

war es, ob die zweite Generation im Sommer oder im Winter gebaut wurde. Im Falle Winter, Winter, Sommer ergaben die typischen Spalter¹⁾ der dritten Generation die Relation Schossend: Sitzend = 1 : 10,5, im Falle Sommer, Winter, Sommer die ähnliche Relation 1 : 9,49; im Falle Sommer, Sommer, Sommer 3,4 : 1. Das adaptive Merkmal „Länge der Vegetationsperiode“ lässt also bei seiner Mendel'schen Vererbungsweise die fortdauernde Beeinflussbarkeit durch die besonderen äußeren Faktoren deutlich erkennen.

Ich glaube, dass das Wenige, was ich hier anführen konnte, zu dem Schlusse genügt: der Hybridismus ist für die exakte Deszendenzlehre von nicht unerheblicher Bedeutung insofern, als durch Kreuzung — ähnlich wie durch Anpassung, durch diskontinuierliche Variation oder Mutation, nach der älteren, neuerdings von Weismann, Plate, J. Groß vertretenen Anschauung auch durch kontinuierliche Variation und Selektion — neue Formen entstehen, aber auch stammelterliche Merkmale wieder auftreten können. Der Hybridismus stellt somit eine reiche Quelle von Formen dar und gestattet zudem nicht selten eine experimentelle Ahnenprobe²⁾.

Zur Physiologie der Pigmentzellen.

Von R. F. Fuchs.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Erlangen.)

(Schluss.)

Coniin.

An *Rana fusca* wurden 14 Versuche angestellt, die zu nachstehendem Ergebnis führten. Bei sämtlichen Versuchen mit Ausnahme dreier konnte 1—1½ Stunden nach der Injektion eine deutliche Verdunkelung der Versuchstiere gegenüber den Kontrolltieren beobachtet werden. Die Tiere wurden in ganz seichtem Wasser, das gerade nur die abhängigsten Partien des Gefäßbodens bedeckt, also fast trocken, im 19° warmen hellen Zimmer gehalten. Die drei negativen Versuche rühren wohl davon her, dass die Tiere erst in der zwanzigsten Stunde nach der Injektion untersucht werden konnten,

1) D. h. die Deszendenten von Vertretern des „rezessiven“ Wintertypus in der zweiten Generation; die sekundär angepassten bei Winteranbau der zweiten Generation durchgekommenen oder bei Sommeranbau der zweiten Generation nachträglich ausgeschossten Individuen zeigen ein anderes Spaltungsverhältnis (Sommer, Winter, Sommer 1 : 1,06; Winter, Sommer, Sommer 4,47 : 1), welches aber auch den Einfluss der Anbauweise deutlich erkennen lässt. Bezüglich der Details vergleiche meine Arbeit „Über Züchtung neuer Getreiderassen“. II. Mitt. Zeitschr. f. d. landw. Versuchsw. in Öst. 1906.

2) Vgl. meine Aufsätze: Die Lehre von den formbildenden Faktoren. Jahrb. für Pflanzen- u. Tierzüchtung 1903. — Über Bildung neuer Formen durch Kreuzung. Verh. d. internat. Bot. Kongresses in Wien 1905.

also zu einer Zeit, in welcher die Verdunkelung schon wieder abgeklungen ist, wenn es sich nicht um Versuche mit sehr großen Dosen handelt, was bei den drei Tieren aber nicht der Fall war, da es sich um Dosen von 2—4 mg handelte.

Bei 1—2 mg Coniin ist die Verdunkelung nicht groß, immerhin aber deutlich sichtbar. Nach 2 Stunden 30 Minuten (p. i.) ist sie aber bereits wieder im Abklingen, oder schon ganz verschwunden. Die Schwimnhautmelanophoren zeigen nur ganz geringfügige Expansionserscheinungen; sie scheinen auf Coniin etwas weniger zu reagieren als die des übrigen Körpers. Nach Injektion von 1 mg Coniin sind Nachwirkungen auf die Reaktion der Pigmentzellen bereits in der 3. Stunde nach der Injektion nicht mehr zu finden, die Tiere hellen sich im Trockenen genau so stark auf wie die Kontrolltiere, ferner ist die Verdunkelung im seichten Wasser bei den Versuchstieren die gleiche wie bei den Kontrolltieren.

Bei Applikation von 3—7 mg Coniin ist die Verdunkelung der Versuchstiere eine entsprechend stärkere, sie ist nach 2 Stunden (p. i.) noch deutlich ausgesprochen. Die Expansion der Schwimnhautmelanophoren erreicht etwas stärkere Grade, sie können aus dem unregelmäßig kugeligen Ballungszustand in sternförmig verzweigte Zellen mit zahlreichen verzweigten Fortsätzen sich umwandeln. Ferner ist nach Anwendung dieser Dosen die Verdunkelung des Versuchstieres noch bis zur 19. Stunde (p. i.) beobachtet worden, obwohl die Versuchs- und Kontrolltiere während der letzten 13 Stunden vollkommen trocken im 19° warmen, hellen Zimmer gehalten wurden. Trotz dieses lange andauernden, intensiven Aufhellungsreizes haben sich die Versuchstiere nicht so stark aufgehellt wie die Kontrolltiere. Oft ist wohl eine ganz geringfügige Aufhellung im Trockenen zu beobachten, aber sie fehlt eben so oft vollkommen. Eine Nachwirkung des Coniins in Form einer gesteigerten Erregbarkeit der Versuchstiere auf koloratorische Reize konnte ich nach diesen Dosen nicht beobachten. Denn als die Tiere nach 5stündigem Aufenthalt im seichten Wasser 24 Stunden nach der Injektion untersucht wurden, zeigten die Versuchstiere keinen Farbenunterschied gegenüber den Kontrollieren. Ich möchte ferner erwähnen, dass nach der Injektion von 7 mgr. Coniin bereits nach 2 Stunden (p. i.) geringfügige Paresen der Skelettmuskeln beobachtet wurden. Eine ausgesprochene Lähmung war zu dieser Zeit noch nicht vorhanden, sondern es waren die Bewegungen des Tieres nur erschwert und außerordentlich träge. Ob später noch eine vollständige Lähmung zustande gekommen sein mag, kann ich nicht angeben, weil ich die Tiere erst wieder in der 19. Stunde (p. i.) untersuchen konnte, zu welcher Zeit auch von den früher beobachteten Paresen nichts mehr zu sehen war.

Bei Verwendung höherer Dosen, von 8—10 mg waren alle

bisher erwähnten Erscheinungen in wesentlich verstärktem Maße zu beobachten. Schon nach 1 Stunde 30 Minuten bis 1 Stunde 40 Minuten trat eine vollständige Lähmung des Versuchstieres ein, die mit einer entsprechenden Verdunkelung der Haut und Expansion der Schwimmhautmelanophoren verknüpft war, bei der höchsten verwendeten Dosis von 10 mg war die Expansion der Schwimmhautmelanophoren so stark, dass die vor der Injektion kugelig gehaltenen Zellen nach 1 Stunde 47 Minuten (p. i.) sternförmige Gestalt angenommen hatten und dicht verzweigte zahlreiche lange Fortsätze aufwiesen, die sich berührten und Netze zu bilden begannen. 18—19 Stunden nach der Injektion waren die Unterschiede noch in voller Schärfe ausgebildet, trotzdem die Tiere die der Untersuchung unmittelbar vorangegangenen 16 Stunden im hellen, 19° warmen Zimmer trocken gehalten wurden. Auch ein nachfolgender 5stündiger Aufenthalt im seichten Wasser ließ den Unterschied nicht verschwinden, so dass nach 24 Stunden (p. i.) die Versuchstiere noch immer deutlich, wenn auch in etwas geringerem Grade als früher, dunkler sind als die unter gleichen Bedingungen gehaltenen Kontrolltiere. Nach 48 Stunden (p. i.) sind die Farbunterschiede zwischen Versuchs- und Kontrolltier meist verschwunden, oder es sind nur noch geringe Reste einer Farbdifferenz auffindbar.

Die Versuchsergebnisse der 11 an *Rana esculenta* angestellten Versuche stimmen im wesentlichen mit den an *Rana fusca* gewonnenen überein. Bei Coniindosen von 1—4 mg konnte bereits nach 1 Stunde 30 Minuten eine Verdunkelung der Versuchstiere mit entsprechender Expansion der Schwimmhautmelanophoren beobachtet werden. Die Verdunkelung war nach 18, ja sogar noch nach 42 Stunden (p. i.) nachweisbar, trotzdem die Tiere die letzten 24—25 Stunden im hellen, 17° warmen Zimmer trocken gehalten wurden. Um diese Zeit beginnen aber die Färbungsunterschiede zu verschwinden. Bei einer neuerlichen Untersuchung 67 Stunden nach der Injektion, nachdem die Tiere die vorangehenden 24 Stunden im seichten Wasser zugebracht hatten, konnte ich keine gesetzmäßigen Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrolltieren auffinden. Zweimal konnte ich zu dieser Zeit eine gesteigerte Verdunkelung des Coniintieres im seichten Wasser beobachten. Ein mit 3 mgr. behandeltes Weibchen versagte vollständig, es zeigte keine Verdunkelung nach der Injektion.

