

Das sehen ohne sehpurpur / von W. Kühne.

Contributors

Kühne, W. 1837-1900.
Augustus Long Health Sciences Library

Publication/Creation

[Heidelberg] : [Winter], [1877]

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/wpapdnz8>

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by the Augustus C. Long Health Sciences Library at Columbia University and Columbia University Libraries/Information Services, through the Medical Heritage Library. The original may be consulted at the the Augustus C. Long Health Sciences Library at Columbia University and Columbia University. where the originals may be consulted.

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.

**wellcome
collection**

Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
HEALTH SCIENCES STANDARD



HX64139743

QP479 .K953

Das sehen ohne sehpü

RECAP

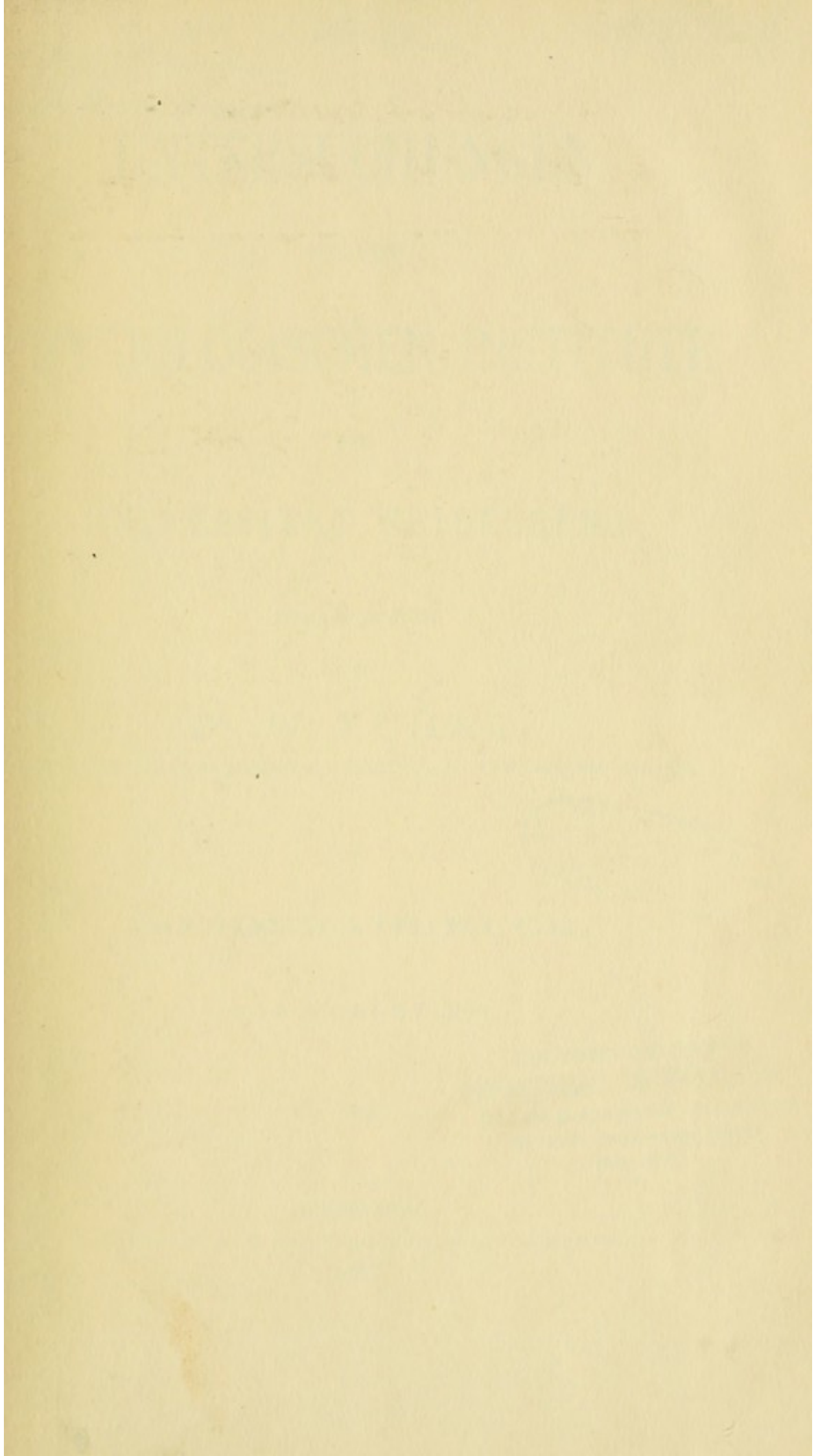
Handwritten text, possibly "Kirkman"

