücksichtigung der äußeren Körnerschicht“ zurückkommen.

In der Einleitung des die Augen behandelnden Abschnittes, bei denen kein deutlicher Unterschied in der allgemeinen Gestalt zwischen Stäbchen und Zapfen besteht, jedoch deutlich Stäbchen- und Zapfenkerne erkennbar sind, schreibt MENNER: „Der Unterschied im äußeren Bau der Sehzellen ist sehr verwischt oder gar nicht wahrnehmbar. Dennoch ist der Unterschied im Bau der Kerne sehr deutlich, und Lage und feinerer Bau derselben berechtigen, den Unterschied zwischen Stäbchen und Zapfen aufrecht zu erhalten“. Darauf geht MENNER auf die Beschreibung der Eichkätzchenretina über. Er schreibt: „Die Stäbchen-Zapfenschicht läßt nur undeutlich die beiden Sehelemente erkennen. Durchweg erscheinen die Myoide als Kegel mit konkaver Mantelfläche . . . Sclerad an das Myoid schließt sich, bei allen Sehelementen gleichmäßig, ein kugeliges bis ovales Ellipsoid an . . . Alle Ellipsoide stehen in einer Ebene, so daß das Sehepithel der Retina bis hierher ein völlig gleiches Aussehen hat. Nur in den sclerad nun folgenden Außengliedern ist ein Unterschied wahrzunehmen. Es sind kurze, stiftförmige, häufig schrägstehende und mit Heidenhain sehr dunkel gefärbte von solchen zu unterscheiden, die dick oval bis fast kugelig aussehen und weniger stark färbbar sind. Demnach könnte man die Sehelemente mit den stiftförmigen

Außengliedern wohl als Stäbchen, die übrigen als Zapfen bezeichnen. Zahlenmäßig verglichen mit den vorhandenen Stäbchen- und Zapfenkernen ergibt sich jedoch, daß die Sehzellen mit den stiftförmigen Außengliedern Zapfen zu sein scheinen . . . Unmittelbar vitrad der Limitans externa findet sich eine geschlossene Lage von Zapfenkernen. Es sind dicke ovale Kerne . . . In dem lockeren Plasmagerüst findet sich parallel dem Kernrande ein lockerer Kranz von Bröckchen chromatischer Substanz, die miteinander durch feine chromatische Brücken in Verbindung stehen.

Die vitraden Reihen der äußeren Kerne kennzeichnen sich deutlich als Stäbchenkerne. Die Form der Kerne ist ebenfalls dick oval bis kugelig, ihre Maße betragen jedoch nur 5 zu 3 Mikron (im Gegensatz zu den Zapfen mit 8 zu 5 Mikron). Am deutlichsten ist aber der Unterschied in der inneren Struktur der Kerne. Es finden sich hier grobe Schollen chromatischer Substanz, die zu 3—4 Bändern geordnet, den Kern quer durchziehen.

Die äußere reticuläre Schicht zeigt deutlich eine lockere Henlesche Faserschicht, deren Füße teils Endbäumchen, teils Endknöpfchen bilden. Ich konnte in meinen Präparaten jedoch nicht mit Sicherheit entscheiden, welche von diesen Endungen zu den Stäbchen, bzw. den Zapfen gehören“.

Zu seinem Text bringt MENNER neben einem Querschnitt durch die Retina noch eine Abbildung, in der ein Zapfen und ein Stäbchen genauer bezeichnet sind, die auch hier wiedergegeben sei.

Daß sich MENNER über die Natur der Zapfen und Stäbchen nicht im klaren war, beweist schon, daß er die Sehelemente mit den stiftförmigen Außengliedern nur deswegen als Zapfen bezeichnet, weil sie zahlenmäßig verglichen als solche erkannt werden müßten. Eine solche Annahme ist aber mit allen bisherigen histologischen Befunden unvereinbar.

Wenn aber auch der Unterschied im äußeren Bau der Sehzellen sehr verwischt sein soll, so glaubt er dennoch, daß der Unterschied im Bau der Kerne eine Differenzierung von Stäbchen und Zapfen ermöglicht. Wenn nun MENNER tatsächlich die Sehelemente so gesehen hätte, wie aus der eingeschalteten Abbildung 28 zu ersehen ist, so wäre es wohl ein leichtes, Stäbchen und Zapfen voneinander zu trennen.

Ich kann seiner Darlegung jedoch nicht beistimmen. Abgesehen davon, daß ich es ablehne, nur auf Grund von zahlenmäßigen Erörterungen auf die Natur von Stäbchen bzw. Zapfen zu schließen, so stimmen meine Untersuchungen auch nicht mit den anderen Darlegungen MENNERS überein. Ich will daher auf die von ihm beschriebene Stäbchen- und Zapfenschicht wie auf die äußere Körnerschicht näher eingehen. In meiner Abbildung 27 ist ein wenig schematisiertes Bild gebracht, in der nur die erste Reihe der inneren Körnerschicht berücksichtigt ist. Darauf folgt, sehr deutlich sichtbar, das Zapfenmyoid und das Zapfenellipsoid. Nun zeichnet MENNER ein Zapfenaußenglied, von dem er selbst zugibt, daß man es als Außenglied

eines Stäbchens bezeichnen könnte. Ich selbst habe diese Gebilde in keinem einzigen meiner Präparate gefunden, sondern es schließt sich an das Zapfenellipsoid ein ebenfalls ovales Außenglied an, das MENNER in seiner Arbeit als Außenglied eines Stäbchens beschreibt. Die Kerne sind auch in Übereinstimmung mit den anderen untersuchten Augen sehr deutlich als Zapfenkerne erkennbar. Die Zapfen haben also nicht etwa ein stiftförmiges Außenglied, sondern ein solches von ovaler Gestalt. Ferner war es mir ganz und gar unmöglich, in der äußeren Körnerschicht zweierlei Kernarten zu unterscheiden. MENNER beschreibt hier als Stäbchenkern eine Kernart, die sehr viel kleiner als ein Zapfenkern, und deren chromatische Struktur ganz anders gelagert sein soll als bei einem solchen. Ich habe in der äußeren Körnerschicht nur Kerne gefunden, die genau mit denen der ersten Reihe übereinstimmen, so daß also alle als Zapfenkerne gewertet werden müssen. Weder Größe noch chromatische Substanz ist voneinander in irgendeiner Weise verschieden. Genau so wenig lassen sich, wie schon erörtert, Unterschiede in der „Stäbchen- und Zapfenschicht“ erkennen. Wir haben hier also ein Auge vor uns, das tatsächlich nur Zapfen enthält.

Damit stimmt aber auch der physiologische Befund in seiner Beziehung zur Duplizitätstheorie sehr gut überein. Wie wir ja gesehen haben, ließ sich das Eichkätzchen sehr leicht auf alle Farben dressieren. Um eine Intensitätsdressur auszuschalten, wurden hier oftmals verschiedene Lichtintensitäten verwendet. So wurde beispielsweise einmal das Rot sehr dunkel gehalten und das Grün sehr hell, dann wieder das Grün sehr dunkel und das Rot sehr hell. Oft wurden wieder annähernd gleiche Lichtintensitäten verwendet. Das wurde bei allen Farbzusammenstellungen durchgeführt. Die Versuchsergebnisse wurden dadurch in keiner Weise beeinflusst.

#### Über eine Art von bisher nicht beachteten Zellen der inneren Körnerschicht.

Verschiedene Kernarten in der inneren Körnerschicht wurden in der Literatur schon des öfteren erwähnt. Jedoch blieb man bei dieser Tatsache stehen. Die Beschreibung der Kernart nun, von der dieser Abschnitt handelt, unterblieb meines Wissens bis heute.

In der inneren Körnerschicht von Opossum, Rötelmaus und Eichkätzchen finden wir nämlich neben den bipolaren Ganglienzellen noch eine Zellart, die sich wesentlich von ersterer unterscheidet. Während der Zellkörper der bipolaren Nervenzellen sehr gering entwickelt ist und der kerntragende Teil daher stark aufgetrieben wird, ist der Zellkörper der anderen Art meist mächtig entwickelt und besteht in einer stark lichtbrechenden Substanz, die im Dunkelfeld hell aufleuchtet. Weiterhin zeigt die chromatische Substanz der bipolaren Nervenzellen eine dichte, schollige Struktur, während die der andern Art nur ein lockeres Netzwerk bildet. Ferner ist noch auffallend,

daß die Kerne der eben beschriebenen Art durchweg um vieles größer sind als die der bipolaren Nervenzellen. Ich verweise hier auf die Abb. 23—26.

