

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Göttingen.)

ÜBER DEN FARBENSINN DER EIDECHSEN.

Von

HANS WAGNER.

Mit 7 Textabbildungen.

(Eingegangen am 30. Juli 1932.)

	Seite
Einteilung.	
Einleitung	378
I. Material und Versuchstechnik	379
1. Material	379
2. Pigmentpapiere	379
3. Versuchstechnik	380
4. Protokollführung	382
II. Spontane Reaktionen	383
1. Reaktionen auf Farben	383
2. Reaktionen auf Graustufen	384
3. Reaktionen auf Schwarz, Weiß und Grau neben Farben	384
III. Der qualitative Nachweis des Farbenunterscheidungsvermögens	385
IV. Die Empfindlichkeit des Unterscheidungsvermögens im ganzen Farbbereich	388
V. Zusammenfassung der Ergebnisse	391
Literaturverzeichnis	392

Einleitung.

Untersuchungen, die sich unmittelbar mit dem Farbenunterscheidungsvermögen von *Reptilien* beschäftigen, liegen bisher nicht vor. Die Ergebnisse über den Sichtbarkeitsbereich und die Helligkeitswirkung der Wellenlängen, die mit der Methode der Futtersichtbarkeit (VON HESS 1910) und mit Hilfe pupilloskopischer Messungen (LAURENS 1923) gewonnen wurden, lassen nur unsichere Schlüsse zu. Untersuchungen an *Eidechsen* standen bisher noch ganz aus. Dadurch, daß sie eine reine Zapfenretina und die für die meisten Sauropsidenäugen charakteristischen gelben und roten Ölkugeln besitzen, erschien eine Prüfung ihres Farbensinnes besonders lohnend.

Als Methode wurde die *Dressurmethode* gewählt, die schon bei anderen Untersuchungen über den Farbensinn ihre Vorzüge bewiesen hat (Zusammenfassung: KÜHN 1927, 1929).

Da Reptilien bisher auf diese Weise noch nicht untersucht waren, galt

es zunächst einwandfrei festzustellen, ob die Eidechsen überhaupt imstande sind, Farben nach ihrem bunten Farbcharakter unabhängig von ihren unbunten Helligkeitswerten zu unterscheiden. Konnte diese Frage in positivem Sinne beantwortet werden, so sollte versucht werden, Quantitatives über das feinere Unterscheidungsvermögen in den verschiedenen Farbbezirken zu ermitteln.

Meinem hochverehrten Lehrer, Professor Dr. KÜHN, danke ich für die Überlassung der Arbeit und für seine stete Anteilnahme an ihrem Fortgange herzlichst. Den Herren Assistenten des Institutes danke ich für Rat und Hilfe. Dank schulde ich ferner meiner Braut cand. biol. ILSÆ THOENES, die mir besonders bei der Haltung der zeitweilig zahlreichen Tiere vielfach geholfen hat.

I. Material und Versuchstechnik.

I. Material.

Es wurden nur einheimische Eidechsen zu den Versuchen verwandt. Als am besten geeignet erwies sich *Lacerta agilis* L. In einigen wenigen Fällen wurde *Lacerta viridis* LAUR. verwendet.

Gehalten wurden die zur Dressur ausgewählten Tiere in gewöhnlichen Glasaquarien von 30 × 25 cm Fläche und 25 cm Höhe. Der Boden wurde mit einer dünnen Schicht Sand bedeckt. Als Trinkgefäß diente eine kleine Petrischale. Als Unterschlupf wurden Dachziegel- oder Tonrohrstücke gewährt. Futter wurde nur bei den Dressuren gereicht. Die Glaskästen standen in mehreren Reihen dicht nebeneinander. Durch dazwischengestellte Papiere wurde verhindert, daß die Tiere sich gegenseitig sehen konnten. Auf diese Weise wurde eine Ablenkung bei der Dressur durch das dem Versuchstier benachbarte Tier vermieden und gleichzeitig wurde dadurch ein gleichmäßig grauer Hintergrund für die Farbscheiben bei der Dressur geschaffen. Ganz außerordentlich gute Dienste bei der Haltung der Tiere leistete die Bestrahlung mit einer Osram-, „Vitalux“-Lampe. Diese ermöglichte eine Weiterführung der Versuche sogar im Winter. Die Lampe wurde in etwa 1 m Höhe senkrecht über den Aquarien aufgehängt. Die ultraviolette Strahlen aussendende „Vitalux“-Glühlampe wurde in einem verchromten Reflektor von 35 cm Durchmesser verwendet. Da die Lampe auch eine große Wärmestrahlung besitzt, war es ein Leichtes, mit ihr und der Zimmerheizung eine annähernd konstante Temperatur von 25° in dem Versuchszimmer zu halten. Bei den Versuchen wurde durch die Lampe für eine bestimmte Helligkeit gesorgt. Die Lampe brannte täglich etwa 5 Stunden. Die Tiere blieben selbst im tiefen Winter unter diesen Bedingungen recht lebhaft, so daß die Versuche ohne weiteres durchgeführt werden konnten.

2. Pigmentpapiere.

Zu den Dressuren wurden *Farbpapiere nach OSTWALD* des *Unesma-Verlages*, Leipzig, gewählt. Diese Papiere sind gut normiert, so daß ein gleichmäßiger Ausfall derselben bei verschiedenen Lieferungen gewährleistet ist. Es wurde auf einzelne Farben des 24teiligen Farbkreises (1—3 Gelb, 4—6 Orange, 7—9 Rot, 10—12 Veil, 13—15 Ublau, 16—18 Eisblau, 19—21 See grün, 22—24 Laub grün) dressiert.