Intensiver als bei den vorherbeschriebenen Versuchen waren die Erscheinungen nach Injektion von 5—10 mg Coniin. Hier trat von 6 mg an je nach der Größe des Tieres bereits nach 1 Stunde 30 Minuten bis 2 Stunden 30 Minuten (p. i.) eine Lähmung ein, die aber bei der 17 Stunden nach der Injektion vorgenommenen Untersuchung bereits wieder verschwunden war. Die Verdunke-

lung bestand aber nicht nur während des Lähmungsstadiums, sondern war nach 42 Stunden (p. i.) noch nachweisbar; ja bei einem großen Frosch (Weibchen) mit 9 mg Coniin trat die Lähmung erst sehr spät, zwischen 30—40 Stunden ein. Dieses Tier zeigte auch keine sehr deutliche Verdunkelung. Ein großes mit 10 mg behandeltes Weibchen ließ während der ganzen, 67 Stunden währenden Beobachtungszeit keine Lähmung erkennen, sie müsste denn gerade zwischen 51—60 Stunden eingetreten und wieder vollständig abgelaufen sein, wo eine Beobachtungspause stattfand. Trotzdem zeigte dieses Tier bis zur 42. Stunde nach der Injektion eine deutliche Verdunkelung gegenüber dem Versuchstier.

Da die Verdunkelung auch bei Dosen eintritt, die keine motorische Lähmung verursachen, so kann die Verdunkelung nicht auf die motorische Lähmung oder auf die infolge der gelähmten Lungenatmung eingetretene Dyspnoe bezogen werden. Ob es sich bei der Coniinwirkung um eine direkte Einwirkung des Alkaloides auf die Pigmentzellen, oder um eine Wirkung auf ihren nervösen Apparat handelt, muss einer späteren Mitteilung vorbehalten bleiben. Nur auf einen Punkt möchte ich hier noch hinweisen. Die Versuche mit niederen Dosen zeigten bei *Rana esculenta* deutlichere Ergebnisse als bei *Rana fusca*, ferner war die Coniinwirkung bei *Rana esculenta* stets von längerer Dauer als bei *Rana fusca*. Es reagiert mithin *Esculenta* intensiver auf Coniin als *Fusca*. Diese Unterschiede sind biologisch sehr bemerkenswert, weil sie wiederum darauf hinweisen, dass den morphologischen Unterschieden der beiden einander so nahe stehenden Arten auch physiologische Organisationsverschiedenheiten entsprechen, worauf noch öfter hingewiesen werden wird.

Eserin.

Die 12 an *Rana fusca* angestellten Versuche ergaben nur sehr geringfügige Farbenveränderungen, welche aber nicht regelmäßig auftraten, sodass ich wenigstens auf Grund der bisher angestellten Versuche einen gesetzmäßigen Farbenwechsel als Folge der Eserinwirkung zu beobachten nicht in der Lage war. Zwar konnte nach Injektion von 3—7 mg Eserin bei der nach 22 Stunden (p. i.) vorgenommenen Untersuchung eine mäßige Verdunkelung der Versuchstiere gegenüber den Kontrolltieren beobachtet werden, nachdem die Tiere die letzten 21 Stunden im ganz seichten Wasser, fast trocken, im dunklen 14^o warmen Zimmer gehalten worden waren. Diese geringfügige Verdunkelung war auch noch nach 42 Stunden (p. i.) vorhanden, nachdem die Tiere die letzten 20 Stunden im 12^o warmen Zimmer, im seichten Wasser zugebracht hatten; sie verschwand erst 66 Stunden nach der Injektion. Da aber der Farbenunterschied niemals sehr ausgesprochen war und

bei höheren Eserindosen, zwischen 8—10 mg nicht mehr regelmäßig eintrat, sondern nur einmal schwach angedeutet war, so halte ich mich nicht für berechtigt, ihn als gesetzmäßig anzuerkennen. Von den 12 angestellten Versuchen waren 4 vollständig negativ, einer nur andeutungsweise positiv (Verdunkelung) verlaufen, die übrigen 7 zeigten die beschriebene mäßige Verdunkelung, welche vielleicht nur als gesteigerte Erregbarkeit auf äußere koloratorische Reize zu deuten wäre, da sich die Tiere in seichtem Wasser bei Temperaturen von 12° und 14° befanden, es sich also hier um Einwirkung zweier verdunkelnder Reize handelt. Durch äußere Umstände war es mir unmöglich gewesen die Tiere zwischen 8.—20. Versuchsstunde zu beobachten. Es müsste denn sein, dass in diesem Zeitintervall die hauptsächlichsten Veränderungen gerade vor sich gegangen wären, eine Möglichkeit, die nicht von der Hand zu weisen ist. Ich muss deshalb die Versuche mit Eserin in diesem Punkte als unvollständig betrachten und sie bei der weiteren Fortführung der Arbeit ergänzen, was bis jetzt mir nicht möglich war.

An *Rana esculenta* wurden 10 Versuche angestellt. Davon verliefen 4 vollständig ergebnislos, während bei 6 eine geringfügige Verdunkelung der Versuchstiere gegenüber den Kontrolltieren beobachtet wurde, als ich die Tiere nach 43 Stunden (p. i.) untersuchte, nachdem sie die unmittelbar der Untersuchung vorausgegangenen 23 Stunden in der 13° warmen Dunkelkammer im seichten Wasser gehalten worden waren. Bei der 3 und 18 Stunden nach der Injektion vorgenommenen Untersuchung konnte nur einmal nach 18 Stunden (p. i.) eine geringfügige Verdunkelung des Versuchstieres gegenüber dem Kontrolltier beobachtet werden. Es sind demnach die Versuche an *Rana esculenta* noch unsicherer als die an *Rana fusca* verlaufen, so dass ich vorläufig meine Ergebnisse wohl dahin zusammenfassen muss, dass nach Eserininjektionen eine gesetzmäßige Beeinflussung des Farbenwechsels nicht sicher nachgewiesen wurde.

Kurare.

Die 11 an *Rana fusca* angestellten Versuche ließen folgendes Verhalten erkennen: Nach der Injektion von 0,02—0,04 mg Kurare zeigten die im ganz seichten Wasser, fast trocken im hellen, 13° warmen Zimmer gehaltenen Versuchstiere nach 1 Stunde 20 Minuten (p. i.) eine stärkere Verdunkelung als die unter den gleichen Bedingungen befindlichen Kontrolltiere. Die Verdunkelung war zwar absolut genommen nicht sehr groß, aber immerhin deutlich. Bei einer Dosis von 0,02 mg war zu der genannten Zeit noch keine Lähmung eingetreten, während sie bei 0,04 mg bereits vorhanden war. Bei dem mit 0,04 mg behandelten Versuchstier war nach 4 Stunden 53 Minuten (p. i.) noch immer die vollständige Lähmung

vorhanden, aber es hatte sich trotzdem etwas aufgehellt. Diese Tatsache verdient deswegen ein besonderes Interesse, weil sie zeigt, dass die Verdunkelung keine Folge der Lähmung der Atemmuskeln und der dadurch bedingten Dispnoe der Tiere ist, welche letztere ja nach Lister und Biedermann als ein Verdunkelungsreiz angesehen werden muss. In der 28. Stunde nach der Injektion waren die Verdunkelungserscheinungen vollkommen verschwunden; von da ab zeigte das Versuchstier genau die gleichen Farbenveränderungen wie das Kontrolltier. Ebenso war nach Injektion von 0,06 mg Kurare bei einem Weibchen nach 1 Stunde 14 Minuten eine, wenn auch nicht bedeutende Verdunkelung des Versuchstieres gegenüber dem Kontrolltier eingetreten. Das Versuchstier war vollständig gelähmt. Nach 24 Stunden 42 Minuten (p. i.) war das Versuchstier noch immer mitteldunkel, obwohl die Lähmung bereits nach 4 Stunden 53 Minuten (p. i.) nicht mehr beobachtet wurde. Die Tiere befanden sich die ganze Zeit über im ganz seichten Wasser, fast trocken im hellen, 13° warmen Zimmer. Nach 72 Stunden 43 Minuten (p. i.) war erst die ursprünglich mittel hellgraue Färbung des Versuchstieres zurückgekehrt. Bei einem Versuch mit 0,05 mg an einem Männchen war die Lähmung und Verdunkelung bereits nach 1 Stunde 10 Minuten (p. i.) beobachtet worden. Nach 27 Stunden 37 Minuten (p. i.) war die Lähmung bis auf geringfügige Paresen gewichen, aber die Verdunkelung war noch vollständig ausgeprägt. Erst bei der Untersuchung nach 47 Stunden 13 Minuten (p. i.) hatte sich das Tier wieder aufgehellt, nachdem die Tiere die letzten 19 Stunden im 19° warmen Zimmer trocken gehalten worden waren. Aber das Versuchstier war selbst dann noch viel dunkler als das Kontrolltier. Dieser Farbenunterschied bestand sogar noch nach 72 Stunden 37 Minuten (p. i.), nachdem die Tiere die letzten 24 Stunden im seichten Wasser im hellen Zimmer zugebracht hatten.