Mit der Spongioblastenschicht von MAX SCHULTZE, die die tiefste Lage der bipolaren Nervenzellen darstellt und auch die Schicht der amakrinen Zellen bezeichnet wird, haben die beschriebenen Zellen nichts zu tun. Diese durchsetzen vielmehr im Gegensatz zu jenen die ersten beiden Schichten der bipolaren Nervenzellen und nur selten zeigen sie sich in tieferen Lagen.

Wir wollen nun daran gehen, uns eine Vorstellung über die Funktionsmöglichkeit dieser Zellen zu bilden. Um dieser Frage näher zu kommen, wollen wir vorerst einmal betrachten, in welchen der untersuchten Augen sie überhaupt vorkommen und gleichzeitig, in welcher Anzahl sie darin vorhanden sind. Wegen ihrer stark lichtbrechenden Plasmahöfe will ich sie fernerhin Lichtzellen nennen.

Beginnen wir wieder mit Opossum. Es besitzt im Verhältnis zu den Stäbchen nur eine sehr geringe Anzahl Zapfen. Sie machen kaum 1% der gesamten Sehelemente aus. Wie verhält sich nun die Anzahl der Zapfenkerne zu der der vorhandenen Lichtzellen? Bevor wir darauf eingehen, muß noch die interessante Tatsache erwähnt werden, daß jeweils in den Strecken, in denen die Lichtzellen häufiger sind (sie machen oft bis zu 7% der bipolaren Nervenzellen aus, stellenweise aber nur 1%) auch die Zapfenkerne an den entsprechenden Stellen der Limitans ext. sich häufen; an den Stellen dagegen, wo nur wenig Lichtzellen vorhanden sind, wird auch die Zahl der Zapfenkerne an der Lim. ext. verringert. Oft kommt es nun vor, daß sich in einem Gesichtsfelde beispielsweise zwei bis drei Lichtzellen, dagegen nur ein Zapfen befinden. Diese Unregelmäßigkeit läßt sich aber leicht erklären. Während ein Zapfenkern im allgemeinen nämlich nur einmal auf einem Schnitt getroffen wird, ist eine bestimmte Lichtzelle oft auf zwei Schnitten hintereinander aufzufinden. Wir können also für das Opossumauge annehmen, daß auf je einen Zapfenkern eine Lichtzelle trifft. Die angegebenen Beobachtungen lassen sich so kontinuierlich durch die ganze Schnittserie verfolgen, daß das gleichzeitige Auftreten von Zapfen und Lichtzellen keinesfalls als Zufallsbefund zu werten ist, sondern es ist vielmehr daraus der Schluß zu ziehen, daß eine Beziehung der Zapfen zu den Lichtzellen als sehr wahrscheinlich angenommen werden muß.

Einen neuen Beweis für diese Annahme bietet uns das Auge der Waldmaus. Hier finden wir, wie wir bereits gesehen haben, keine Zapfen. Aber auch die innere Körnerschicht weist nicht eine einzige Lichtzelle auf. Wir sehen also (diese Behauptung bestätigen auch die anderen untersuchten Augen), daß Lichtzellen nur da vorhanden sind, wo Zapfen in der äußeren Körnerschicht vorkommen.

Betrachten wir nun in dieser Beziehung auch das Auge der Rötelmaus. Im Verhältnis zu den Stäbchen haben wir hier eine relativ ziemlich große

Anzahl von Zapfen. Diese beträgt etwa 4% der gesamten Sehelemente. Dagegen finden wir in der inneren Körnerschicht nur sehr wenig Lichtzellen und diese kommen fast ausschließlich in tieferen Lagen vor. Auf einem Gesamtschnitt von 10  $\mu$  finden wir im Durchschnitt nur 5 bis 7 solcher Zellen. Wir sehen aber auch, daß trotz der relativ ziemlich hohen Zapfenzahl dieses Auges die Rötelmäuse recht farbenschwach sind, indem ihnen das Spektrum von Grün bis Blau gleichwertig erscheint. Es ist also anzunehmen, daß durch das relativ sehr geringe Auftreten der Lichtzellen das Farbenunterscheidungsvermögen des Rötelmausauges stark herabgesetzt wird.

Beim Eichkätzchenauge haben wir nun festgestellt, daß es nur Zapfen enthält. Es hat aber auch weitaus die meisten Lichtzellen aller untersuchten Augen. Sie machen durchwegs 10% der bipolaren Nervenzellen aus und in etwa demselben Verhältnis stehen sie zu den Zapfenkernen, so daß also auf etwa 10 Zapfenkerne immer eine Lichtzelle trifft. In der ersten Reihe der inneren Körnerschicht liegen die meisten, und zwar sind sie hier so dicht gelagert, daß nur immer etwa eine oder zwei bipolare Nervenzellen zwischen zwei Lichtzellen zu liegen kommen. In der zweiten Reihe werden sie schon seltener, während sie in der dritten, bzw. vierten nur noch sehr selten auftreten.

Nach dem bisher Dargestellten könnte man sich die Funktion dieser Lichtzellen nun folgendermaßen denken:

Die Stäbchen- und Zapfenschicht durchdringt noch genügend Licht, um solches bis zur inneren Körnerschicht gelangen zu lassen. Hier trifft es nun auf die Lichtzellen, die infolge ihres stark lichtbrechenden Plasmahofes imstande sind, es aufzusammeln. Den Lichtzellen kommt somit vermutlich eine doppelte Funktion zu:

1. Sie wirken abschirmend, indem sie das Licht in sich aufsaugen und nicht mehr weiter in die Retina eindringen lassen. Für Nachttiere, wie Opossum, wäre eine solche Funktion nur von Bedeutung, wenn sie sich starkem Tageslicht aussetzen würden. Da sie dieses aber so viel als möglich scheuen, so wären diese Zellen für das Tier zwecklos, wenn ihr Vorhandensein nicht ständig an das Auftreten von Zapfen gebunden wäre. Bei der Waldmaus, ebenfalls als ausgesprochenem Nachttier, sind Lichtzellen überhaupt nicht vorhanden. Auch die Rötelmaus muß schon den Dämmerungstieren zugerechnet werden, daher ist für das Tier in dieser Beziehung das Auftreten der Lichtzellen nicht von Bedeutung. Das Eichkätzchen dagegen ist ein ausgesprochenes Tagtier und eine abschirmende Wirkung der Lichtstrahlen kann bei ihm sehr wichtig sein. Die Lichtzellen liegen ja auch hier, wie wir gesehen haben, sehr dicht beieinander.

2. Die zweite Art ihrer Funktionsweise ist nervöser Natur. Daß die Lichtzellen nur dann auftreten, wenn Zapfen vorhanden sind, haben wir bereits dargelegt. Wir schließen daher auf eine Korrelation dieser Elemente.



Diese Annahme wird bestärkt:

- a) durch das völlig entsprechende Auftreten der Lichtzellen und der Zapfen bei Opossum,
- b) durch das Fehlen der Lichtzellen wie der Zapfen bei der Waldmaus,
- c) durch das wenn auch sehr beschränkte Auftreten der Lichtzellen bei der Rötelmaus nebeneiner verhältnismäßig großen Anzahl von Zapfen,
- d) durch das vermehrte Auftreten von Lichtzellen beim Eichkätzchen, das nur Zapfen besitzt.

Die Annahme also, daß eine Beziehung der Lichtzellen zu den Zapfen bestehen würde, erscheint gerechtfertigt. Die Lichtzellen saugen das Licht auf. Dadurch entsteht in der Zelle ein Reiz. Steht nun eine mit einem oder mehreren Zapfen in Verbindung, so dürfen wir annehmen, daß durch die Zwischenschaltung der Lichtzellen der Reiz verstärkt, daß also die Funktion der Zapfen durch sie unterstützt wird.

So etwa ließe sich auf Grund der erkannten Tatsachen die Funktion dieser Zellart darstellen. Es wäre also demnach möglich, daß Opossum trotz der beschränkten Zapfenzahl noch gut Farben wahrnehmen könnten, und daß der physiologische Befund bei den Rötelmäusen durch das relativ seltene Auftreten der Lichtzellen eine Erklärung fände.

## 7. Zusammenfassung.

1. Es wurden Versuche unternommen mit Opossum, Waldmäusen, Rötelmäusen und Eichkätzchen.

2. Opossum lassen sich weder auf gewisse Farben, noch auf Intensitätsunterschiede weißen Lichtes dressieren.

3. Das Gleiche gilt für Waldmäuse.

4. Für Rötelmäuse sind die Farben Grün und Blau physiologisch gleichwertig. Es besteht nun einerseits die Möglichkeit, daß Blau und Grün als gleichwertige Farbe empfunden werden, andererseits, daß die Tiere grünblaublind sind. Gelb und Rot vermögen sie dagegen gut zu unterscheiden. Auf Intensitätsunterschiede weißen Lichtes sind auch sie nicht zu dressieren.