Zur Prüfung auf eventuelle Farb-Graugleichungen wurde eine 17stufige Grauleiter benutzt. Die große OSTWALDSche Grauserie war nicht vorhanden und konnte wegen des hohen Preises auch nicht beschafft werden. Es wurden deshalb vorhandene HERINGSche *Graupapiere nach der 8stufigen OSTWALDSchen Grauleiter geeicht* und in regelmäßigen Abständen nach Augenmaß entsprechende Stufen eingefügt. So entstand eine sehr regelmäßig abgestufte Grauskala, die allen Ansprüchen vollauf genügte.

3. Versuchstechnik.

Leider konnte wegen der Eigenschaft der Eidechsen, nur bei hohen Lichtintensitäten zu fressen, die Untersuchung nicht mit spektralem Licht ausgeführt werden. Es mußte deshalb auf die Pigmentpapiere dressiert werden. Die Dressur selbst wurde so ausgeführt, daß an einer *Dressurgabel* aus Eisendraht (Abb. 1), deren zwei Äste ungleich lang waren, an dem längeren Ast eine Farbpapierscheibe, an dem kürzeren Ast ein Mehlwurmstück so befestigt wurde, daß der Futterbrocken sich unmittelbar vor der Farbscheibe befand. Es wurden dem Tier jeweils zwei solcher Dressurgabeln geboten. Der Brocken vor der Farbscheibe, die die *Warnfarbe* zeigte, wurde mit gesättigter Kochsalzlösung vergällt, deren Geschmack eine außerordentlich abschreckende Wirkung zeigte. Der Brocken vor der „*Futterscheibe*“ wurde im Anfang mit reinem Wasser benetzt, um eine Dressur auf das Glitzern des Vergällungsmittels zu vermeiden. Es zeigte sich jedoch bald, daß die Wirkung der *Farbe* der Dressurscheibe von so überwiegendem Einfluß war, daß auf diese Vorsichtsmaßregel verzichtet werden konnte. Auch die Maßregel, an beiden Gabeln nur Mehlwurmköpfe oder -enden aufzuspießen, erwies sich als überflüssig. Selbstverständlich war die Größe der Farbscheiben stets genau gleich (zehnpfennigstückgroß). Etwaige *Geruchsreize* wurden dadurch ausgeschaltet, daß die Gabeln des öfteren (auch untereinander) gewechselt wurden. Als Vergällungsmittel wurde Kochsalz gerade aus dem Grunde gewählt, weil es nicht flüchtig, sondern geruchlos ist. Um eine *Orts- oder Raumdressur* zu vermeiden, wurde die gegenseitige Lage der Gabeln, sowie die Stelle im Kasten, an der sie geboten wurden, dauernd geändert. Da die Gabeln stets in derselben Höhe über dem Boden und demselben Abstand vom Kopf des zu prüfenden Tieres gehalten wurden, war eine Orientierung nur nach der Farbe bzw. nach der Helligkeit der Dressurscheibe möglich.



Abb. 1. Dressurgabel.

Nach diesem Prinzip wurde die Dressur auf drei verschiedene Arten durchgeführt:

1. *Versuchsordnung*: Der Futterbrocken wird vor einer für die Dauer der Dressur gleichbleibenden Farbscheibe geboten (*Futterfarbe*). Gleichzeitig mit dieser wird der vergällte Brocken vor einer anderen, ebenfalls für die ganze Dauer der Dressur gleichbleibenden Farbe (*Warnfarbe*) geboten. Sobald diese Dressur gefestigt erscheint, d. h. bei mindestens 20 unmittelbar aufeinanderfolgenden Einzelversuchen nur die eine Farbe gewählt wird, so werden mindestens 10 *Kontrollversuche* mit unvergälltem Futter an beiden Dressurgabeln gemacht, um den Dressurerfolg zu prüfen. Wenn auch jetzt richtig gewählt wird, so werden Versuche eingelegt, bei denen neben der Warnfarbe ein Graupapier geboten wird. Nacheinander werden so sämtliche Stufen der Grauskala dem Tier mehrfach gereicht. Um eine Selbstdressur auf eine bestimmte Reihenfolge der Darbietungen zu vermeiden, werden diese *Grauvergleichsversuche* in unregelmäßigen Abständen zwischen die normalen Dressurversuche eingeschoben. Nach Erledigung der Grauvergleiche werden zwischen normalen Dressuren statt der bisher immer gleichen Dressurfutterfarbe der Warnfarbe immer näher *benachbarte Farben* geboten (je 10mal) und so geprüft, von welcher Farbstufe an die unmittelbar benachbarten Farben nicht mehr unterschieden wurden.

Diese Methode hat zwar den Vorzug, daß an ein und demselben Tier sämtliche Probleme für eine einzelne Farbe eindeutig geklärt werden können, aber sie hat den großen Nachteil, sehr längwierig zu sein. Namentlich die Grauvergleiche erfordern sehr viel Zeit und bedeuten eine wesentliche Verlängerung des Versuches.

2. *Versuchsordnung*: Die Grauvergleiche werden dadurch vorweggenommen, daß das Tier auf eine während der ganzen Dauer des Versuches gleiche Warnfarbe gegen stets wechselnde Graustufen am anderen Stabe dressiert wird. Den Abschluß des Versuches bilden die *Farbenvergleichsversuche*, die so angestellt werden, daß dem Tier statt der wechselnden Graustufen, wechselnde Farbstufen in immer stärkerer Annäherung an die auch jetzt gleichbleibende Farbe des anderen Stabes geboten werden. Die Annäherung geschieht nicht in regelmäßigen Schritten, sondern es werden durcheinander Farben ganz anderer Farbqualität und der Dressurfarbe benachbarte Farben geboten.