Das Gleiche gilt für Tiere, die mit Dosen von 0,1—0,2 mg Kurare behandelt worden waren. Nach der Injektion von 0,1 mg wich die Lähmung nach 27 Stunden (p. i.), die Verdunkelung aber erst nach 72 Stunden 57 Minuten. Bei Verwendung von 0,15—0,2 mg Kurare wurden die ersten, allerdings noch stark paretischen Bewegungen nach der vorausgegangenen vollständigen Lähmung erst nach 47 Stunden 17 Minuten (p. i.) beobachtet; die Verdunkelung verlor sich aber erst nach 72 Stunden 30 Minuten (p. i.) allmählich und konnte zu dieser Zeit, wenn auch nur noch in geringer Intensität, nachgewiesen werden. Ein 19stündiges Trockenhalten im 19° warmen Zimmer, sowie der darauffolgende 24stündige Aufenthalt der Tiere im seichten Wasser hatten also die Farbenunterschiede zwischen Versuchs- und Kontrolltier nicht zu verwischen vermocht.

Die Versuche mit noch höheren Kuraredosen von 0,3—0,5 mg unterscheiden sich nur durch die Intensität und Dauer der Veränderungen von den vorher beschriebenen Versuchen. Bei Anwendung dieser Dosen erreicht man die stärksten Farbenunterschiede, indem z. B. ein hellgraues Tier (Männchen), dessen Schwimmhautmelanophoren eckig, oder eckig mit Spitzen sind und nur vereinzelte sternförmige Zellen mit ganz kurzen, unverzweigten Fortsätzen aufweisen, nach der Injektion ganz schwarzbraun wird, wobei die Schwimmhautmelanophoren dichte, engmaschige Netze bilden, in denen von zentralen Pigmentansammlungen nichts mehr zu sehen ist, so dass eine zellige Anordnung der Pigmentmassen nicht mehr erkannt wird. Bei den letztgenannten großen Kuraredosen war die Lähmung auch noch nach 73 Stunden (p. i.) vollständig ausgebildet; sie begann erst zwischen der 85. und 90. Stunde (p. i.) zu verschwinden, während die Verdunkelung des Versuchstieres meist sogar noch nach mehr als 100 Stunden (p. i.) nachweisbar war. Bei allen gelähmten Tieren war der Kreislauf stets gut im Gange, außer einer Erweiterung der Schwimmhautgefäße konnte keine Abweichung von der Norm erkannt werden.

Die elf an *Rana fusca* angestellten Versuche verliefen alle positiv in dem beschriebenen Sinne, d. h., dass das Kurare eine mit der Dosis steigende und länger dauernde Verdunkelung der Haut herbeiführt, welche von einer entsprechenden Expansion der Schwimmhautmelanophoren begleitet wird. Diese Veränderungen des koloratischen Apparates stehen in keiner direkten Beziehung zur Lähmung der quergestreiften Muskulatur.

Ganz anders verliefen die 16 an *Rana esculenta* angestellten Versuche, indem bei diesen Tieren das Kurare eine der Dosis entsprechende Aufhellung von entsprechender Dauer bewirkt: Bei der kleinsten angewandten Dosis, von 0,02 mg Kurare, habe ich an *Rana esculenta* (Männchen) keinen Erfolg gesehen, trotzdem die Versuchstiere bedeutend kleiner waren, als die mit der gleichen Dosis behandelten Exemplare von *Rana fusca*. Bei Injektion von 0,04 mg trat eine deutliche Aufhellung ein, die bei der Untersuchung nach 22 Stunden 58 Minuten (p. i.) konstatiert wurde, trotzdem die Tiere seit Beginn des Versuches im seichten Wasser, im 17° warmen, halbdunklen Zimmer gehalten worden waren. Das vor der Injektion dunkelbraune Tier, dessen Schwimmhautmelanophoren engmaschige Netze bildeten, hatte eine hellbraune Farbe angenommen, die Schwimmhautmelanophoren waren eckig geworden, nur vereinzelte hatten noch ganz kurze Spitzen. Das vor der Injektion des Versuchstieres dunkelbraun gefärbte Kontrolltier hatte seine Farbe, sowie den sternförmigen, netzebildenden Expansionszustand seiner Schwimmhautmelanophoren nicht geändert. Dass

der Versuch nicht bloß an der braunen Varietät von *Rana esculenta* gelingt, zeigt ein Versuch mit der gleichen Dosis an einer mittel hellgrün gefärbten *Rana esculenta*, welche sternförmig verzweigte Schwimmhautmelanophoren hatte. 23 Stunden 58 Minuten nach der Injektion war das Versuchstier hellgrün geworden, die Schwimmhautmelanophoren waren eckig geworden und nur ganz wenige hatten kurze Spitzen, trotzdem das Tier die letzten 7 Stunden vor der Untersuchung im halbdunklen, 14° warmen Zimmer in seichem Wasser gehalten worden war. Das vor Beginn des Versuches gleichfalls mittel hellgrün gefärbte Kontrolltier hatte zu Beginn des Versuches sternförmige Schwimmhautmelanophoren mit wenigen, meist unverzweigten Fortsätzen; viele Schwimmhautmelanophoren waren sogar eckig, oder unregelmäßig kugelig geballt. Nach 23 Stunden 58 Minuten war das Tier etwas dunkler als vorher, fast mittel dunkelgrün, die Schwimmhautmelanophoren hatten sternförmige Gestalt angenommen mit kurzen verzweigten Fortsätzen. Das Kontrolltier hatte also unter den gleichen äußeren Versuchsbedingungen, diesen entsprechend (Kälte, Feuchtigkeit, Halbdunkel), seine Farbe ein wenig verdunkelt. Die Aufhellung des Versuchstieres hatte in der 42. Stunde (p. i.) noch bedeutend zugenommen, die Schwimmhautmelanophoren waren kugelig geballt, während das Kontrolltier sich stark verdunkelt hatte und jetzt dunkelgrün gefärbt ist, seine Schwimmhautmelanophoren haben sich noch weiter expandiert. Von der 24. bis zur 42. Stunde (p. i.) befanden sich die Tiere durch 16 Stunden im dunklen, 13° warmen Zimmer im seichten Wasser, also unter Bedingungen, die bei einem normalen Tier, wie dem Kontrolltier ein Dunkeln bedingen. Nach 66 Stunden (p. i.) waren beide Tiere gleich hellgrün, nachdem sie die letzten 24 Stunden im hellen, 10° warmen Zimmer trocken gehalten worden waren.

Auch bei Dosen von 0,06—0,08 mg waren die Versuchstiere, analog den bisher beschriebenen Versuchen zwischen der 23. bis 50. Stunde (p. i.) stets heller, als die unter den gleichen Bedingungen gehaltenen Kontrolltiere. Nur einmal trat bei einem Versuch mit 0,06 mg an einem Weibchen eine geringfügige Aufhellung erst nach 48 Stunden (p. i.) ein. Nach 70 Stunden (p. i.) war bei allen Tieren die Aufhellung verschwunden. Die aufhellende Wirkung des Kurares ist bei den bisher erwähnten Dosen keine derartige, dass sie jede Verdunkelung des Versuchstieres vollkommen unmöglich macht. Wenn man die Tiere, wie es in einer anderen Versuchsreihe geschehen ist, nach der Injektion 17 Stunden lang trocken hält und dann nach 7stündigem Aufenthalt in seichem Wasser untersucht, so kann man häufig, aber nicht immer, auch beim Kuraretier eine Verdunkelung beobachten; aber diese ist nur sehr gering im Vergleich zu der beim Kontrolltier ein-

getretenen. Es wird das Kuraretier nur um eine Spur dunkler, aber diese Verdunkelung ist nach 42 Stunden (p. i.) bereits vollständig zurückgegangen, trotzdem an den Versuchsbedingungen nur insoweit eine Änderung stattgefunden hatte, dass das bisher halbdunkle Zimmer vollständig verdunkelt wurde und die Temperatur von 14° auf 13° zurückgegangen war; es waren demnach nur Veränderungen eingetreten, die, wenn sie überhaupt wirksam sind, nur eine Verdunkelung der Tiere, aber niemals eine Aufhellung herbeizuführen imstande sind. Endlich möchte ich erwähnen, dass bei Dosen von 0,02—0,08 mg Kurare Lähmungen nicht beobachtet wurden, während die größeren *fusca*-Exemplare solche gezeigt hatten. Es reagieren demnach die motorischen Nervenendigungen der Skelettmuskulatur bei *Rana fusca* intensiver auf das Kurare als bei *Rana esculenta*.