5. Eichkätzchen lassen sich auf alle Farben dressieren. Durch Verwendung verschiedener Intensitäten wird das Versuchsergebnis nicht beeinflusst.

6. Die Betrachtung der Gesamtschnitte der untersuchten Augen ergab folgendes: Der Bulbus des Auges von Opossum, Waldmaus und Rötelmaus besitzt nahezu Kugelform. Beim Eichkätzchen dagegen haben wir eine ähnliche Erscheinung wie bei Eulen, wo eine allzu starke Vergrößerung des Auges durch Umbildung zu Teleskopaugen vermieden wird. Weiterhin sind hier Cornea und Linse außergewöhnlich stark gekrümmt. Dadurch wird die Brechkraft des lichtbrechenden Apparates erhöht und der Brennpunkt an die Hinterfläche der Linse herangerückt; unter Verkleinerung des Glaskörpers liegt dann die Netzhaut sehr nahe an der Linse. Das ist zugleich

ein weiterer Weg, trotz Vergrößerung des Linsendurchmessers die Gesamtmaße des Auges klein zu halten.

Bei Opossum und Waldmaus finden wir ellipsoide Linsenform, wobei die Wölbung der Linse immerhin noch sehr stark ist. Sie ist beim Waldmausauge verhältnismäßig ungleich größer als bei Opossum. Es ist dies auch nötig, da für den Lichteinlaß die absolute Größe der Linse maßgebend ist. Noch mehr der Kugelform nähern sich die Linsen von Rötelmaus und Eichkätzchen. Alle Linsen sind relativ sehr groß, wie überhaupt Beutler und Nager (auch viele Halbaffen) die relativ größten Linsen besitzen, gleichviel, ob es sich um Tag- oder Nachttiere handelt.

7. Es wurden die Zapfen- und Stäbchenverhältnisse der Augen näher untersucht. Obwohl nun das Opossum ein ausgesprochenes Nachttier ist, besitzt es dennoch Zapfen, und zwar machen sie etwa 1% der gesamten Sehelemente aus. Waldmäuse haben keine Zapfen, Rötelmäuse etwa 4%, und Eichkätzchen haben nur Zapfen in ihrer Retina.

8. Nach der Duplizitätstheorie ist das Farbsehen an die Zapfen gebunden. Beim Opossum sehen wir, daß sie sich nicht auf Farbe dressieren lassen. Demnach scheint dieser Befund der Duplizitätstheorie zu widersprechen. Jedoch ist es wahrscheinlich, daß bei den Tieren einerseits die geringe Lernfähigkeit, andererseits der sehr differenzierte Geruchssinn, der ebenfalls in der Arbeit nachgewiesen wurde, ausschlaggebend für die negativen Ergebnisse der Versuche ist. Auch könnte man noch annehmen, daß die relativ geringe Anzahl der Zapfen ein Farbsehen nicht ermöglicht. Die Befunde mit Waldmäusen, Rötelmäusen und Eichkätzchen sind sehr gut mit der Duplizitätstheorie in Einklang zu bringen.

9. Der physiologische Befund bei Rötelmäusen läßt sich nicht mit der HERINGSchen Farbsehtheorie in Einklang bringen. Auch die Theorie von YOUNG-HELMHOLTZ versagt bei der Annahme einer Blaugrünblindheit der Tiere und genügt nur unter der Voraussetzung, daß Grün und Blau als physiologisch gleichwertige Farbe, und zwar als grünblau, gewertet werden.

10. Schließlich wurde noch eine bisher nicht beachtete Zellart der inneren Körnerschicht beschrieben und versucht, eine Erklärung über die Funktion derselben zu geben. Es sind dies Zellen mit großen Kernen, deren chromatische Substanz ein lockeres Netzwerk darstellt. Ständig sind diese Zellen von einem stark lichtbrechenden Plasmahof umgeben, der im Dunkelfeld hell aufleuchtet. Die Zellen sind also Lichtsammler und wurden daher Lichtzellen genannt.

Wenn diese Lichtzellen in einer Retina vorhanden sind, so liegen sie meist in der ersten Reihe der inneren Körnerschicht, weniger häufig in der zweiten, in der dritten und vierten zeigen sie sich nur noch sehr selten. Bei der Rötelmaus allein liegen sie zumeist in tieferen Schichten.

Das Vorhandensein von Lichtzellen ist stets an das von Zapfen ge-

bunden. So finden wir sie bei Opossum, Rötelmäusen und Eichkätzchen. Waldmäuse dagegen weisen keine Lichtzellen auf. Es wird daher auf eine Korrelation der Zapfen und Lichtzellen geschlossen. Den Lichtzellen könnten auf Grund dieser Überlegungen folgende Funktionen zugeschrieben werden:

- a) eine abschirmende Wirkung der Lichtstrahlen, die die Stäbchen- und Zapfenschicht durchdrungen haben;
- b) eine Wirkung nervöser Art, nämlich die Verstärkung des Reizes, der von den Zapfen zu den Ganglienzellen geleitet wird.

### Literatur.

- BIERENS DE HAAN, J. A., und FRIMA, M. I., 1930. — Versuche über den Farbensinn der Lemuren. — Z. vergl. Physiol. 12.
- BIERENS DE HAAN, J. A., 1925. — Experiments on vision in monkeys. I. The colour-sense of the pig-tailed Macaque (*Nemestrinus nemestrinus* L.). — J. comp. Psych. 5.
- CLAUS, C., GROBBEN, K., und KÜHN, A., 1932. — Lehrbuch der Zoologie. — Verlag Berlin und Wien.
- COLE, L. W., 1907. — Concerning the intelligence of raccoons. — J. comp. Neurol. a. Psychol. 17.
- COLEMAN, T. B., and HAMILTON, W. F., 1933. — Colourblindness in the rat. — J. comp. Psychol. 15.
- DAVIS, H. B., 1907. — The raccoon, a study of animal intelligence. — Amer. J. Psychol. 18.
- DEVOSS, J. C., and GANSON, R., 1915. — Colourblindness of cats. — J. animal Behav. 5.
- V. FRISCH, K., 1925. — Farbensinn der Fische und Duplizitätstheorie. — Z. vergl. Physiol. 2.
- HESSE, R., 19 . — Dämmerungstiere. — Handb. d. norm. u. path. Physiol. 12.
- HÖBER, R., 1920. — Lehrbuch der Physiologie des Menschen. — Verlag Berlin.
- HOPKINS, A. E., 1927a. — Experiments on colour vision in mice in relation to the duplicity theory. — Z. vergl. Physiol. 6.
- , 1927b. — Vision in mice with rodless retina. — Z. vergl. Physiol. 6.
- , 1927c. — Vision and retinal structure in mice. — Proc. of the nat. acad. of sciences (USA.) 13.
- KÖHLER, W., 1918. — Nachweis einfacher Strukturfunktionen beim Schimpansen und beim Haushuhn. Über eine neue Methode zur Untersuchung des bunten Farbensystems. — Abh. Preuß. Akad. Wiss. Phys.-math. Klasse, 1918.
- KOHTS, N., 1928. — Recherches sur l'intelligence du chimpanzé par la méthode de „choix d'après modèle“. — J. de Psychol. norm. et path. 25.
- KRIEG, H., 1924. — Beobachtungen an argentinischen Beutelratten. — Z. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere.
- LANDOIS-ROSEMANN, 1919. — Lehrbuch der Physiologie. — Verlag Berlin-Wien.
- MENNER, E., 1929. — Untersuchungen über die Retina mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Körnerschicht. — Z. vergl. Physiol. 8.
- SAMOJLOFF, A., und PHEOPHILAKTOWA, A., 1907. — Über die Farbenwahrnehmung beim Hunde. — Zbl. Physiol. 21.
- SMITH, E. M., 1913. — Some observations concerning colourvision in dogs. — Brit. J. Psychol. 5.
- TRENDELENBURG, W., und SCHMIDT, I., 1930. — Untersuchungen über das Farbensystem der Affen (Spektr. Unterschiedempfindlichkeit u. spektr. Farbmischung bei Helladaptation). — Z. vergl. Physiol. 12.
- WALTON, W. E., 1933. — Colourvision and colourpreference in the albino rat. II. The experiments and results. — J. comp. Psychol. 15.
- WASHBURN, M. F. and ABBOT, E., 1912. — Experiments on the brightness value of red for the light-adapted eye of the rabbit. — J. animal Behav. 2.
- WATSON, J. B., and M. I., 1913. — A study of the response of rodents to monochromatic lights. — J. animal Behav. 3.