Bei einer 3. *Versuchsordnung* wurde auf die Grauvergleiche gänzlich verzichtet, da inzwischen genügend Material zur Beantwortung dieser Frage vorlag. Die Dressur erfolgt so, daß die Warnfarbe stets die gleiche bleibt. Als Futterfarben werden *zwei* solche gewählt, die der Warnfarbe nicht unmittelbar benachbart sind (z. B. Warnfarbe: Gelbgrün Nr. 24, Futterfarben: Grün Nr. 21 und Gelb Nr. 3). Diese werden in unregelmäßigem Wechsel neben der Dressurwarnfarbe gereicht. Wenn diese Dressur gefestigt ist, wird durch Farbenvergleichsversuche das feinere Unterscheidungsvermögen im Bezirk der zu untersuchenden Farbe geprüft.

4. Protokollführung.

Das Protokoll wurde so geführt, daß nur *echte Wahlen* gezählt wurden; d. h. Versuche, bei denen eine Eidechse auf die Dressurgabeln losschoß, ohne beide vorher deutlich beachtet zu haben, wurden nicht gezählt. Ein mehrmaliges Schnappen nach der Gabel, auch wenn der Brocken vorher schon gefressen war, zählte nur als eine Wahl.

Die Gabeln wurden stets 30 Sek. geboten. Wurde zuerst nach der einen und dann nach der anderen Farbe geschnappt, so galt der Versuch als positiv für die erste. Gut dressierte Tiere ließen die Warnfarbe überhaupt unbeachtet. Wurde ein Brocken gefressen, so wurde das mit + im Protokoll vermerkt, — heißt, daß der Brocken nicht gefressen wurde.

Tabelle I. Ein Tagesprotokoll. Tier Nr. 5. 18. V. Richtig 7 Falsch 4 $n = 11$

Futterfarbe Violett 11	Warnfarbe Blau 14
—	+
—	+
+	—
—	+
+	—
+	—
+	—
—	+
+	—
+	—
+	—

Ein Tagesprotokoll, das willkürlich aus der Menge der Protokolle herausgegriffen ist, möge die Beschreibung veranschaulichen (Tabelle I). In den Protokollen steht stets die (indifferente) Futterfarbe links und die zu lernende Warnfarbe rechts. Wurden anstatt einer Futterfarbe wechselnde Farben gereicht, so wurde jede Farbe einzeln verzeichnet.

Die Dressuren wurden dann zu *Zehnergruppen* zusammengefaßt und die Prozente der richtigen Wahlen (d. h. der Ablehnungen der Warnfarbe) errechnet. Diese Daten wurden graphisch so dargestellt, daß die Zahl der Zehnergruppen auf der Abszisse und die Prozentzahlen der *richtigen Wahlen* auf der Ordinate aufgetragen wurden.

Die *Kurven für das feinere Unterscheidungsvermögen* für benachbarte Farbstufen wurden als *Fehlerkurven* dargestellt. Nachdem die

Dressur auf die zu untersuchende Farbe vollständig gelungen war, hätte man erwarten müssen, daß, wenn den Tieren an zwei Gabeln gleichzeitig die Warnfarbe geboten wurde, sie diese beide in 100% der Fälle abgelehnt, d. h. von keiner gefressen hätten. Tatsächlich fraßen die Tiere jedoch stets von einer der beiden Gabeln. Die Wahlen erfolgten hier rein zufallsmäßig: Es wurde zu 50% von der einen und zu 50% von der anderen Gabel gefressen. Anstatt der erwarteten 100% richtiger Wahlen wurden also 50% Fehler gemacht, während bei Darbietung nur einer Gabel mit der Warnfarbe neben einer von dieser sicher unterschiedenen Futterfarbe 0 Fehler gemacht wurden. Wurde nun neben der Warnfarbe eine andere geboten, die den Tieren mit dieser farbgleich erschien, also mit der Warnfarbe vollständig verwechselt wurde, so wählten die Tiere ebenfalls zu 50% von der einen und zu 50% von der anderen Farbe. Die Prozentzahl der Fehler ging also im ungünstigsten Fall, bei vollständiger Verwechslung nur bis 50%. Je weiter die gebotene Farbe sich im Farbton von der

mit ihr gleichzeitig gebotenen Warnfarbe entfernte, desto geringer wurde die Anzahl der Fehler. Wenn die beiden Farbqualitäten vollständig sicher voneinander unterschieden wurden, so wurde die Warnfarbe überhaupt nicht mehr besucht und die Zahl der Fehler sank auf 0.

Der senkrechte Strich mit dem wagerechten Pfeil in den Dressurkurven zeigt jeweils den Beginn der Kontrollversuche an, bei denen den Tieren unvergälltes Futter an beiden Stäben gereicht wurde.

Eine Dressur auf eine *Farbe als Lockfarbe* ließ sich mit keinem Mittel erreichen. *Die Tiere ließen sich nur auf eine Farbe als Warnfarbe dressieren.* Sämtliche anderen Farben mit Ausnahme der der Warnfarbe unmittelbar benachbarten wurden als *indifferente Futterfarben* stets gefressen. Die zu untersuchende Farbe mußte also jeweils als Warnfarbe mit vergälltem Futterbrocken geboten werden.

II. Spontane Reaktionen.

1. Reaktionen auf Farben.

Veranlassung zu diesen Versuchen gab der Umstand, daß eine Dressur auf Grün als Warnfarbe nur sehr schwer gelang. Eine Dressur auf Grün nach der Versuchsanordnung 1, wobei Blau als Futterfarbe dienen sollte, wurde mit fünf Tieren begonnen, mußte aber in allen Fällen als ergebnislos abgebrochen werden. Selbst als der Köder vor der grünen Signalscheibe anstatt mit Kochsalz mehrere Male mit Alkohol, Benzol oder Xylol vergällt war, war kein Tier dazu zu bringen, Grün zu meiden, obwohl die abschreckende Wirkung der genannten Chemikalien sonst sehr stark ist. Diese Beobachtung legte den Gedanken nahe, daß das Verhalten der Eidechsen von vornherein nicht allen Farben gegenüber gleich ist.