Bei den höheren Dosen von 0,1—0,5 mg verlaufen die Versuche ganz analog den bisher beschriebenen, nur ist die Aufhellung eine entsprechend intensivere, sie tritt früher ein und hält länger an. Außerdem kommen noch motorische Lähmungen hinzu, die für die Aufhellung ohne Bedeutung sind. Da während der Lähmung auch die stärkste Aufhellung besteht, so bietet diese Tatsache einen neuen Beweis dafür, dass die bei *Rana fusca* beobachtete Verdunkelung nicht von der durch die Lähmung bedingten Dyspnoe herrühren kann. Bei einer Dosis von 0,1 mg ist die Lähmung nach 6 Stunden (p. i.) noch vollständig ausgebildet, nach 21 Stunden (p. i.) ist sie aber entweder ganz oder bis auf geringe Reste geschwunden. Die Aufhellung des Versuchstieres gegenüber dem Kontrolltier ist dagegen noch nach 66 Stunden (p. i.) deutlich ausgeprägt, trotzdem die Tiere 24 Stunden im seichten Wasser und dann 24 Stunden trocken gehalten worden sind. Bei Dosen von 0,2—0,3 mg hält die Lähmung bis nach der 22. Stunde (p. i.) an, sie ist nach 46 Stunden nicht mehr zu finden, während die Aufhellung des Versuchstieres nach 70—80 Stunden (p. i.) noch zu beobachten ist. Bei Dosen von 0,4—0,5 ist die Lähmung noch nach 46 Stunden (p. i.) vorhanden; sie verschwindet zwischen 66. und 70. Stunde (p. i.), während die Aufhellung sogar bis 90 Stunden (p. i.) und darüber ausgesprochen ist.

Sämtliche 16 an *Rana esculenta* angestellten Versuche haben eine aufhellende Wirkung des Kurares ergeben. Diese entgegengesetzte Wirkung des Agens bei den beiden einander so nahe stehenden Froscharten ist ein neuer, interessanter Beweis dafür, dass die Artverschiedenheiten nicht nur morphologische, sondern auch physiologische sind. Die verschiedene Empfindlichkeit der beiden Froscharten gegenüber dem lähmenden Prinzip des Kurares deutet gleichfalls darauf hin. Da nun das käufliche Kurare eine große Menge verschiedener Alkaloide enthält, unter

denen auch erregende vorkommen, so kann eigentlich aus den angestellten Versuchen noch nicht geschlossen werden, dass ein und dieselbe Substanz bei der einen Art aufhellend, bei der anderen verdunkelnd wirkt. Man kann bloß sagen, dass das einemale eine Aufhellung, das anderemale eine Verdunkelung zustande gekommen ist, wobei es unentschieden bleibt, ob vielleicht der Organismus der Art *Rana esculenta* für ein im Kurare enthaltenes aufhellendes Prinzip besonders empfindlich ist, während *Rana fusca* auf das in dem Alkaloid enthaltene verdunkelnde Prinzip stark reagiert. Es könnte sich also um eine elektive Reaktion auf ein Gemisch von wirksamen Agenzien handeln. Wie diese Frage zu entscheiden sein wird, kann nur durch neue Versuche mit Kurarin entschieden werden, das ich mir bisher aber nicht verschaffen konnte, weshalb diese Lücke später ausgefüllt werden wird.

Morphin.

Die 10 an *Rana fusca* angestellten Versuche ergaben trotz der Verwendung von Dosen von 1—10 mg während einer 29stündigen Beobachtungszeit keine sicheren Resultate, so dass ich von einer Beschreibung dieser Versuche ganz absehe. Wenn überhaupt Veränderungen eingetreten sein sollten, dann müssten sie während der Beobachtungspause, welche die Zeit zwischen 5. bis 17. Beobachtungsstunde umfasst, eingetreten und vollständig abgeklungen sein.

Nicht so resultatlos verliefen die 10 an *Rana esculenta* angestellten Versuche. Nach Injektion von 0,5—1 mg war keine merkliche Abweichung gegenüber den Kontrolltieren zu beobachten. Bei Dosen von 1,5—3 mg zeigten die im 13^o warmen, hellen Zimmer trocken gehaltenen Versuchstiere nach 2 Stunden durchwegs eine dunklere Färbung als die unter den genau gleichen Bedingungen gehaltenen Kontrolltiere. Während die Kontrolltiere sich stark aufgehellt hatten, blieben die Versuchstiere dunkel, ja bei 3 mg konnte sogar beobachtet werden, dass das vor der Injektion mittelhellgrüne Versuchstier nach der Injektion mitteldunkelgrün geworden war, während das mittelhellgrüne Kontrolltier zur selben Zeit stark hellgrün geworden war. Hier handelt es sich also nicht mehr um ein bloßes Ausbleiben der Aufhellung im Trockenem, sondern es tritt sogar trotz der Trockenheit eine Verdunkelung auf. Nach 18stündigem Trockenhalten im dunklen Zimmer, also 20 Stunden nach der Injektion sind die Farbenunterschiede zwischen Versuchs- und Kontrolltier verschwunden. Sie traten auch nicht mehr hervor, wenn die Tiere in den folgenden 25 Stunden im seichten Wasser und dann wiederum 2 Stunden trocken gehalten werden. Bei der Untersuchung nach 47 Stunden (p. i.) waren beide Tiere gleichgefärbt, oder zeigten nur geringfügige Färbungsunter-

schiede. Nach Injektion von 3,5—5 mg waren die Färbungsunterschiede zwischen Versuchs- und Kontrolltier bereits nach 1 Stunde 45 Minuten deutlich zu konstatieren. 20 Stunden nach der Injektion war die Verdunkelung des Versuchstieres gegenüber dem Kontrolltier noch immer nachweisbar, trotzdem beide Tiere die ganze Zeit seit dem Beginn des Versuches trocken gehalten worden waren. Ja sogar nach 47 Stunden (p. i.) war das Versuchstier noch immer deutlich dunkler als das Kontrolltier, obwohl die Tiere die letzten 25 Stunden im seichten Wasser zugebracht hatten. Nach dieser Zeit verschwand aber der Färbungsunterschied allmählich. Die durch das Morphin hervorgerufenen Farbendifferenzen können recht bedeutend sein, wenngleich sie sich meist in mittleren Intensitätsstufen halten. Nicht unerwähnt will ich lassen, dass ein Versuch mit 5 mg vollständig negativ verlaufen ist, ohne dass hierfür ein Grund ausfindig gemacht werden konnte. Nach meinen bisherigen Versuchen besteht also auch für das Morphin ein Unterschied in der Reaktion der beiden Froscharten, indem sich *Rana fusca* dagegen ganz indifferent zu verhalten scheint, während *Rana esculenta* auf Morphin mit einer deutlichen Verdunkelung reagiert. Ich möchte nur noch erwähnen, dass bei Dosen bis zu 5 mg Morphin Lähmungserscheinungen nicht beobachtet worden sind. Wenn sie überhaupt vorhanden gewesen waren, dann müssen sie während der Beobachtungspause, welche die 3. bis 15. Versuchsstunde umfasst, eingetreten und wieder vollständig zurückgegangen sein.

Nikotin.

An *Rana fusca* wurden 11 Versuche angestellt. Nach Injektion von 0,1 mg zeigte das Versuchstier sehr bald die charakteristische Haltung (stark gebeugte, auf den Rücken geschlagene Hinterextremitäten, mittlere Beugstellung der Vorderextremitäten bei wenig gebeugtem Ellbogengelenk) und Dauerkontraktion. Ein eigentlicher Aufregungszustand wurde nach der Injektion nicht beobachtet. Bereits nach 27 Minuten (p. i.) fing das Versuchstier zu dunkeln an, und 1 Stunde 17 Minuten (p. i.) war das vor der Injektion hellgraue Tier schon dunkelbraun geworden. Seine Schwimmbhautmelanophoren, welche vor der Injektion sternförmig mit kurzen unverzweigten Fortsätzen waren, hatten sich netzförmig ausgebreitet. Zu dieser Zeit war auch eine motorische Lähmung eingetreten. Da die Tiere im 13^o warmen, hellen Zimmer gehalten wurden, hatte sich das vor dem Versuche hellgraue Kontrolltier entsprechend diesen Versuchsbedingungen aufgehellt und seine Schwimmbhautmelanophoren etwas stärker geballt, indem die vorher vorhandenen, langen, reichverzweigten Fortsätze in kurze, wenig verzweigte sich umgewandelt hatten. Nach 3 Stunden 30 Minuten (p. i.) war die Lähmung des Versuchstieres zwar verschwunden, die dunkle Färbung

war aber noch immer vorhanden, obgleich bereits eine Tendenz zur Aufhellung sich bemerkbar machte. Nach 5 Stunden 42 Minuten (p. i.) waren beide Tiere nahezu gleich hellgrau, und von da ab konnte bei beiden Tieren ein nennenswerter Färbungsunterschied während einer 52stündigen Beobachtungszeit nicht mehr aufgefunden werden. Weder ein 16stündiges Verweilen der beiden Tiere im seichten Wasser im hellen, 14° warmen Zimmer, noch ein 19stündiger Aufenthalt der Tiere in der 15° warmen Dunkelkammer im seichten Wasser ließ einen Färbungsunterschied zwischen beiden Tieren zur Beobachtung gelangen.