**Columbia University
in the City of New York**

College of Physicians and Surgeons

Library







Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
Columbia University Libraries

CP
8/10

QP479

K953



Das Sehen ohne Sehpurpur.

Von **W. Kühne.**

Die purpurfreien Netzhäute vieler Vögel und Reptilien bezeugen die Möglichkeit des Sehens ohne Sehpurpur und dass Theile der Netzhaut ohne Purpur sehen, beweist das Sehvermögen der Zapfen, welche nirgends purpurhaltig sind. Dass wir ausserdem alles Sichtbare ohne Betheiligung unseres Netzhautpurpurs sehen können und gewohnt sind zu sehen, beweist die gänzliche Abwesenheit des Purpurs in der Fovea centralis und in deren nächster Umgebung im gelben Flecke des menschlichen Auges und da wir diese Theile zum Fixiren gebrauchen, wobei bekanntlich nicht nur Lichtintensitäten fein unterschieden und in der Empfindung localisirt werden, sondern auch sämtliche Farben mit Einschluss von Schwarz und Weiss zur Wahrnehmung kommen, so wissen wir, dass allen Anforderungen, welche wir an ein Sehorgan stellen können, genügt wird ohne den Purpur.

Man könnte hiernach an der wesentlichen Bedeutung des Sehpurpurs in den Stäbchen für das Sehen zweifeln und vollends die Hypothese unwahrscheinlich finden, nach welcher die photochemischen Bleichungsprodukte des Purpurs die Bedeutung chemischer Reize für das Opticusende im Sinnesepithel haben und um so mehr Bedenken dagegen hegen, als es bei den Vögeln auch Stäbchen ohne Purpur gibt, welche doch gewiss sehen. Im Sinne der Hypothese den Purpur, wo er vorkommt, für das ausschliess-

liche actinische Reizmittel in den Stäbchen zu halten, ist schon wegen der geringen Veränderlichkeit des Farbstoffes im äussersten violetten, ultravioletten und rothen Lichte kaum statthaft. Es ist mir zwar bei bedeutender Intensität gelungen, mit dem reinen Roth und Orange ohne Gelb den Purpur nicht nur isolirter Froschnetzhäute, sondern auch am lebenden Frosche vollkommen zu bleichen, allein man muss wegen der Langsamkeit der Entfärbung wol zweifeln, ob dieselbe bei der prompten und intensiven Empfindung in Frage komme, welche uns der Reiz des Roth, ganz abgesehen von der farbigen Wahrnehmung, welche die Zapfen vermitteln dürften, erzeugt. Ungefärbte, actinische Sehreger, die hier neben den farbigen anzunehmen wären, welche vornehmlich auf die beiden Endfarben des Spectrums reagiren, würden zudem in den Stäbchen in der günstigen Lage sein, gerade dasjenige Licht zu empfangen, das der Purpur am wenigsten absorhirt. Abgesehen von der Wahrscheinlichkeit der photochemischen Erregungshypothese im Allgemeinen hat deren specielle Annahme auf Grund des actinischen Verhaltens des Sehpurpurs so viel Einladendes, dass ich sie beizubehalten gedenke bis sich entweder vollgültige Beweise dafür, oder damit ganz unvereinbare Thatsachen finden. Es sind auf die Hypothese so viele Hoffnungen zu setzen und sie verspricht noch im Falle der Widerlegung so fruchtbar zu werden, dass ihr nur Freunde, wie Gegner in gleichem Maasse zu wünschen sind, die letzteren besonders, um sie vor dem Schicksale zu bewahren, im Zustande des Problems für mehr als dieses genommen zu werden. Ich will es darum selbst nicht unterlassen auf Grund von Thatsachen eine Gegenhypothese anzudeuten.