Diese Frage wurde so geprüft: An einer Gabel mit vier Doppelarmen wurden den Tieren die vier Farben Rot Nr. 7, Gelb Nr. 2, Grün Nr. 22 und Blau Nr. 14 gleichzeitig alle mit unvergälltem Futterbrocken versehen geboten. Nach jeder vollkommen unbeeinflussten Wahl der Eidechse wurde die Reihenfolge der Farben gewechselt, so daß eine Selbstdressur auf eine bestimmte Stelle der Reihe unmöglich wurde. Die Darbietung erfolgte in einer Entfernung, die das Tier alle vier Farben gleichzeitig übersehen ließ (etwa 15—20 cm). Als Köder wurden vor allen vier Farbscheiben nur Mehlwurmköpfe oder -enden befestigt, um eine Orientierung nach der Form der Köder unmöglich zu machen. Damit war eine Orientierung nur nach den Farben der Signalscheiben möglich.

Ausgeführt wurden diese Versuche mit einem *Lacerta viridis*-♀ und zwei *L. agilis*-♀♀. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Prinzipiell ist das Ergebnis für alle drei Tiere gleich: *Grün wird deutlich bevorzugt; die übrigen Farben werden in der Reihenfolge Gelb — Rot —*

Tabelle 2. Anzahl der Wahlen in den einzelnen Farben.

	Rot 7	Gelb 2	Grün 22	Blau 14
<i>L. agilis</i> -♀ A	21	28	34	17
„ „ -♀ B	23	25	31	21
„ <i>viridis</i> -♀	23	26	30	21
Zusammen	67	79	95	59

n der Darbietungen insgesamt = 300

Blau gewählt. Die Zahlenwerte für die Besuche in einer Farbe sind bei den einzelnen Tieren fast gleich. Zweifellos liegt hier also eine Gesetzmäßigkeit vor derart, daß die Farben in der angegebenen Reihenfolge von den Eidechsen verschieden leicht angenommen werden. Diese Feststellung war natürlich auch für die Dressurversuche von größter Bedeutung. Das Mißlingen der oben erwähnten Dressur auf Grün als Warnfarbe gegen Blau als Futterfarbe dürfte seine Erklärung dadurch finden, daß die in dem Versuch gewählte Zusammenstellung der Farben gerade der im Spontanversuch gefundenen Reihenfolge entgegengesetzt ist.

2. Reaktionen auf Graustufen.

Die eben besprochenen Tiere wurden ebenfalls darauf geprüft, ob sie auch bei Darbietung verschieden heller Graustufen eine von diesen bevorzugen würden. Zur Wahl wurden ein helles Grau (Grau 2), zwei mittlere Grau (Grau 7 und Grau 11) und das sehr dunkle Grau 15 geboten. In voller Übereinstimmung wählten sowohl das *L. viridis*-♀ als auch das eine der *L. agilis*-♀ bei je 100 Darbietungen jede Graustufe 25mal. Von farblosen Graustufen verschiedenster Intensität wird also keine vor einer anderen bevorzugt.

3. Reaktionen auf Schwarz, Weiß und Grau neben Farben.

Es lag nahe, zu prüfen, wie sich farbloses Grau, Schwarz und Weiß in die Reihe der Farben einfügen würden. Zu diesem Zweck wurden in der oben geschilderten Weise einem bisher noch zu keinem anderen Versuch verwendeten *L. agilis*-♂ neben Grün, Rot und Blau Graustufen verschiedener Helligkeit geboten. Nach jedem Versuch wurden die Scheiben untereinander gewechselt und eine andere Graustufe genommen. Auf diese Weise konnten dem Tier Graus sehr verschiedener Helligkeit geboten werden. In 20 Versuchen wurde Grau 14mal, Grün 5mal, Rot 1mal und Blau keinmal genommen.

Versuche, die in der gleichen Weise mit den Farben Grün, Blau, Schwarz und Weiß ausgeführt wurden, ergaben, daß bei 20 Versuchen Weiß 11mal, Grün 5mal, Schwarz und Blau je 2mal genommen wurden.

Da aus diesen Versuchen noch nicht hervorging, an welche Stelle

Schwarz in die Stufenleiter einzusetzen ist, wurden dem Tier in einer weiteren Versuchsreihe die Farben Gelb, Rot, Blau und Schwarz geboten. Gewählt wurde Gelb 9mal, Rot 5mal, Blau 4mal, Schwarz 2mal. Während Weiß also den Wert einer beliebigen Graustufe besitzt, hat Schwarz den Wert einer Farbe und ist in der Stufenreihe bei Blau einzusetzen.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß nicht alle Farben von den Eidechsen gleich bewertet werden. Es lassen sich *zwei Gruppen von Farben* aufstellen: 1. Unbunte Graustufen verschiedenster Helligkeit und Grün. 2. Gelb, Rot, Blau, Schwarz. Gruppe 1 wird vor Gruppe 2 deutlich bevorzugt. Innerhalb einer Reihe von unbunten Graustufen wird keine bestimmte Helligkeit bevorzugt.

Es erscheint sehr wohl möglich, daß diese ererbten oder durch Erfahrung gewonnenen Reaktionen auf Farben für das Freileben der Eidechsen von Bedeutung etwa beim Nahrungserwerb (auffallend gefärbte Insekten, Schutz- und Warnfarben!) sind.