Ganz analog verliefen die Versuche mit höheren Nikotindosen (0,2—0,6 mg). Nur trat dabei, entsprechend den höheren Dosen, die Verdunkelung sehr viel früher und intensiver ein. Immerhin wurde die der Dauerkontraktion folgende Lähmung erst nach 1 Stunde (p. i.) beobachtet. Die stark dunkle Färbung war bis zur 6. Stunde (p. i.) beobachtet worden, zu welcher Zeit Reflex- und Spontanbewegungen des Versuchstieres wieder konstatiert wurden. Von der 21. Stunde (p. i.) ab war auch hier kein sicherer Färbungsunterschied des Versuchs- und Kontrolltieres mehr zu beobachten. Die Versuche mit noch höheren Nikotindosen (0,7—1,0 mg) unterscheiden sich insofern von den vorangehend beschriebenen, als bei ihnen unmittelbar nach der Injektion ein kurzdauernder Aufregungszustand des Versuchstieres eintritt, der sofort in die charakteristische Haltung übergeht. Während der Aufregungsperiode konnte eine Aufhellung des Versuchstieres nicht mit Sicherheit beobachtet werden, vielmehr begann sofort mit Eintritt der charakteristischen Haltung ein intensives Dunkeln der fast trocken gehaltenen Versuchstiere. Die Lähmung war schon nach 40—50 Minuten (p. i.) eingetreten, aber auch hier nach 5 Stunden 40 Minuten (p. i.) verschwunden, während die Verdunkelung noch anhielt und bei den Versuchen mit 0,9 und 1,0 mg Nikotin noch nach 27 Stunden (p. i.) konstatiert werden konnte, obwohl die Tiere die letzten 21 Stunden im seichten Wasser, im hellen, 13° warmen Zimmer gehalten worden waren. Nach 46 Stunden (p. i.) waren keine charakteristischen Färbungsunterschiede zwischen beiden Tieren mehr zu beobachten.

Endlich sei noch ein Versuch mit 2 mg kurz beschrieben. Nach der Injektion zeigte das Versuchstier einen Augenblick eine sehr starke Erregung, um dann sofort in den charakteristischen Dauerkontraktionszustand überzugehen, der von einer Lähmung gefolgt ist. Während des Erregungszustandes und im Beginn der Dauerkontraktion zeigt das Tier eine rasch vorübergehende deutliche Aufhellung seiner Farbe; dann beginnt das Versuchstier rasch zu dunkeln. Die dunklere Färbung, mit der auch eine Expansion der Schwimnhautmelanophoren Hand in

Hand geht, ist noch nach 24 Stunden (p. i.) nachweisbar, während welcher Zeit das Versuchs- und Kontrolltier in ganz seichtem Wasser, fast trocken, teilweise im dunklen, teilweise im hellen Zimmer gehalten worden sind. Die Lähmung war bei der nach 16 Stunden (p. i.) vorgenommenen Untersuchung nicht mehr vorhanden. Nach 40 Stunden (p. i.) ist der Färbungsunterschied wieder verschwunden, beide Tiere sind gleich hellgraugrün.

Die 16 an *Rana esculenta* angestellten Versuche lieferten folgende Ergebnisse. Nach der Injektion von 0,1 mg hatte sich das vor der Injektion hellgrüne Versuchstier im Verlaufe von 1 Stunde 20 Minuten stark verdunkelt, trotzdem es im hellen, 15° warmen Zimmer trocken gehalten worden war, während das gleichfalls hellgrüne Kontrolltier seine Farbe nicht verändert hat. Ein besonderer Aufregungszustand mit folgender Dauerkontraktion und Lähmung war während der ganzen 69 Stunden währenden Versuchsdauer nicht beobachtet worden. Nach 19stündigem Verweilen im Trockenen hatte sich das Versuchstier ziemlich stark aufgehellt, aber es war noch immer deutlich dunkler als das Kontrolltier. Während der 19. bis 24. Versuchsstunde befanden sich die Tiere im seichten Wasser im hellen, 13° warmen Zimmer. Das Nikotintier wurde rasch dunkelgrün, während das Kontrolltier nur eine mittelhellgrüne Färbung annahm, sich also nur mäßig verdunkelte. Nach 25 Stunden 15 Minuten (p. i.), nachdem die Tiere 6 Stunden im seichten Wasser gehalten worden waren, waren beide Tiere sehr dunkel, schwarzgrün geworden, aber auch dann war das Nikotintier dunkler als das Kontrolltier. Dieser Farbenunterschied war auch nach 40 Stunden (p. i.) noch ausgesprochen, nachdem sich die Tiere die letzten 15 Stunden im seichten Wasser im dunklen, 13° warmen Zimmer befunden hatten. Das Versuchstier hatte sich nur wenig aufgehellt, es war noch immer dunkelgrün, während das Kontrolltier eine mitteldunkelgrüne Färbung aufwies. Nach einer neuen 24stündigen Trockenperiode im 10° warmen, hellen Zimmer, also 65 Stunden nach der Injektion, war das Versuchstier noch immer dunkelgrün, während das Kontrolltier hellgrün war. Nach der 69. Stunde (p. i.) verloren sich die Färbungsunterschiede zwischen Versuchs- und Kontrolltier. Die Schwimmhautmelanophoren zeigten ganz analoge Unterschiede ihres Expansions- bzw. Ballungszustandes wie die der übrigen Haut, wenngleich auch die Unterschiede und Veränderungen der Schwimmhautmelanophoren weniger prompt und intensiv erfolgten.

Die Versuche mit Dosen von 0,2—0,4 mg verliefen ganz analog den bisher beschriebenen. Nur sei hervorgehoben, dass bei zwei an Weibchen angestellten Versuchen mit 0,2 und 0,4 mg Nikotin ein Erfolg nicht zu beobachten war, während nach Injektion der gleichen Dosen an Männchen eine deutliche, langdauernde Ver-

dunkelung eintrat. Nach Injektion von 0,3 mg war die Verdunkelung des Versuchstieres zwischen 43—67 Stunden (p. i.) verschwunden. Schon bei 0,2 mg zeigte sich bei dem am Männchen angestellten Versuch eine den kurzdauernden Erregungszustand begleitende und kurz überdauernde Aufhellung, die aber nach 1 Stunde 15 Minuten (p. i.) einer energischen Verdunkelung gewichen ist, indem das in ganz seichtem Wasser, fast trocken gehaltene Versuchstier seine mittelhellgrüne Färbung in ein dunkles schwarzgrün umgewandelt hat, während das Kontrolltier noch immer mittelhellgrün ist. Um die Verdunkelung recht stark zum Ausdruck zu bringen, wurden die Tiere vor Beginn des Versuches 24 Stunden trocken gehalten und nach der Injektion in ein Glas gebracht, dessen Boden gerade nur in den abhängigsten Partien ganz wenig Wasser enthält. Erst nach 3stündigem Aufenthalt in dem ganz seichten Wasser hatte das Kontrolltier eine mitteldunkelgrüne Färbung angenommen, während das Versuchstier noch immer dunkelschwarzgrün war. Erst ein 24stündiges Trockenhalten zwischen 18. und 42. Versuchsstunde war imstande, den Farbenunterschied zum Verschwinden zu bringen. Auch bei den Dosen von 0,2—0,4 mg konnte keine ausgesprochene Dauerkontraktion und daran sich anschließende Lähmung beobachtet werden.

Die Versuche mit 0,5 mg zeigten in einem Falle bereits die Dauerkontraktion mit nachfolgender Lähmung, während diese Erscheinungen in einem zweiten Falle vollständig fehlten. Im übrigen verliefen die Versuche ganz analog den schon beschriebenen. Die Lähmung war nach 2 Stunden (p. i.) eingetreten und nach, 18 Stunden (p. i.) verschwunden, in welche Zeit allerdings die 12stündige Untersuchungspause fällt. Im übrigen war der Farbenunterschied zwischen Versuchs- und Kontrolltier selbst nach 43 Stunden (p. i.) noch vorhanden, wenn auch in geringerer Intensität. Die Tiere waren die der letzten Untersuchung vorangehenden 24 Stunden im hellen, 10° warmen Zimmer trocken gehalten worden. Nach 67 Stunden (p. i.) war der Farbenunterschied verschwunden. Bei Dosen von 0,6—0,8 mg sind die Erscheinungen noch intensiver. Schon 25 Minuten nach der Injektion war nach einer kurz vorübergegangenen Aufhellung während des Erregungszustandes eine starke Verdunkelung eingetreten, die Lähmung wurde bei der Untersuchung nach 2 Stunden (p. i.) bereits konstatiert und war nach 17 Stunden (p. i.) nicht mehr vorhanden. Die Verdunkelung des Versuchstieres war aber bis 42 Stunden nach der Injektion zu beobachten, trotzdem die Tiere die letzten 24 Stunden im hellen, 10° warmen Zimmer trocken gehalten worden waren. Ganz das Gleiche gilt für die höchsten untersuchten Nikotindosen von 1—3 mg.

Die nach Nikotininjektionen beobachtete Verdunkelung ist unabhängig von der motorischen Lähmung, bezw. der

durch sie bedingten Dyspnoe. Ebenso wenig kann die Verdunkelung nur als eine intensivere Reaktion des koloratorischen Apparates auf verdunkelnde Reize angesehen werden, weil sie trotz Trockenhaltens der Tiere eintritt, bezw. durch eine 24stündige Trockenperiode nicht zum Verschwinden gebracht wird. Auf Grund der angestellten 27 Versuche, von denen nur 2 mit niederen Dosen an *Esculenta*-Weibchen angestellte erfolglos verliefen, muss dem Nikotin eine direkte starke Verdunkelungswirkung auf den koloratorischen Apparat zuerkannt werden, wobei zunächst die Frage nach dem eigentlichen Angriffspunkte des Alkaloids unbeantwortet bleibt.