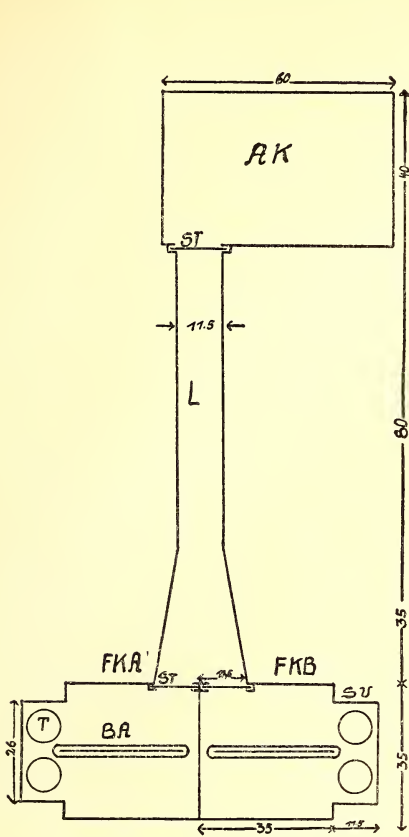


Abb. 10. Aufriß der Anordnung zu den Versuchen mit Beutelratten.

AK = Aufenthaltskiste des Versuchstieres.  
 BA = Beleuchtungsanlage. FKA u. FKB =  
 Futterkiste A u. B. L = Laufgang. SV =  
 Seitlicher Vorbau. ST = Schiebetürchen.  
 T = Futtertöpfchen.

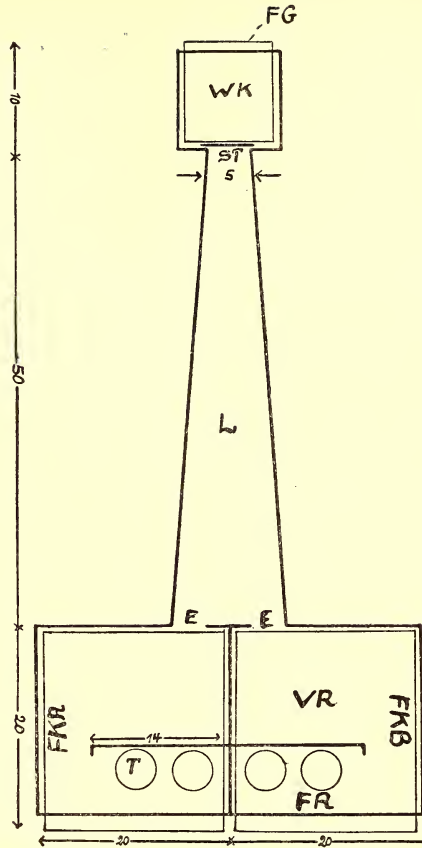


Abb. 12. Aufriß der Anordnung zu den Versuchen mit Rötelmäusen.

E = Eingang zu den Futterkästen. FG =  
 Farbglassplatten. FKA, FKB = Futter-  
 kästen A u. B. FR = Futterraum. L =  
 Laufgang. T = Futtertöpfchen. ST =  
 Schiebetürchen. VR = Vorraum.  
 WK = Wohnkistchen.

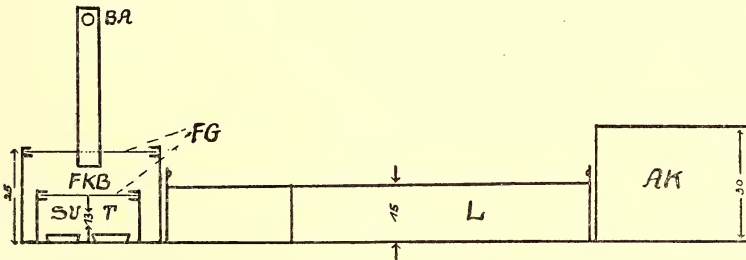


Abb. 11. Seitenriß der Anordnung zu den Versuchen mit Beutelratten.

AK = Aufenthaltskiste des Versuchstieres. BA = Beleuchtungsanlage.  
 FG = Farbglassplatten. FKB = Futterkiste B. L = Laufgang.  
 SV = Seitlicher Vorbau. T = Futtertöpfchen.

Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



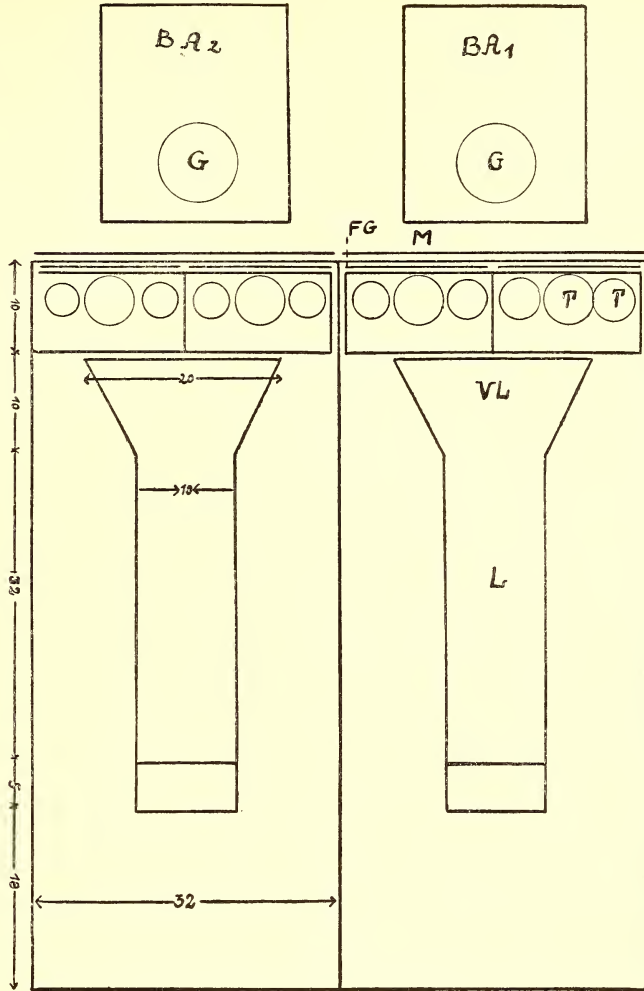


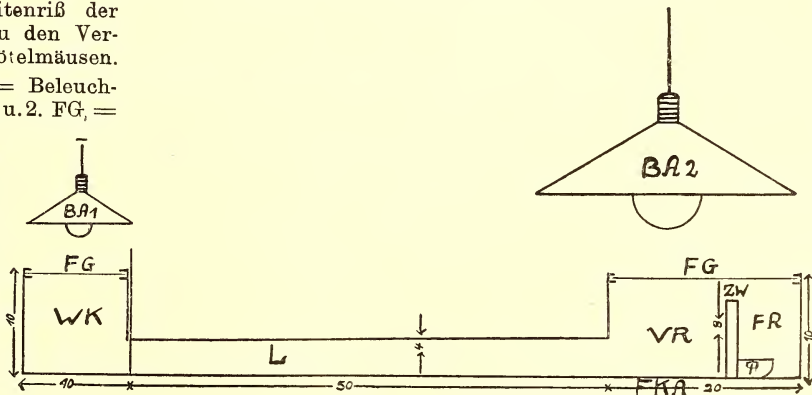
Abb. 13.

Aufriß der Anordnung zu den Versuchen mit Waldmäusen.

BA1, BA2 = Beleuchtungsanlage 1 u. 2. FG = Farbglasplatte. G = Glühbirne. L = Laufgang. M = Milchglasplatte. VL = Verbreiteter Laufgang. T = Futtertöpfchen.

Abb. 14. Seitenriß der Anordnung zu den Versuchen mit Rötelmäusen.

BA1, BA2 = Beleuchtungsanlage 1 u. 2. FG = Farbglasplatten. FKA = Futterkiste A. FR = Futterraum. L = Laufgang. ST = Schiebetürchen. VR = Vorraum. WK = Wohnkistchen.



Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



Abb. 15. Aufriß der Anordnung zu den 2. Versuchsreihen mit Rötelmäusen.

FG = Farbglasplatten.  
FKA, B, C, D = Futterkistchen A, B, C, D.  
L = Laufgang. ST = Schiebetürchen. WK = Wohnkistchen.