III. Der qualitative Nachweis des Farbenunterscheidungsvermögens.

Zunächst mußte untersucht werden, *ob die Eidechsen dazu imstande sind, die Farben nach ihrer Farbqualität, d. h. nach ihrer Wellenlänge zu unterscheiden.* Es sollen also zuerst die nach Versuchsordnung 1 und 2 ausgeführten Untersuchungen besprochen werden.

a) Rot-Grün-Unterscheidung.

Auf Rot 7 des 24teiligen OSTWALDSchen Farbenkreises wurden zwei *Lacerta agilis*-♀♀ nach der Versuchsordnung 1 dressiert (Tiere Nr. 1 und 2). Beide hatten als Dressurfarbe Rot Nr. 7 und als Futterfarbe Grün 21. Die Dressur wurde begonnen am 7. V. 1931 und wurde bei Nr. 1 am 16. VI. und bei Nr. 2 am 15. VII. abgeschlossen. Die Lernkurve (Abb. 2) zeigt, daß die Dressurfarbe Rot 7 sicher von Grün 21 unterschieden wurde. Von Tier Nr. 1 wurde bei den letzten 90 Wahlen kein Fehler mehr gemacht. Von diesen 90 Versuchen wurden die letzten 40 mit unvergältem Futter an beiden Dressurgabeln ausgeführt. Dieses Tier wurde dann in dieser Farbe weiter nicht geprüft, da die Ergebnisse von Nr. 2 ebenso einwandfrei die Unterscheidung des Rot von Grün zeigen. Mit Nr. 2 wurden dann Grauvvergleichsversuche angestellt. Das in Tabelle 3 zusammengestellte Ergebnis zeigt, daß eine Verwechslung der Dressurfarbe mit einer Graustufe oder mit einem bestimmten Grau-bezirk nicht stattfand. Nur bei Grau Nr. 10 und bei Grau Nr. 14 findet sich je ein Fehler. Die Reihe der Grauvvergleiche konnte nicht weiter-

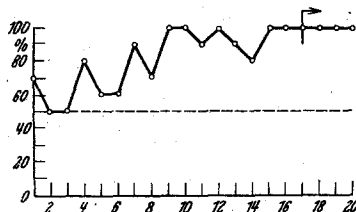


Abb. 2. Dressurkurve für die Rot-Grün-Dressur. *L. agilis*-♀ Nr. 2. $n = 210$.

Tabelle 3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
n	8	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
+	8	7	7	7	6	7	7	7	7	6	7	7	7	6	7	7	8
-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

Grauvergleichsversuche des *L. agilis*-♀ Nr. 2.

Erste wagerechte Reihe: Nummern der Graustufen.

n = Anzahl der Darbietungen in den einzelnen Graustufen.

+ = Gefressen; — = abgelehnt.

geführt werden, da das Tier am 18. VII. einging. Doch beweist das Ergebnis deutlich genug, daß die Unterscheidung der Dressurwarnfarbe von der Dressurfutterfarbe auf Grund des Unterschiedes in der Farbqualität und nicht wegen eines Helligkeitsunterschiedes erfolgte. Denn wenn das letztere der Fall gewesen wäre, so hätte das Tier bei Darbietung seiner Dressurfarbe neben jeder verschiedenen Helligkeit der unbunten Grauserie die Dressurfarbe mit einer ihm gleich hell erscheinenden Graustufe verwechseln müssen. Da das nicht der Fall ist, so kann die Unterscheidung der Warnfarbe Rot 7 von der Futterfarbe Grün 21 nur auf Grund des bunten Farbcharakters dieser Farben erfolgt sein.

b) Gelb-Grün-Unterscheidung.

Auf Gelb 2 gegen Grün 23 wurde ein *L. viridis*-♀ Nr. 3 dressiert. Die Dressur begann am 7. IX. 1930 und wurde am 30. VI. 1931 abgeschlossen. Die Lernkurve (Abb. 3) zeigt, daß die Unterscheidung der beiden Farben

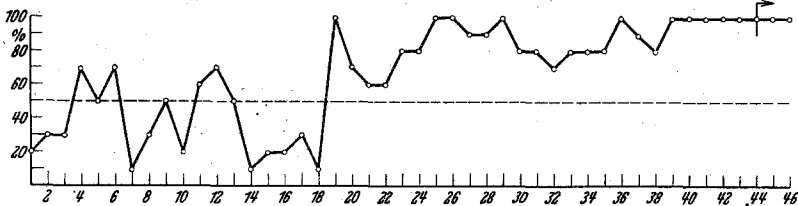


Abb. 3. Dressurkurve für die Gelb-Grün-Dressur. *L. viridis*-♀ Nr. 3. n = 460.

zwar langsam, aber so sicher gelernt wurde, daß bei den letzten 80 Wahlen kein Fehler mehr vorkam. Die letzten 30 dieser Wahlen wurden als Kontrollversuche mit unvergältem Futter auch vor dem gelben Warnsignal ausgeführt. Die Grauvergleiche (Tabelle 4) erweisen, daß die

Tabelle 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
n	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
+	20	19	20	20	20	20	17	16	17	19	19	20	20	20	20	20	20
-	0	1	0	0	0	0	3	4	3	1	1	0	0	0	0	0	0

Grauvergleichsversuche des *L. viridis*-♀ Nr. 3. Bezeichnungen wie in Tabelle 3.

Dressurwarnfarbe als bunte Farbe und nicht auf Grund ihrer unbunten Helligkeit von der Futterfarbe unterschieden wurde.

c) Grün-Grau-Unterscheidung.