Strychnin.

Die 11 an *Rana fusca* angestellten Versuche lieferten die nachstehenden Ergebnisse. Bei den geringsten verwendeten Dosen, von 0,02—0,05 mg, traten in der Regel keine Krämpfe ein; nur einmal wurden sie bei einem Weibchen nach Injektion von 0,03 mg 1 Stunde post injectionem beobachtet. In die Zeit zwischen 4. bis 12. Versuchsstunde fällt allerdings die Beobachtungspause. Bei einer Dosis von 0,2 mg konnte keine merkliche Aufhellung des Versuchstieres gegenüber dem Kontrolltier beobachtet werden. Nach 22 Stunden 55 Minuten (p. i.) hatte sich das im seichten Wasser im 19^o warmen, dunklen Zimmer gehaltene Versuchstier stark verdunkelt, während das unter genau den gleichen Bedingungen gehaltene Kontrolltier sich ein wenig aufgehellt hatte. Die Veränderungen der Schwimnhautmelanophoren waren ganz entsprechende. Beim Strychnintier war eine deutliche Expansion eingetreten, indem die vorher eckigen Melanophoren eine sternförmige Gestalt mit kurzen verzweigten Fortsätzen angenommen hatten, während beim Kontrolltier die vorher eckigen mit Spitzen versehenen Melanophoren nach derselben Zeit in den kugeligen Ballungszustand übergegangen waren. Da eine Veränderung der Versuchsbedingungen nur insoweit stattgefunden hatte, dass die Tiere 19 Stunden im dunklen Zimmer gehalten worden waren, so glaube ich die stärkere Verdunkelung des Versuchstieres auf die Verdunkelung des Zimmers beziehen zu müssen, zumal ich bei einem anderen Versuche etwas Analoges zu beobachten in der Lage war, nämlich eine stärkere Aufhellung bei Belichtung. Es würde demnach das Strychnin in ganz geringen Dosen, die selbst eine Farbenveränderung noch nicht hervorzubringen vermögen, insofern einen Einfluss auf die Färbung ausüben, als es die Erregbarkeit des koloratorischen Apparates gegen koloratorische Reize steigert. Es gilt dies nicht nur für den Lichtreiz, sondern auch für Feuchtigkeit, bezw. Trockenheit und Temperatur, wie meine Versuche mit Dosen von 0,02—0,05 mg Strychnin deutlich gezeigt haben. So

war z. B. bei dem Versuche mit 0,04 mg nach 43 Stunden (p. i.) das Versuchstier heller geworden wie das Kontrolltier, als die Tiere die letzten 20 Stunden im hellen, 12° warmen Zimmer trocken gehalten worden waren, nachdem sie in der Vorperiode im seichten Wasser sich befunden hatten.

Nach Einbringung von 0,06—0,75 mg Strychnin (höhere Dosen wurden nicht untersucht) stellten sich in kurzer Zeit Krämpfe ein, die verschieden lange Zeit anhielten. Damit ändert sich der Versuchsverlauf insofern, als während des Krampfstadiums regelmäßig eine starke Aufhellung des Versuchstieres zu beobachten war, die verschieden lange anhält. Bei Dosen von 0,06—0,1 mg war die Aufhellung des Strychnintieres auch noch nach 22—23 Stunden (p. i.) zu beobachten, obgleich zu dieser Zeit weder Krämpfe noch Lähmungen vorhanden waren. Ja die Tiere waren sogar die letzten 19 Stunden im dunklen, 14° warmen Zimmer im seichten Wasser gehalten worden, wo sie eigentlich sich hätten verdunkeln sollen. Da sie aber heller waren als die Kontrolltiere, ja manchmal heller als vor der Strychnininjektion, so kommt dem Strychnin in diesen Dosen eine direkte aufhellende Wirkung auf den koloratorischen Apparat zu. Denn wenn das Strychnin nur die Erregbarkeit gesteigert hätte, dann wären unter den obwaltenden Versuchsbedingungen die Strychnintiere dunkler, aber niemals heller gewesen als die Kontrolltiere. Nach 43 Stunden (p. i.) zeigten Versuchs- und Kontrolltier keinen Farbenunterschied mehr, nachdem die Tiere die letzten 20 Stunden trocken im hellen, 12° warmen Zimmer gehalten worden waren.

Die Versuche mit Dosen von 0,125—0,175 mg unterscheiden sich von den unmittelbar vorhergehenden nur dadurch, dass die Strychnintiere auch noch nach 42 Stunden (p. i.) heller sind als die Kontrolltiere. Da die Tiere die letzten 20 Stunden trocken im hellen, 12° warmen Zimmer gehalten wurden, so handelt es sich bei dieser Farbendifferenz offenbar nur um eine gesteigerte Reaktion des koloratorischen Apparates auf den Trockenreiz. Diese Annahme scheint um so begründeter, als Eskulenten zur selben Zeit dunkler als die Kontrolltiere waren, wenn sie sich unter Versuchsbedingungen befanden, welche einen Dunkelungsreiz darstellen. — Ich will gleich hier bemerken, dass *Rana esculenta* genau gleich wie *Rana fusca* auf Strychnininjektionen reagiert. — Es kommt deshalb dem Strychnin außer der eigentlichen aufhellenden Wirkung auch noch eine langandauernde Erregbarkeitssteigerung des koloratorischen Apparates zu. Lähmungen habe ich bei den Versuchen nicht beobachtet, sie werden vielleicht vorhanden gewesen und während der Beobachtungspause zwischen 8. bis 20. Versuchsstunde eingetreten und wieder vollständig verschwunden sein. Bei Dosen

von 0,125–0,175 mg habe ich um die 22. Stunde (p. i.) nur noch Krämpfe beobachtet.

Die 10 an *Rana esculenta* angestellten Versuche hatten folgenden Verlauf. Bei den niedrigsten angewandten Dosen von 0,02–0,04 mg konnte nur eine ganz geringfügige Aufhellung des Strychnintieres gegenüber dem Kontrolltier beobachtet werden, wenn sich die Tiere im fast tockenen Glase im 15° warmen, hellen Zimmer befanden. Nach einem 24stündigen Aufenthalt im seichten Wasser in der 13° warmen Dunkelkammer zeigten die Strychnintiere in der 43. Versuchsstunde eine etwas dunklere Färbung als die Kontrolltiere. Es handelt sich bei diesen Dosen also um eine gesteigerte Empfindlichkeit des koloratorischen Apparates. Krämpfe wurden bei diesen Dosen nicht beobachtet. Bei Dosen von 0,05–0,75 mg traten innerhalb der 1. Stunde nach der Injektion bei den Versuchstieren Krämpfe mit einer darauffolgenden Lähmung ein. Während dieser Zeit zeigten die Versuchstiere eine starke Aufhellung, die bis 18 Stunden (p. i.) anhielt, aber zu dieser Zeit nicht mehr sehr ausgesprochen war. Einmal trat aber schon zu dieser Zeit eine Verdunkelung des Versuchstieres ein, trotzdem es seit 17 Stunden fast trocken im hellen, 15° warmen Zimmer gehalten wurde. Die darauffolgende 24stündige Versuchsperiode, während welcher sich die Tiere im seichten Wasser in der 13° warmen Dunkelkammer befanden, führte eine starke Verdunkelung der Strychnintiere gegenüber den Kontrolltieren herbei; denn nach 42 Stunden (p. i.) waren die Strychnintiere dunkler als die Kontrolltiere. Eine schwache Erregbarkeitssteigerung für koloratorische Reize bestand sogar noch nach 62 Stunden (p. i.). Bei Dosen von 0,1–0,25 mg waren die Erscheinungen ganz analoge. Innerhalb der ersten 25 Minuten nach der Injektion war bereits die den Krämpfen folgende Lähmung eingetreten, welche von einer starken Aufhellung begleitet war. Bei der Untersuchung nach 18 Stunden (Beobachtungspause von der 6. bis 17. Stunde) war die Lähmung verschwunden, die Aufhellung bestand weiter, während welcher Zeit die Tiere in ganz seichtem Wasser im hellen, 13° warmen Zimmer gehalten wurden. Nach 42 Stunden (p. i.) waren die Strychnintiere dunkler als die Kontrolltiere, nachdem die Tiere die letzten 24 Stunden im seichten Wasser in der 13° warmen Dunkelkammer zugebracht hatten. Nach 64 Stunden (p. i.) waren die Strychnintiere wieder heller als die Kontrolltiere. Sie waren die letzten 22 Stunden im 13° warmen, hellen Zimmer in seichtem Wasser gehalten worden. Da sich in der letzten Versuchsperiode nur die Belichtung geändert hatte, während die Temperatur und Feuchtigkeit genau die gleichen wie in der vorhergegangenen Versuchsperiode waren, so zeigen diese Versuche sehr deutlich, dass das Strychnin auch die photische Reizbarkeit des koloratorischen Apparates steigert. Nach 70–75

Stunden (p. i.) verschwinden auch diese Nachwirkungen des Strychnins.

Veratrin.