Indem ich nach purpurreichen Sehorganen suchte und die grossen Sehstäbe des Flusskrebsses vornahm, fand ich deren Färbung zu meiner Ueberraschung in so geringem Grade lichtempfindlich, dass bei diesem Auge jeder Gedanke an Verallgemeine-

rung der bis jetzt am Sehpurpur der Wirbelthiere festgestellten Vorgänge schwinden musste. Ich fand den Purpur hier entsprechend der Beschreibung und Abbildung *M. Schultze's* violetter oder bläulicher, als den irgend eines Wirbelthieres: selbst recht intensiv oder dunkel gefärbte Stäbe erschienen mehr purpurviolett, als die in dieser Beziehung am meisten ausgezeichnete Farbe der Eule. Da unter dem Mikroskope an der Färbung, trotz bester Belichtung, in Stunden keine auffällige Abnahme zu bemerken war, so dass ich auf den Gedanken kam, dass die immer seitlich mit schwarzem Pigment behafteten, farblosen Schichten, welche sich zwischen die purpurnen Platten drängen, diese fortwährend regenerirten, versuchte ich die Bleichung durch übermächtiges Sonnenlicht und nach sonstigen Einwirkungen, von denen ich annehmen konnte, dass sie den Regenerator vernichteten. Erwärmen auf 35—40° C. hob die Färbung nicht auf, verlieh ihr jedoch auch keine Vergänglichkeit im Lichte; bei 47° C. begann Entfärbung im Dunkeln und ebenso wirkte gesättigte NaCl-Lösung. Hieraus allein erhellt schon die Verschiedenheit des Farbstoffes von dem der Wirbelthiere. Abgestorbene und übelriechende Krebse boten nach dem Liegen in der Sonne noch die schönsten Stäbchenfärbungen dar, ebenso an der Sonne eingetrocknete, wieder befeuchtete und weiter besonnte mikroskopische Präparate des Augeninhaltes. Aus 24 Krebsaugen gelang es so viel der weichen Masse zu entleeren, dass der Versuch des AuflöSENS in farbloser Galle zu machen war. Es ging freilich eine schwarze Tinte durch das Filter, aber das Pigment setzte sich in einem Tage so vollkommen zu Boden, dass ich eine schön violette Lösung klar abheben konnte. Die Operation war überflüssiger Weise im Dunkeln gemacht worden, denn die Lösung konnte durchaus nicht für lichtempfindlich gelten. Ich will zwar nicht sagen, dass die Farbe nach mehrtägigem Stehen im Freien unter gelegentlichem

Sonnenscheine nicht etwas verloren hätte, aber sie blieb doch noch in der stark gefaulten und getrüben Flüssigkeit sehr kenntlich, und als ich die Glycocholsäure mit wenig Essigsäure ausfällte, färbte sich der Niederschlag hellviolet und blieb so während einiger Tage. An den mikroskopischen Stäbchenpräparaten glaubte ich nach mehrstündiger Einwirkung der Sonne, namentlich wo weniger schwarzes Pigment die Stäbe umgab, etwas Abblassen in Lila zu bemerken: an eine irgendwie auffällige Lichtempfindlichkeit war aber auch dabei nicht zu denken. Krebse, die ich lebendig ganze Tage im hellen Sonnenlichte gehalten hatte, zeigten endlich keine schwächer gefärbten Stäbe und hier war auch intensives farbiges Licht ohne Wirkung. Man wird nach diesen Beobachtungen vermuthen müssen, dass bei vielen Wirbellosen eine nicht lichtempfindliche Stäbchenfärbung vorkomme, und ich muss bekennen, dass mir erst nach dieser Erfahrung das lange Verborgensein der Lichtempfindlichkeit des Sehpurpurs verständlich wird, da fast alle Beobachter des Vertebratenpurpurs mit den Erinnerungen an lichtbeständige Farben Wirbelloser an die Arbeit gingen. Die leichtere chemische Zerstörbarkeit der letzteren dürfte auch den Gedanken zuerst erweckt haben, dass das Schwinden der Retinafärbung zu den Vorgängen des Absterbens zähle.