Das *L. agilis*-♂ Nr. 4 wurde mit der Versuchsanordnung 2 auf Grün 22 dressiert. Leider konnten mit ihm keine Kontrollversuche mit unvergälltem Futter an beiden Stäben gemacht werden, da das Tier ein-

ging. Die Dressur begann am 20. VI. 1930 und dauerte bis zum Tode des Tieres am 23. VII. Wie aus der Lernkurve (Abbild. 4) hervorgeht, beherrschte es zu diesem Zeitpunkt die Dressur sicher. Bei den letzten 60 Wahlen kam nur noch ein einziger Fehler vor. Das Ge-

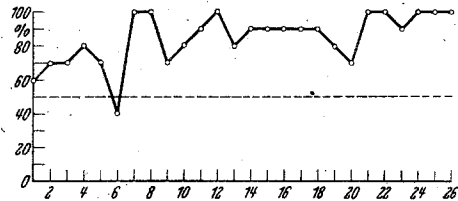


Abb. 4. Dressurkurve für die Grün-Grau-Dressur.
L. agilis-♂ Nr. 4. $n = 260$.

lingen einer solchen mit der Versuchsanordnung 2 ausgeführten Dressur beweist besonders eindringlich, daß die Dressurfarbe keinesfalls als unbunte Helligkeit unterschieden wird. Denn dann würde eine Dressur auf diese Weise überhaupt nicht gelingen, da den Tieren ja nur unbunte Graustufen verschiedenster Helligkeit zur Unterscheidung von ihrer Dressurfarbe geboten werden. Die einzelnen Stufen der Grauleiter sind so wenig voneinander verschieden und ihre Zahl (17) ist so groß, daß sicher eine der Dressurfarbe hellkeitsgleiche oder mindestens eine sehr ähnliche sich unter ihnen befindet. Das Gelingen einer solchen Dressur ließe sich also nur sehr gezwungen durch die Annahme eines ganz ungewöhnlich feinen Helligkeitsunterscheidungsvermögens bei den Eidechsen erklären.

d) Blau-Violett-Unterscheidung.

Auf Blau 14 als Warnfarbe gegen Violett 10 als Futterfarbe wurde das *L. agilis*-♂ Nr. 5 dressiert (Versuchsanordnung 1). Die Dressur dauerte vom 7. V. bis 23. VII. 1930 (Abb. 5).

Nachdem in den letzten 130 Versuchen nur noch zwei Fehler vorgekommen waren, wurden die Grauvergleiche gemacht. Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, wurde auch hier in keinem Fall eine farblose Graustufe mit der Dressurfarbe verwechselt. Obwohl nur wenige Ver-

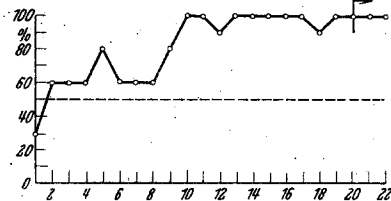


Abb. 5. Lernkurve für die Blau-Violett-Dressur.
L. agilis-♂ Nr. 5. $n = 220$.

suche gemacht werden konnten, weil das Tier später die Annahme von Futter von der Dressurgabel verweigerte, sind diese wenigen Versuche

doch einwandfrei genug, um zu beweisen, daß für die Unterscheidung von Warn- und Futterfarbe deren Helligkeit keine Rolle spielt.

Tabelle 5.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
n	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
+	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Grauvergleichsversuche des *L. agilis*-♂ Nr. 5. Bezeichnungen wie in Tabelle 2.

e) Violett-Grau-Unterscheidung.

Das schon auf Rot 7 dressierte *L. agilis*-♀ Nr. 1 wurde mit der Versuchsanordnung 2 auf Violett 10 umdressiert (20. VI. bis 2. XI. 1930). Die Lernkurve (Abb. 6) zeigt, daß die Unterscheidung vollkommen sicher gelang. Die letzten 40 Wahlen erfolgten fehlerlos. Also auch Violett wird auf Grund seines Farbcharakters von allen Graustufen sicher unterschieden.

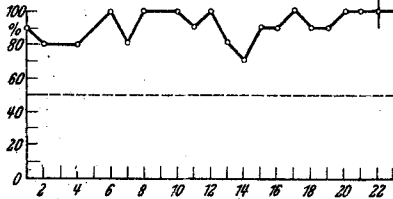


Abb. 6. Lernkurve für die Violett-Grau-Dressur. *L. agilis*-♀ Nr. 1. $n = 230$.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß es gelingt, Eidechsen auf Farben zu dressieren.

Die Prüfung dieser Ergebnisse mit Grauvergleichen sowohl als auch die Ergebnisse von zwei Dressuren auf bunte Farben gegen alle Stufen einer 17stufigen Grauleiter beweisen, daß die Eidechsen die Farben auf Grund ihres bunten Farbcharakters und nicht auf Grund ihrer unbunten Helligkeitswerte unterscheiden.

IV. Die Empfindlichkeit des Unterscheidungsvermögens im ganzen Farbbereich.

Es besteht nun noch die Frage, wie fein das Unterscheidungsvermögen von Farben voneinander ist, d. h. wie weit die Unterschiedsempfindlichkeit innerhalb bestimmter Abschnitte des Farbenkreises geht.

a) Dressur auf Rot.