Es wurden 15 Versuche an *Rana fusca* angestellt, von denen nur einer negativ und ein zweiter etwas unsicher verlief. Bei den übrigen 13 Versuchen wurden übereinstimmende Resultate erhalten, welche zeigten, dass das Veratrin eine energische Verdunkelung des Versuchstieres herbeiführt. Die injizierten Dosen betragen 0,25—2,5 mg. Leider gingen sämtliche Tiere, bis auf 2, schon nach 16 Stunden zugrunde, offenbar infolge der Herzlähmung. Nur 2 Tiere, davon eines mit einer Dosis von 0,75 mg Veratrin (ein älteres Präparat), konnten 180 Stunden beobachtet werden. Wenn ich zunächst von diesen beiden Versuchen absehe, so verliefen die Veratrinversuche folgendermaßen:

Fast augenblicklich nach der Injektion trat beim Versuchstier ein starker Opisthotonus ein, die Vorderpfoten wurden gebeugt zu beiden Seiten des Kopfes angelegt wie zum militärischen Grusse, die Hinterbeine wurden in extremer Beugstellung angezogen. Während dieses Zustandes tritt eine ganz kurz vorübergehende Aufhellung ein, die einer rasch einsetzenden intensiven Verdunkelung Platz macht. Nach ungefähr 10 Minuten sind die Tiere bereits gelähmt, nachdem sie zuvor die typischen langgezogenen Veratrinkontraktionen gezeigt haben. Zu dieser Zeit sind die Versuchstiere ganz dunkel geworden. Bei der Verdunkelung fällt zunächst auf, dass die Extremitäten, die Gegend des Mundes und die Seitenränder des Schädels meist ein ganz tiefes Dunkel, bezw. Schwarz zeigen, während die Flanken etwas weniger dunkel erscheinen. Der Rücken hat sich aber weit weniger verdunkelt als die Extremitäten, so dass die relativ helle Rückenfärbung direkt auffällt. Dieser Unterschied der Rücken- und Extremitätenfärbung bleibt ziemlich lange erhalten. Ich konnte ihn bei dem lange überlebenden Tier sogar noch nach 41 Stunden (p. i.) beobachten. Wieso diese hellere Rückenfärbung zustande kommt, bedarf erst noch einer genaueren Untersuchung, vielleicht rührt sie von einer lokalen Reizwirkung der injizierten Flüssigkeit her.

Bei Dosen von 1—2,5 mg war der Kreislauf nach 1 Stunde (p. i.) bereits zum Stillstand gekommen. Dementsprechend war infolge der Kreislaufstörung und der damit verbundenen Dyspnoe eine Lähmung der Melanophoren eingetreten, die aber später in eine Aufhellung überging, indem ich deutlich beobachten konnte, dass bei solchen Tieren später namentlich die Hinterextremitäten sich stark aufzuhellen begannen. Die Pigmentballung nach Kreislaufunterbrechungen haben schon Lister, Biedermann, Steinach, sowie die anderen Autoren beobachtet.

Aus dem Versuche mit dem lange überlebenden Tier, das 0,75 mg

Veratrin erhalten hatte, sei vor allem erwähnt, dass die Schwimmhautzirkulation stets ausgezeichnet im Gange war. Das Tier zeigte selbst nach 24stündigem Trockenhalten noch immer die voll ausgeprägte Verdunkelung, welche selbst nach 163 Stunden (p. i.) noch deutlich, wenn auch viel schwächer, erkennbar war, um von da an langsam zu verschwinden. Zwischen der 120. bis 140. Versuchsstunde wurden wieder die ersten spontanen Bewegungen des Versuchstieres nach der vorhergegangenen Lähmung beobachtet, aber selbst nach 140 Stunden (p. i.) waren die Paresen noch sehr stark ausgeprägt, sie verloren sich erst nach 163 Stunden (p. i.). Dagegen zeigte das Versuchstier auch noch nach 180 Stunden (p. i.) typische Veratrinkontraktionen. Zu dieser Zeit war die Verdunkelung des Versuchstieres noch nicht vollständig verschwunden. Die Schwimmhautmelanophoren zeigten eine der Verdunkelung entsprechende starke Expansion, indem sie engmaschige Netze bildeten, in denen eine jede zentrale Pigmentansammlung vollständig fehlte. Sobald die Tiere starben, oder auch schon kurz vorher, trat eine Aufhellung der ganzen Haut ein; die Farbe war aber nach dem Tode, ja sogar während der Totenstarre, noch immer dunkler als vor Beginn des Versuches.

Von den 10 an *Rana esculenta* angestellten Versuchen lieferte der mit 0,1 mg Veratrin insofern ein besonders günstiges Ergebnis, als es gelang, das Versuchstier 117 Stunden zu beobachten, nach welcher Zeit der Versuch abgebrochen wurde. Schon nach 15 Minuten (p. i.) zeigte das in seichtem Wasser, im 16° warmen, hellen Zimmer befindliche Versuchstier deutliche Veratrinkontraktionen, die von einer geringen Aufhellung gegenüber dem Kontrolltier begleitet sind. 1 Stunde 10 Minuten nach der Injektion ist das vor Beginn des Versuches mittelhellgrüne Versuchstier bereits mitteldunkelgrün gefärbt, wobei namentlich die Extremitäten und Schnauze sich stark verdunkelt haben, während die Rückenhaut weniger nachgedunkelt ist. Die vor der Injektion sternförmigen dicht verzweigten Schwimmhautmelanophoren haben jetzt dichte, engmaschige Netze gebildet. Das Kontrolltier hat seine mittelhellgrüne Farbe, sowie den Ballungszustand seiner Schwimmhautmelanophoren nicht geändert. Nach 3 Stunden (p. i.) ist das Versuchstier schwarz, das Kontrolltier noch immer unverändert. Selbst ein 15stündiges Trockenhalten der Tiere führte keine Aufhellung des Versuchstieres herbei. Die Veratrinkontraktionen wurden bis zur 22. Stunde (p. i.) beobachtet, dann trat eine vollkommene Lähmung ein. Selbst nach 21stündigem Trockenhalten, also 26 Stunden nach der Injektion ist das Versuchstier noch immer schwarzgrün, während das Kontrolltier zu dieser Zeit ganz hellgrüne Färbung aufweist. Erst nach 41 Stunden (p. i.) ist auch das Versuchstier hellgrün geworden, und zwar nach einer 37stündigen Trockenperiode,

aber es ist selbst zu dieser Zeit noch etwas dunkler als das Kontrolltier. In der 42. Stunde (p. i.) werden wieder gedehnte spontane Veratrinkontraktionen beobachtet. Ein folgender 19stündiger Aufenthalt der Tiere in der 15° warmen Dunkelkammer im seichten Wasser führt eine starke Verdunkelung des Versuchstieres herbei, während jene des Kontrolltieres nur mäßige Grade erreicht hat. Auch nach 95 Stunden 31 Minuten (p. i.) ist das Veratrintier noch immer dunkler als das Kontrolltier, es zeigt zu dieser Zeit eine stärkere Reaktion auf Feuchtigkeit und Licht gegenüber dem Kontrolltier. Erst nach dieser Zeit beginnt die Veratrinwirkung langsam zu verschwinden.

Die übrigen Versuchstiere, denen Dosen von 0,2—1,0 mg Veratrin injiziert worden waren, konnten nur bis 3 Stunden nach der Injektion beobachtet werden. Während der dann folgenden 12stündigen Beobachtungspause sind sämtliche Versuchstiere gestorben. Auch bei diesen Tieren konnten schon nach 10 Minuten (p. i.) die typischen Veratrinkontraktionen beobachtet werden, ferner zeigten sämtliche Versuchstiere die charakteristische intensive Verdunkelung, wie sie voranstehend beschrieben worden ist. Zwischen 1. und 2. Stunde (p. i.) war die vollständige Lähmung eingetreten. Bei Dosen von 0,8—1,0 mg Veratrin war schon nach 1 Stunde 40 Minuten (p. i.) Stillstand des Blutkreislaufes eingetreten. Nach 15—18 Stunden (p. i.) war bei einzelnen Tieren (Versuche mit 0,2—0,4 mg) sogar schon die Totenstarre vorhanden und trotzdem waren die Versuchstiere dunkler als die lebenden Kontrolltiere und dunkler als vor Beginn des Versuches. In diesen Fällen handelt es sich um ein Ausbleiben der post mortem concentration Lister's (postmortale Pigmentballung, Biedermann's). Bei Dosen von 0,7—1,0 mg waren die Versuchstiere alle heller als vor der Injektion, weil die Totenstarre in diesen Fällen schon sehr weit vorgeschritten war.

Sämtliche Veratrinversuche ergaben bei *Rana esculenta* eine intensive Verdunkelungswirkung des Alkaloids.