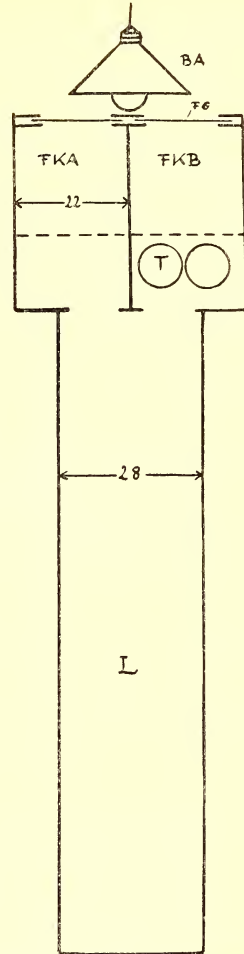
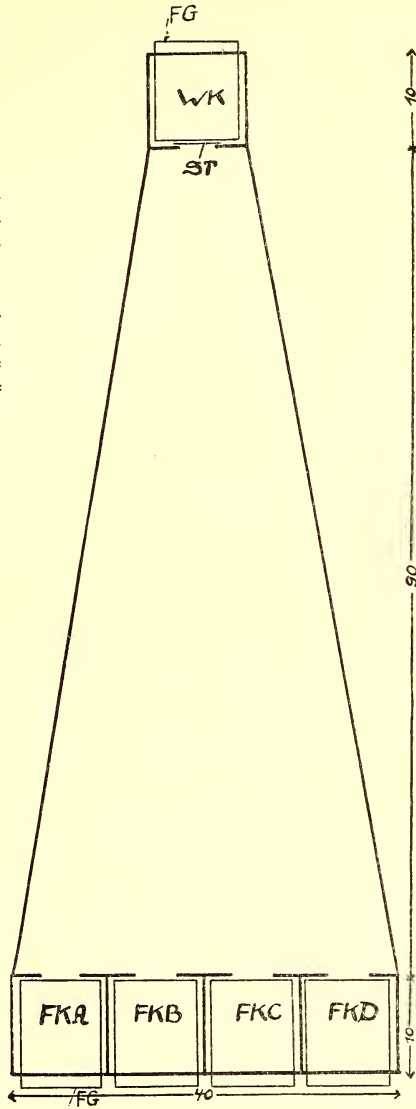


Abb. 17. Aufriß der Anordnung zu den Versuchen mit Eichkätzchen.

BA = Beleuchtungsanlage. FG = Farbglasplatten. FKA, FKB = Futterkiste A u. B. L = Laufgang. T = Futtertöpfchen.

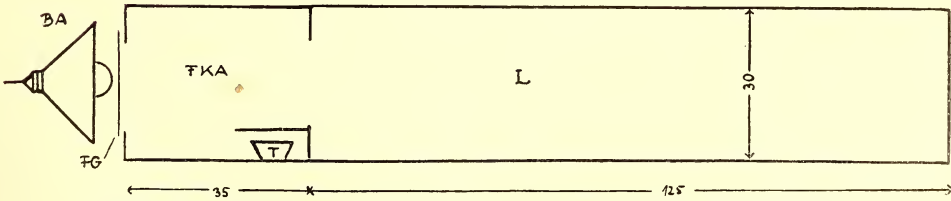


Abb. 16. Seitenriß der Anordnung zu den Versuchen mit Eichkätzchen.

BA = Beleuchtungsanlage. FG = Farbglasplatte. FKA = Futterkiste A. L = Laufgang. T = Futtertöpfchen.

Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.





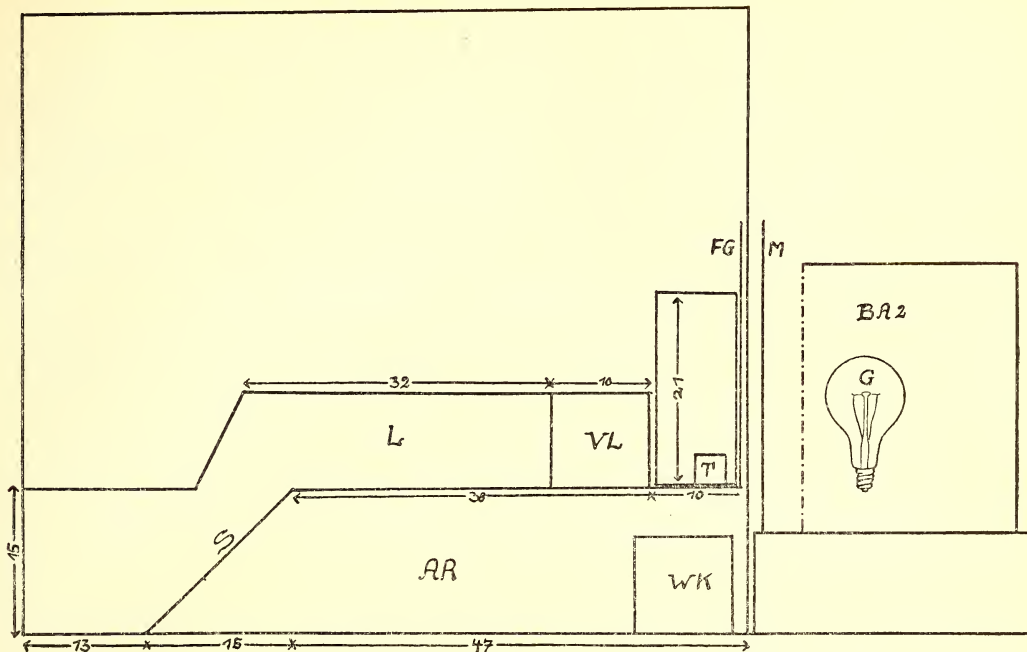
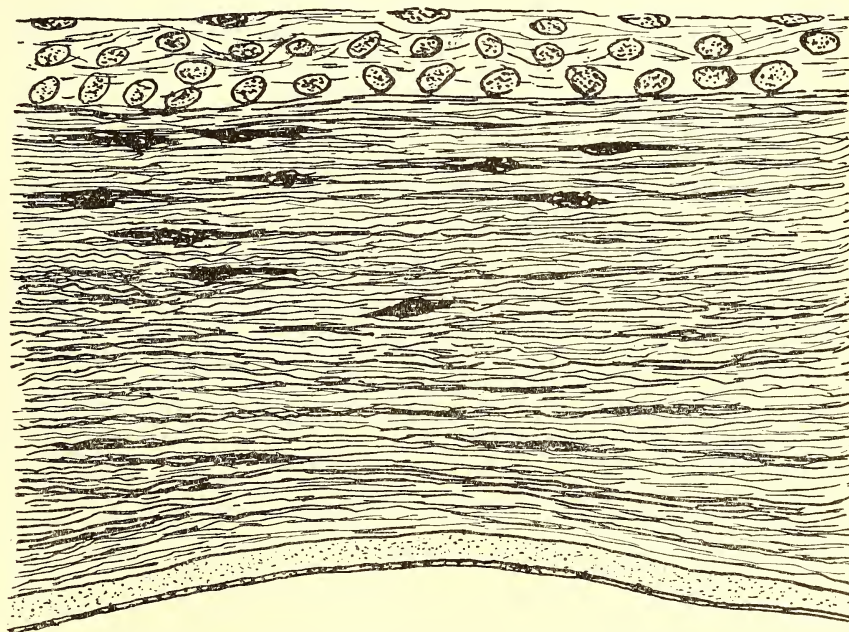


Abb. 18. Seitenriß der Anordnung zu den Versuchen mit Waldmäusen.  
 AR = Aufenthaltsraum. BA2 = Beleuchtungsanlage 2. FG = Farbglasplatte. G =  
 Glühbirne. L = Laufgang. M = Milchglasplatte. S = Stiege. T = Futtertöpfchen.  
 VL = Verbreiterter Laufgang. WK = Wohnkistchen.