Rot wird von Grün, wie wir schon im vorigen Abschnitt feststellen konnten, unterschieden (siehe Lernkurve Abb. 2). Dem *L. agilis*-♀ Nr. 2 wurden außerdem Blau und Gelb zur Unterscheidung geboten. Auch diese beiden Farben wurden ausnahmslos in allen Fällen von Rot unterschieden (Tabelle 6). Zur Untersuchung des feineren Unterscheidungsvermögens innerhalb der Farbqualität Rot wurde das *L. agilis*-♀ Nr. 6 vom 26. VIII. bis 7. IX. 1930 nach der Versuchsanordnung 3 auf Rot dressiert. Futterfarben waren Orange 5 und Violett 10. Nachdem

Tabelle 6.

	n	+	-
Blau 14 . . .	15	15	0
Gelb 2 . . .	14	14	0

Rot-Unterscheidung von Blau und Gelb. *L. agilis*-♀ Nr. 2.

n = Anzahl der Darbietungen. + = Gefressen; — = Abgelehnt.

die Dressur gefestigt war, und beide Futterfarben sicher von der Warnfarbe Rot 7 unterschieden wurden, wurden nach der in Kapitel I geschilderten Methode die Farbenvergleichsversuche ausgeführt. Auch die der Dressurfarbe unmittelbar benachbarten Farben Orange 6 und Rot 8 werden von dieser in allen Fällen unterschieden, d. h. es wird nie von der Warnfarbe, sondern immer von der Vergleichsfarbe gefressen (Abb. 7a). Die Nachbarfarben werden stets je 10mal geboten. Rot 7 wird also wie von allen anderen Farben auch von allen anderen Rotqualitäten des 24teiligen OSTWALDSchen Farbenkreises unterschieden.

b) Dressur auf Orange.

Die Dressur wurde ausgeführt vom 5. IX. bis 12. IX. 1931 mit dem schon auf Rot 7 dressiert gewesenen *L. agilis*-♀ Nr. 1. Der Lernvorgang führte auch hier zu einem schnellen und sicheren Erkennen von Orange 5 gegenüber den Futterfarben Rot 8 und Gelb 3 (Versuchsordnung 3). Zur feineren Unterscheidung in diesem Bezirk wurden dem Tier die zwischen den Futterfarben Rot 8 und Gelb 3 und der Warnfarbe Orange 5 liegenden Farben Orange 4 und 6 und Rot 7 geboten. Das Ergebnis ist in Abb. 7 b dargestellt: Das nach Rot zu gelegene Orange 6 wird noch in allen Fällen von der Dressurfarbe Orange 5 unterschieden. Nach der gelben Seite hin wird das Unterscheidungsvermögen geringer. Während Gelb 3 noch in allen Fällen bevorzugt wird, wird das nächste, Orange 4, zu 40% mit der Warnfarbe verwechselt, d. h. wird Orange 4 neben der Warnfarbe geboten, so wird in 40% der Fälle diese angenommen (vgl. S. 382).

c) Dressur auf Gelb.

Daß das auf Gelb 2 dressierte *L. viridis*-♀ Nr. 3 Gelb von Grün unterscheidet, wurde schon im ersten Abschnitt erörtert (siehe Abb. 3). Dem Tier wurde nach vollendeter Dressur Rot 18mal und Blau 17mal neben der Warnfarbe Gelb geboten. In allen Fällen wurde Gelb von diesen beiden Farben sicher unterschieden. Bei der Untersuchung des Unterscheidungsvermögens innerhalb der Farbqualität Gelb zeigte sich, daß die der Dressurfarbe Gelb 2 unmittelbar benachbarten Farbtöne Gelb 1 und Gelb 3 vollständig mit dieser verwechselt werden (50% richtige und 50% falsche Wahlen). Gelb 3 wird zu 40% verwechselt. Erst Orange 4 und Laubgrün 24 werden zu 100% unterschieden (Abb. 7 c).

d) *Dressur auf Gelbgrün.*

Das *L. agilis*-♀ Nr. 7 wurde nach der Versuchsanordnung 3 auf Gelbgrün 24 gegen Grün 21 und Gelb 3 dressiert (8. IX. bis 17. IX. 1931). Nach Festigung der Dressur wurden zur feineren Unterscheidung die Farben Grün 22 und 23 und Gelb 1 und 2 neben der Warnfarbe geboten. Das in Abb. 7 d. zusammengestellte Ergebnis zeigt, daß von den Eidechsen in diesem Bezirk nur schwach unterschieden wird. Nach der

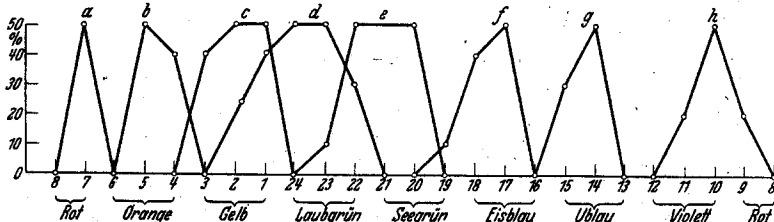


Abb. 7. Kurven für das feinere Unterscheidungsvermögen. Ordinate: Anzahl der Fehler in % (d. h. % Annahme der Warnfarbe neben der Vergleichsfarbe, vgl. S. 382). Abszisse: Nummern der Ostwaldpapiere. Die Buchstaben über den einzelnen Kurven entsprechen den Bezeichnungen der Dressuren im Text.

gelben Seite hin wird das der Dressurfarbe unmittelbar benachbarte Gelb 1 zu 40% verwechselt. Gelb 2 wird ebenfalls noch zu 20% mit der Warnfarbe verwechselt. Erst Gelb 3 (die Dressurfutterfarbe) wird zu 100% von der Warnfarbe unterschieden. Nach der grünen Seite hin wird das der Dressurfarbe nächstbenachbarte Laubgrün 23 zu 50% und das darauffolgende Grün 22 zu 30% verwechselt. Erst Grün 21 wird in allen Fällen unterschieden.

e) *Dressur auf Grün.*

Das *L. agilis*-♀ Nr. 8 wurde nach der Versuchsanordnung 3 auf Grün 21 als Warnfarbe und Blaugrün 18 und Gelbgrün 24 als Futterfarbe dressiert (27. VIII. bis 10. IX. 1931).