Die Tatsache, dass es gelingt, durch geringe Mengen chemischer Substanzen, welche dem organischen Leben entstammen, gesetzmäßige Farbenveränderungen an Tieren hervorzurufen, beansprucht allgemein biologisches Interesse, zumal der Farbenwechsel der Tiere in der Darwin'schen Hypothese von der geschlechtlichen Zuchtwahl einen großen Raum einnimmt; spricht doch diese Hypothese direkt von einem „Hochzeitskleid“. Aber auch sonst hat die Selektionshypothese viel Wert auf die Farbenerscheinungen des Tierkörpers gelegt, wie die Lehre von den Schutz- und Schreckfarben zur Genüge zeigt. Ich hatte bereits

früher¹⁾ einmal die Gelegenheit ergriffen, gegen diese durchaus anthropomorphistische Anschauungen und Übertragungen auf das Tierleben Stellung zu nehmen, und die Entstehung, sowie den Wechsel der Tierfärbung als ein rein physikalisch-chemisches, also mechanistisch zu erklärendes Problem hinzustellen. Wenn wir den Farbenwechsel im Sinne der Sexualektion, oder der Selektionstheorie betrachten, dann verlassen wir den Boden der naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise überhaupt, denn nach der ausgezeichneten Definition des bekannten Freiburger Philosophen Rickert ist die Naturwissenschaft die wertfreie Betrachtung der Dinge. Wenn wir aber, wie es die Selektionstheorie tut, wertende Betrachtungen an einen Naturvorgang anlegen, dann haben wir die strenge Naturwissenschaft verlassen und haben uns der Naturgeschichte, also einer historischen Disziplin, zugewandt. Diese kann uns aber über das ganze Problem des Farbenwechsels keinen vom Standpunkt des Naturforschers befriedigenden Aufschluss geben. Vor allem ist eine Erklärung des sogen. Hochzeitskleides auf Grund der Sexualektionshypothese schon deshalb eine naturwissenschaftliche Unmöglichkeit, weil sie bei den Tieren nicht nur logische Denkprozesse voraussetzt, sondern ein direktes ästhetisches Empfinden unbedingt fordern muss. Wer wollte aber über so komplizierte und hochstehende psychische Vorgänge, wie sie eine Ästhetik der Farbe darstellt, bei Tieren etwas Bindendes auszusagen wagen?

Die einzig naturwissenschaftlich befriedigende Erklärung des ganzen Problems des Farbenwechsels kann deshalb nur auf Grund einer mechanistischen Betrachtung gewonnen werden. Eine solche erscheint nun auch für das sogen. Hochzeitskleid der Tiere möglich. Was im speziellen die Farbenveränderungen der Frösche während der Sexualperiode anlangt, so ist vor allem an die Untersuchungen von Wittich's zu erinnern, die gezeigt haben, dass eine längere Hungerperiode die ursprünglich schön grün gefärbten Tiere missfarben braun erscheinen lässt, dass aber das ursprünglich schöne Grün bei entsprechender Nahrungsaufnahme der Tiere wieder zurückkehrt. Derartige Bedingungen liegen nun auch bei den in der freien Natur lebenden Fröschen vor. Nach dem Nahrungsmangel des Winters beginnt mit dem Frühling kurz vor der Geschlechtsperiode wieder die Zeit der reichlichen Ernährung, die zur reicheren Färbung Verursachung abgibt. Aber dieses Moment allein ist noch nicht imstande, das Zustandekommen eines besonderen Hochzeitskleides ausreichend zu erklären, es bietet nur eine kleine Vorstufe zu einer mechanistischen Erklärung. Hier

1) Fuchs, R. F., E. Fischer's (Zürich) experimentelle Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. 16. Bd. 1903.

müssen wir vielmehr mit besonderem Nachdruck auf die Untersuchungen von Rörig¹⁾ über die Beeinflussung der Geweihbildung bei den Cerviden durch die Geschlechtsdrüsen hinweisen. Diese Beobachtungen können dadurch erklärt werden, dass den Geschlechtsdrüsen außer der Produktion der Geschlechtsprodukte noch eine besondere innere Sekretion zukommt, durch welche verschiedenartige trophische Einflüsse ausgeübt werden, welche namentlich die Bildung der sekundären Geschlechtscharaktere verursachen. Diese trophischen Einflüsse der Geschlechtsdrüsen sind nicht eine haltlose Hypothese, sondern eine durch zahlreiche Kastrationsversuche experimentell gut fundierte Annahme.

Wenn wir nun die Annahme machen, dass zur Zeit der Geschlechtsperiode der Frösche mit der starken Entwicklung und Sekretion der Geschlechtsprodukte auch die innere Sekretion der Geschlechtsdrüsen eine erhebliche Steigerung erfahren muss, dann haben wir eine Quelle zur reichlichen Entstehung chemischer Stoffe gefunden, welche wie die in den Pflanzen erzeugten Alkaloide einen energischen Einfluss auf den Farbenwechsel ausüben könnten. Meine Untersuchungen lassen diese Möglichkeit um so wahrscheinlicher erscheinen, als sie gezeigt haben, dass selbst durch sehr kleine Mengen, Bruchteile von Milligrammen, tagelang anhaltende Farbenveränderungen erzeugt werden können. Um meiner Annahme, der im Hochzeitskleid der Frösche zum Ausdruck kommende Farbenwechsel sei durch Produkte der inneren Sekretion der Geschlechtsdrüsen bedingt, besser zu stützen oder zu prüfen, werde ich Versuche mit Organextrakten aus den Geschlechtsdrüsen der Frösche anstellen; und zwar müssen Extrakte von beiden Geschlechtsdrüsen (Hoden und Ovarien) sowohl vor, als während, sowie nach der Sexualperiode hergestellt werden, und diese Extrakte dann bei beiden Geschlechtern zu verschiedenen Zeiten auf ihre koloratorischen Wirkungen geprüft werden. Auch die Tatsache, dass die Farbenveränderungen des Hochzeitskleides bei den Männchen stärker hervortritt als bei den Weibchen, wird durch meine Versuche insoweit verständlicher, als diese gezeigt haben, dass den Männchen überhaupt eine größere Erregbarkeit des koloratorischen Apparates zukommt. Freilich ist damit die Frage nach den Faktoren, durch welche sie bedingt wird, noch nicht gelöst. Wohl aber zeigt es sich, dass es sich dabei nicht um vitalistische Zweckmäßigkeiten, sondern gewiss um mechanistisch bedingte Notwendigkeiten handeln muss.

Die zweite Tatsache von allgemeinem biologischem Interesse, welche die vorliegende Untersuchung ergeben haben, ist der ex-

1) Rörig, A., Über Geweihentwicklung und Geweihbildung I—IV. Archiv f. Entwickelungsmech. der Organismen, 10. u. 11. Bd. 1900.

perimentelle Nachweis funktioneller, also physiologischer Verschiedenheiten bei nahe verwandten Arten. Solche Tatsachen müssen noch weiter durch vergleichend physiologische Studien gesammelt werden, denn sie sind vielleicht imstande, uns zu einer mechanistischen Analyse der Artentstehung zu führen. Wenn wir die Artentstehung zunächst auf zufällige Variationen zurückführen, welche durch die Selektion befestigt worden sind, so müssen wir uns ehrlich eingestehen, dass eine solche auf dem Boden der Selektionstheorie fußende Erklärung eigentlich keine naturwissenschaftlich befriedigende ist, weil wir bei jeder selektionistischen Erklärung immer mit wertenden Urteilen operieren, also eine historische, aber keine naturwissenschaftliche Betrachtung anstellen. Erst wenn wir für die Artentstehung eine mechanistische Erklärung gefunden haben werden, können wir zufriedener sein. Für eine solche bietet aber die Erkenntnis, dass die Artmerkmale nicht nur morphologische, sondern auch physiologische sind, einen ersten Hinweis, da wir uns die Formdifferenzen der Arten nur durch allerdings noch unbekanntes physikalisch-chemische, also mechanistische Faktoren hervorgebracht denken müssen. Je mehr physiologische Artunterschiede aufgedeckt werden, um so eher werden wir Aussicht haben, die die morphologischen Artunterschiede bewirkenden Faktoren zu erkennen, weil die Form und Funktion organisierter Materie in einem untrennbaren Kausalverhältnis stehen.

Eine mechanistische Analyse der Artentstehung kann natürlich niemals die Entstehung der Arten im Sinne der Darwin'schen Deszendenztheorie erschüttern, sie ist aber ein notwendiges Ziel der naturwissenschaftlichen Forschung, um jene Lücke auszufüllen, welche die im Wesen historische Betrachtungsweise der Selektionstheorie offen lassen muss, wenn wir eine rein naturwissenschaftliche Erklärung für die Entstehungsbedingungen der Variationen und damit auch der Arten anstreben. Selbst eine solche rein mechanistische Analyse wird den Wert der Selektionstheorie nicht verkennen, sie wird uns aber dazu führen, die oft allzu anthropomorphistischen Erklärungen der Selektionisten mit kritischen Augen zu besehen und des prinzipiellen Unterschiedes zwischen naturwissenschaftlicher und historischer Betrachtungsweise stets bewusst zu werden und zu bleiben.

Luigi Luciani. Physiologie des Menschen.

Deutsch von S. Baglioni und H. Winterstein. — Zweiter Band: Gr. 8, 526 Seiten. Jena, Gustav Fischer, 1902.

Von dem im Centralbl. Bd. XXV, S. 556 angezeigten Lehrbuche des römischen Physiologen Luciani liegt jetzt der zweite Band vor, welcher den Stoffwechsel behandelt. Der Band zerfällt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Fuchs R. F.

Artikel/Article: [Zur Physiologie der Pigmentzellen. 888-910](#)