Abgeplattete  
 Polyedrische  
 Zylindrische  
 Zellen



Epidermis

Bindege-  
 webige Subst.  
 propria

Descemetsche  
 Membr.  
 Endothel

Abb. 19. Senkrechter Schnitt durch die Cornea von Opossum.  
 Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



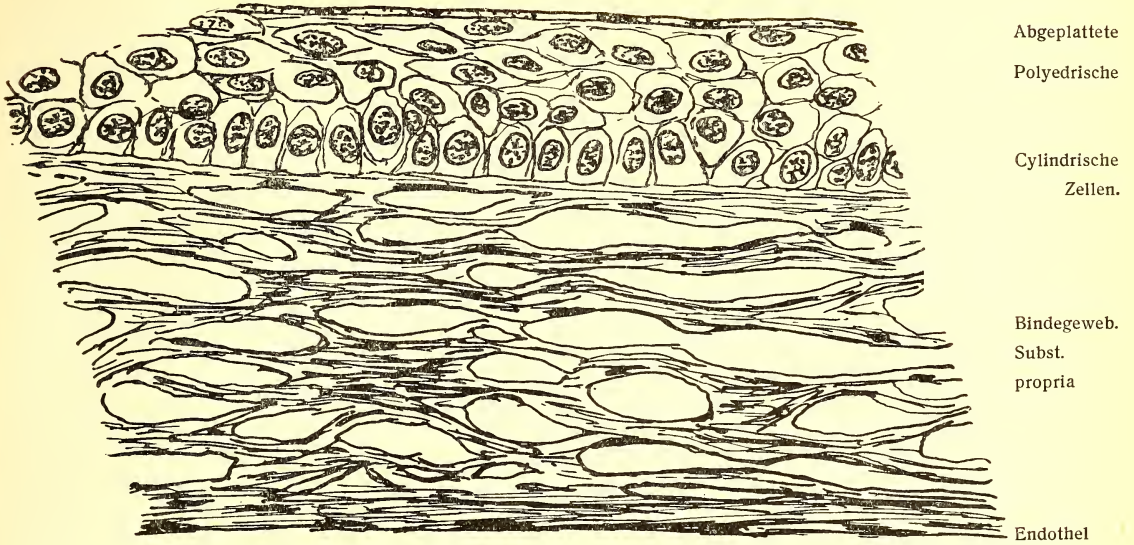


Abb. 20. Senkrechter Schnitt durch die Cornea der Waldmaus.

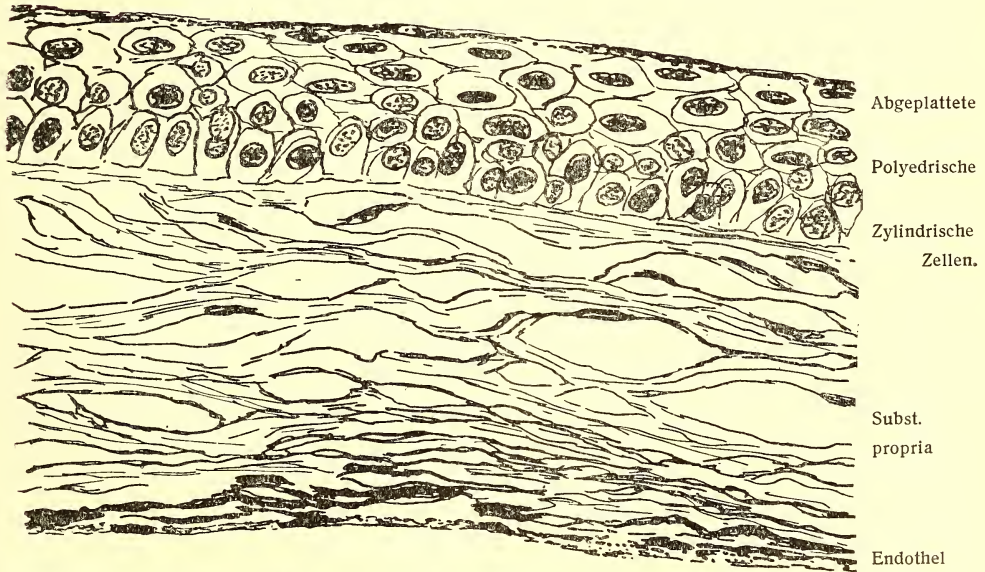


Abb. 21. Senkrechter Schnitt durch die Cornea der Rötelmaus.

Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



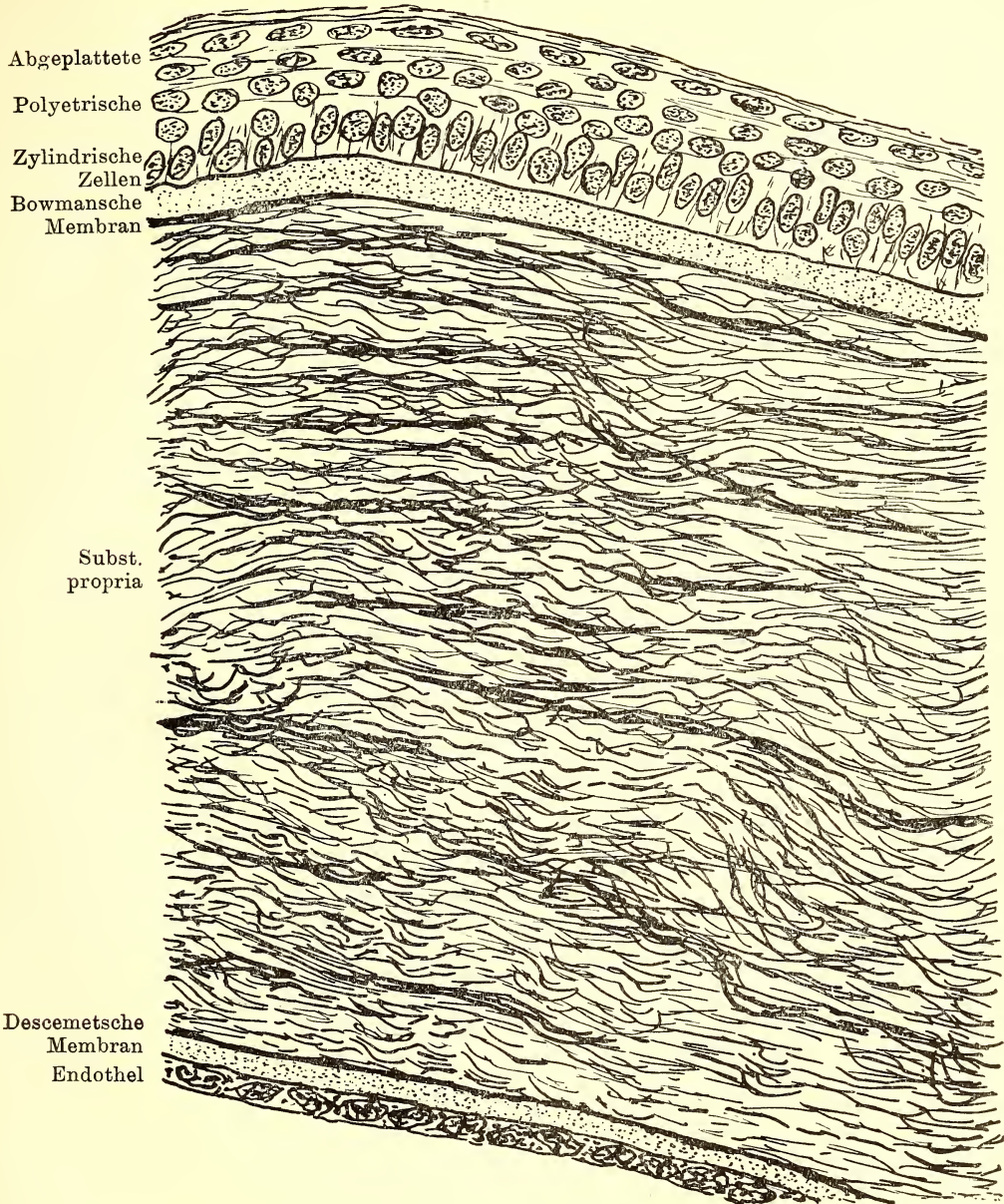


Abb. 22. Senkrechter Schnitt durch die Cornea des Eichkätzchens.

Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



## Eingegangene Literatur.

**PETERSEN, ALWIN**, *Unter Polartieren*. 1935, Leipzig, J. J. Weber. — Preis: RM. 0.90 (Aus der Weberschiffchenbücherei).

Der Verfasser, der sich jahrelang im nordöstlichen Küstengebiet Grönlands aufhielt, es kreuz und quer durchreiste, nur um die einzigartige Tierwelt kennenzulernen und im Bilde festzuhalten, stellt uns in diesem kleinen gut ausgestatteten Buche die Hauptvertreter der polaren Säugetiere vor, schildert ihre Lebensweise und ergänzt seine Worte durch 30 seiner prachtvollen Aufnahmen, die z. T. wahre Naturdokumente sind und diese Schrift bestens empfehlen lassen.

TH. HALTENORTH (Berlin).

**BRUNO BAEGE**, *Kynologische Bibliographie*, Verlag der Forschungsstelle des Reichsverbandes für das Deutsche Hundewesen, Berlin W 62, Zoologischer Garten (126 pg.).