Nachdem die Dressur gefestigt war, wurden die benachbarten Farben gereicht (Abb. 7 e). Die beiden nächstbenachbarten Farben Grün 20 und Grün 22 werden zu 50% mit der Dressurfarbe verwechselt. Nach der blauen Seite hin fällt die Kurve bei Grün 19, das schon einen durchaus ins Blaue gehenden Farbton hat, steil auf 0 ab. Diese Farbe wird immer unterschieden. Nach der gelben Seite zu ist bei Gelbgrün 23 noch ein Fehler vorgekommen.

f) *Dressur auf Blaugrün.*

Die Dressur wurde mit dem schon auf Rot 7 dressiert gewesenen *L. agilis*-♀ Nr. 6 nach der Versuchsanordnung 3 ausgeführt. Futterfarben waren Blau 15 und Grün 20 (9. IX. bis 17. IX. 1931). Nach der blauen Seite hin wurde das der Dressurfarbe nächstbenachbarte Blaugrün 16 schon in allen Fällen von dieser unterschieden (Abb. 7 f). Nach

Gelb zu fällt die Kurve ziemlich flach ab. Das nach dieser Seite zu der Dressurfarbe nächste Blaugrün 18 wird zu 40% mit derselben verwechselt. Auch das noch eine Stufe weiter entfernte Seegrün 19 wird noch in 10% der Fälle verwechselt. Erst das drei Stufen von der Warnfarbe entfernte Grün 20 wird immer von dieser unterschieden.

g) Dressur auf Blau.

Dem schon im ersten Abschnitt erwähnten *L. agilis*-♂ Nr. 5 wurden, nachdem nachgewiesen war, daß es Blau von Violett unterschied (Abb. 5), auch die Farben Rot, Gelb und Grün geboten. Diese Farben wurden je 10mal gereicht und alle wurden immer sicher von der Dressurfarbe unterschieden. Um zu prüfen, wie weit innerhalb des Blau noch unterschieden wird, wurde ein weiteres Tier nach der Versuchsanordnung 3 auf Blau 14 dressiert. Futterfarben waren Blau 12 und Blaugrün 18 (27. VIII. bis 8. IX. 1931). Die Dressur gelang ziemlich schnell. Die Farbenvergleichsversuche ergaben, daß nach Violett hin das unmittelbar benachbarte Blau 13 ohne Fehler von Blau 14 unterschieden wurde. Nach der grünen Seite zu wurde Blau 15 in 30% der Fälle verwechselt (siehe Abb. 7 g).

h) Dressur auf Violett.

Die Untersuchung wurde ausgeführt mit dem *L. agilis*-♀ Nr. 1. Nachdem nachgewiesen war, daß das Tier alle Graustufen von seiner Dressurfarbe unterschied, wurden ihm die Farben Rot, Gelb, Grün und Blau je 15mal gereicht. Auch diese wurden in allen Fällen von der Dressurfarbe unterschieden. Bei den Farbenvergleichsversuchen werden auf beiden Seiten der Dressurfarbe die ihr nächstbenachbarten Farben (Rot 9 und Violett 11) zu je 20% mit ihr verwechselt (Abb. 7 h).

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß die Eidechsen mindestens die Farben Rot, Orange, Gelb, Grün, Eisblau, Ublau und Violett voneinander und von allen anderen Hauptqualitäten des 24teiligen OSTWALDSCHEN Farbkreises unterscheiden. Daß auch feinere Unterscheidungen innerhalb dieser Farbbezirke gemacht werden, ist durch die Farbenunterscheidungsversuche festgestellt. Am schärfsten wird im Blau und im Rot unterschieden, am wenigsten im Grün. Ob diese Erscheinung auf einer geringen Unterschiedsempfindlichkeit des Sehapparats im Grünbezirk beruht oder damit zusammenhängt, daß spontan Grün leichter angenommen wird als die anderen Farben (S. 384), kann nicht entschieden werden.

V. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Nicht alle Farben werden von den Eidechsen spontan gleich leicht angenommen. Es lassen sich zwei Gruppen von Farben unterscheiden: 1. Unbunte Graustufen verschiedenster Helligkeit und Grün. 2. Gelb,

Rot, Blau und Schwarz. Gruppe 1 wird vor Gruppe 2 deutlich bevorzugt. Innerhalb einer Reihe von unbunten Graustufen wird keine bestimmte Helligkeit bevorzugt.

2. Es gelingt, Eidechsen auf Farben zu dressieren. Diese Unterscheidung erfolgt nicht auf Grund der unbunten Helligkeitswerte, sondern auf Grund des bunten Farbcharakters der Farben.

3. Die Eidechsen unterscheiden mindestens die acht Farben Rot, Orange, Gelb, Gelbgrün, Seegrün, Eisblau, Ublau und Violett voneinander. Am schärfsten wird im Rot und im Blau, am wenigsten im Grün unterschieden.

Literaturverzeichnis.

v. Heß, C.: Untersuchungen über den Lichtsinn bei Reptilien und Amphibien. Pflügers Arch. 132 (1910). — Kühn, A.: Das Farbenunterscheidungsvermögen der Tiere. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie 12, 1. Berlin 1929. — Farbensinn der Tiere. Tabulae biologicae 6 (1927). — Laurens, H.: Studies on the relative physiological value of spectral lights. III. The pupillomotor effects of wave lengths of equal energy content. Amer. J. Physiol. 64 (1923).