Diese Herrn Major Most gewidmete, fleißige Arbeit umfast fast 2500 Titel von Arbeiten über den Haushund, die in folgende 12 Kapitel eingeteilt sind: Anatomie, Vorgeschichte, Stammesgeschichte und Kulturgeschichtliches, Physiologie, Pathologie, Parasiten, Pharmakologisches und Gifteinwirkungen, Psychologie, Dressur und Verwandtes, Zucht und Pflege, Rassen, Vererbung, Verschiedenes. Ein Gesamtregister der Autoren ist beigelegt. Ursprünglich wohl als Nachschlagewerk für den Hundezüchter und -Liebhaber gedacht, hat das Werk auch für jeden Wissenschaftler, der sich mit Fragen des Haushundes befaßt, seine Bedeutung.

HERMANN POHLE (Berlin).





Membr. lin. int.  
Nervenfaser-  
schicht  
Ganglienzellen-  
schicht  
  
Inn. ret. Schicht  
  
Innere Körner-  
schicht mit vier  
Lichtzellen  
  
Äußere reticu-  
läre Schicht  
  
Äußere Körner-  
schicht mit drei  
Zapfenkernen  
  
Stäbchen und  
Zapfen  
  
Pigmentepithel

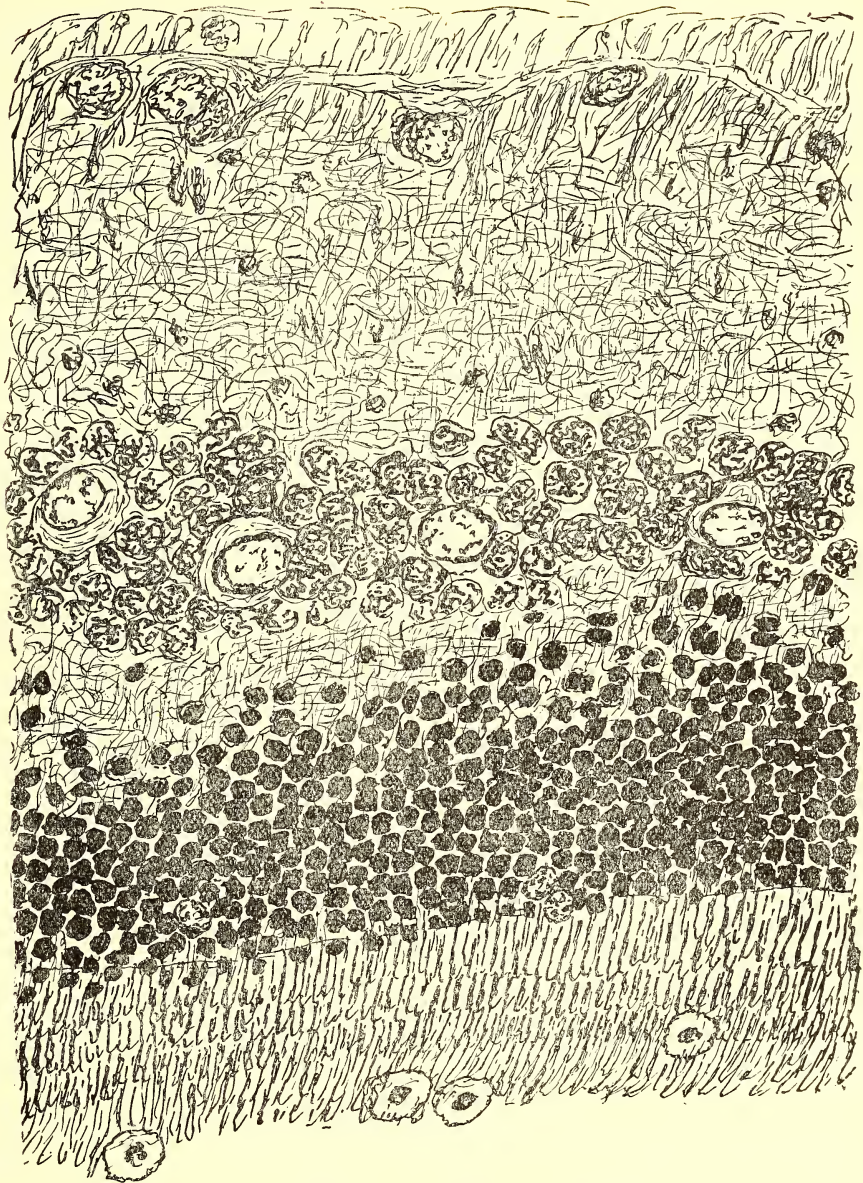


Abb. 23. Schnitt durch die Retina von Opossum.

Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



Membr. l. int.  
Nerven-  
faserschicht

Ganglien-  
zellenschicht

Innerereticul.  
Schicht

Innere  
Körner-  
schicht

Äußere  
reticul.  
Schicht  
Henlesche  
Faserschicht

Äußere  
Körner-  
schicht

Membr. l. ext.

Stäbchen  
Pigment-  
epithel

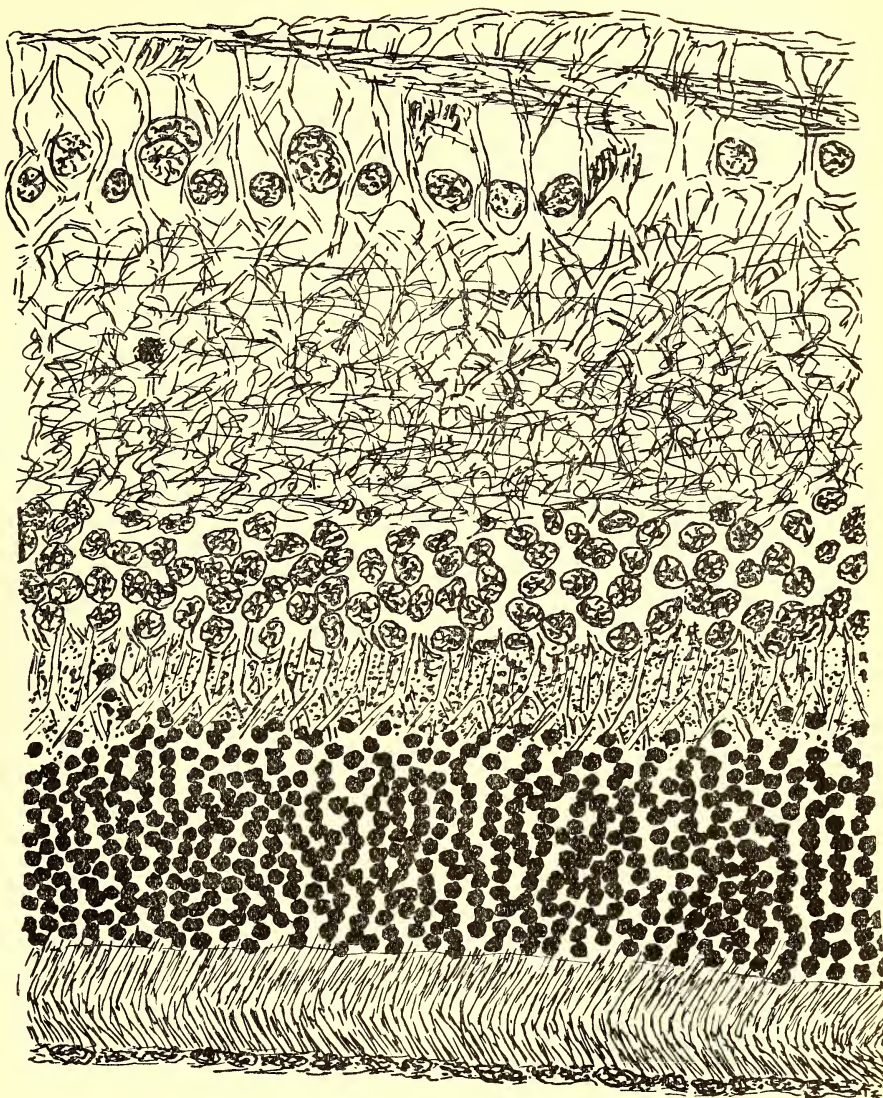


Abb. 24. Schnitt durch die Retina der Waldmaus.

Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



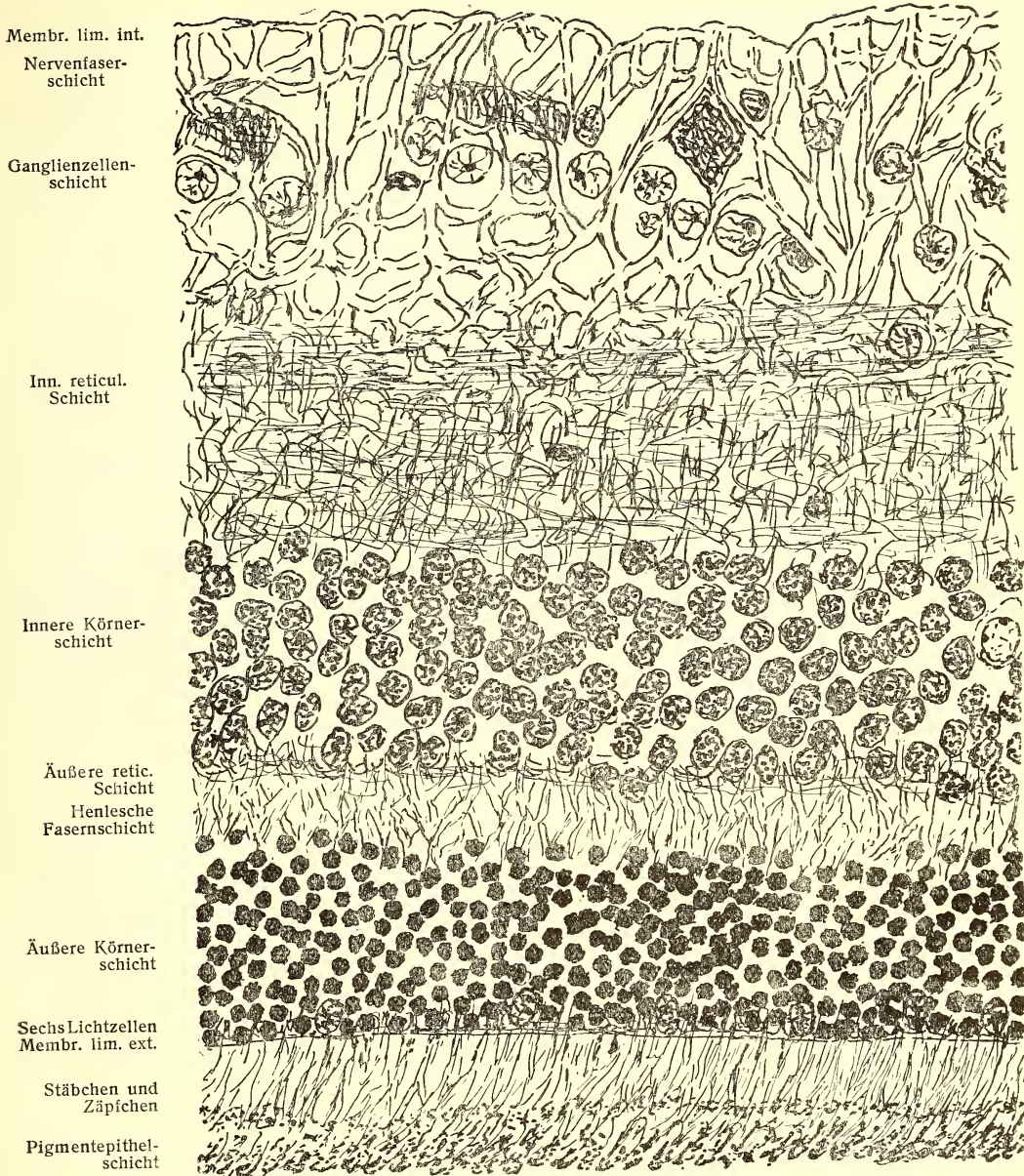
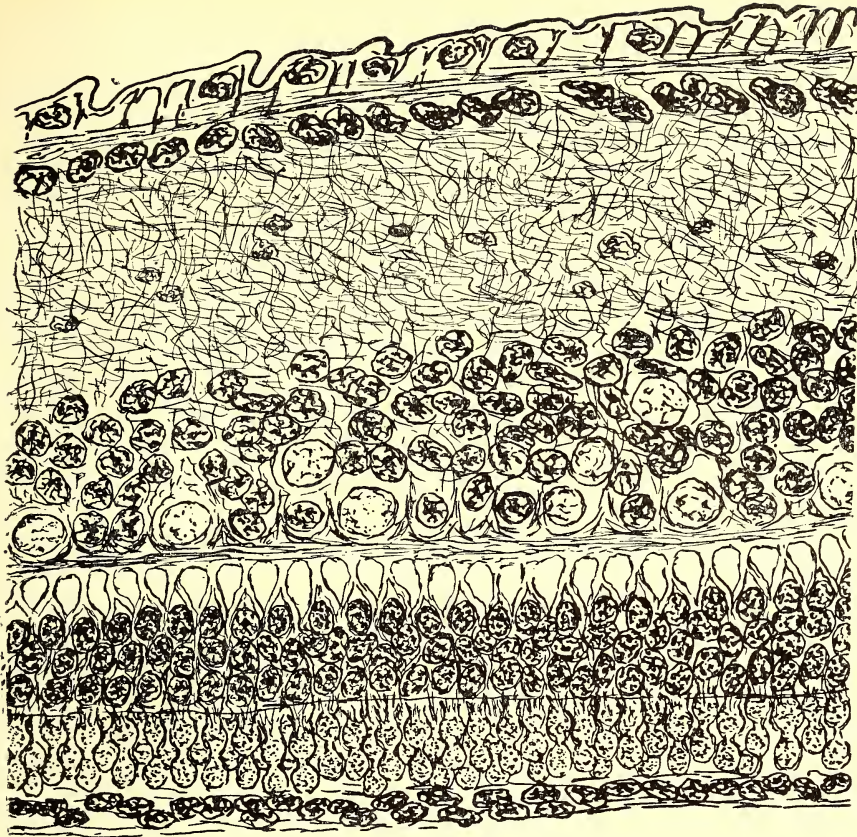


Abb. 25. Schnitt durch die Retina der Rötelmaus.

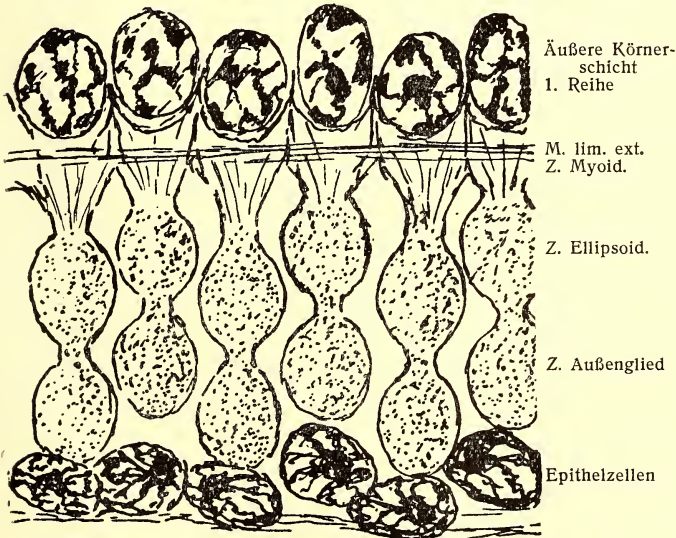
Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbschvermögen.





M. lim. int.  
 Nervenfaser-schicht  
 Ganglienzellen-schicht  
  
 Innere ret. Schicht  
  
 Innere Körnerschicht  
 Zapfenkerne  
  
 Lichtzellen  
 Äußere ret. Schicht  
 Henlesche Faser-schicht  
  
 Äußere Körnerschicht  
  
 M. lim. ext.  
 Zapfen  
  
 Pigmentepith.-Schicht

Abb. 26. Schnitt durch die Retina des Eichkätzchens.



Äußere Körnerschicht  
 1. Reihe  
  
 M. lim. ext.  
 Z. Myoid.  
  
 Z. Ellipsoid.  
  
 Z. Außenglied  
  
 Epithelzellen

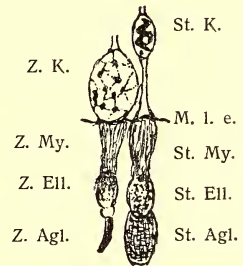


Abb. 28. Links Zapfen, rechts Stäbchen von *Sciurus vulgaris*.  
 Nach E. MENNER.

Abb. 27. Zapfenverhältnisse des Eichkätzchenauges.  
 Wenig schematisiert.

Zu K. SÄLZLE, Untersuchungen über das Farbsehvermögen.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mammalian Biology \(früher Zeitschrift für Säugetierkunde\)](#)

Jahr/Year: 1936

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Sälzle Karl

Artikel/Article: [5.\) Untersuchungen über das Farbsehvermögen von Opossum, Waldmäusen, Rötelmäusen und Eichhörnchen. 106-148](#)