Unter der Voraussetzung, dass die Sehstäbe der Wirbelloser und deren aus Plättchen gebauter, bei vielen Species gefärbter Antheil morphologisch und physiologisch den purpurnen Stäbchen der Wirbelthiere vergleichbar sei, kann die Indolenz der Farbe gegen Licht zu der Vorstellung führen, dass man auch den wahren Sehpurpur seiner Function nach für einen der vielen, farbiges Licht absorbirenden Stoffe halten müsse, womit wir das Auge in so auffälliger Weise ausgestattet finden, und dass er demnach dem gelben Pigmente in der macula lutea, den farbigen Oeltropfen bei Vögeln und Reptilien, der oft sehr

entwickelten, gelben Linsenfärbung mancher Fische, sowie dem lebhaft orangefarbenen Protoplasma, das jüngst Dr. Ewald in einer der vorderen Zellenlagen der Cornea vom Flussbarsch entdeckte, anzureihen wäre. Dem Sehpurpur bliebe mit dieser Annahme nur darin etwas Besonderes vorbehalten, dass er zugleich eine Art Adaption für das Licht, und in ganz hervorragender Weise, für farbiges Licht vermittelte. Die Eigenthümlichkeit des Purpurs in zwei Stadien zersetzt zu werden, indem zunächst Sehgelb entsteht, aus welchem erst fortgesetzte Belichtung das vollkommen farblose Sehweiss erzeugt, und die Eigenschaft des kurzwelligen Lichtes, das letztere Product am leichtesten herbeizuführen, würden der Betheiligung dieses veränderlichen, farbigen Schirmes eine grosse Mannigfaltigkeit zuweisen. Indem die totale Zersetzung des Purpurs dasselbe erzeugt, wie starke Verdünnung der farbigen, das Stäbchenaussenglied tränkenden Lösung und den Durchgang des Violet, neben Roth durch die Reste unzerlegten Purpurs besonders begünstigt, der Anfang der Bleichung aber, weil er Sehgelb erzeugt, grade den Durchgang von Violet und Blau einschränkt, ohne das Roth zu hemmen, begreift man, wie der wechselnde Farbenschild nicht allein bald für diese, bald für jene Farbe angreifbarer wird, sondern auch bald mehr von der einen, bald mehr von der andern durch das Stäbchen fallen lässt, in welchem dann noch weitere Wirkungen auf andere lichtempfindliche Stoffe möglich würden. So viel ich sehe, würde die neue Hypothese übrigens keinen Gegensatz zur früheren enthalten, sondern damit in viel versprechender Weise zu vereinigen sein. Denn, nehmen wir an, das purpurfarbene Stäbchen enthalte noch eine oder mehrere weitere, farblose, besonders durch Roth und Violet angreifbare Substanzen, so würden eben diese Strahlen beinahe ungehemmt dahin gelangen, während das übrige farbiges Licht erst nach geschehener Bleichung hinzuträte, zunächst unter Einschränkung des Violet, die bei gelbem und grünem Lichte

am stärksten, bei blauem, hinlängliche Zeit oder Intensität vorausgesetzt, am geringsten wäre. So würde längere oder intensivere Belichtung sich je nach der Wellenlänge den Zugang zu den lichtempfindlichen Stoffen einerseits erzwingen, andererseits erschweren können.

Nach solchen Ueberlegungen schien es mir vor Allem geboten, festzustellen, ob und Was ohne Sehpurpur oder nach dessen Ausbleichung noch gesehen werden könne. Ein Theil der Arbeit ist, wie eingangs angedeutet, bereits entbehrlich geworden oder durch unsere tägliche Erfahrung beim Fixiren vollzogen, aber wir wissen weder, ob wir mit unsern Stäbchen noch sehen, wenn der Purpur gebleicht ist, noch ob das Sehvermögen unserer Zapfen zur Zeit und unter Bedingungen, welche die benachbarten Stäbchen des Purpurs berauben, erhalten bleibt. Der Augenspiegel lässt uns bis heute über die Veränderungen unseres Sehpurpurs im Unsichern, da zuverlässige Ophthalmologen dessen Sichtbarkeit *in situ* und im Leben überhaupt und wol mit Recht leugnen. Ich zweifle zwar nicht, dass unsere Frage dennoch schliesslich beim Menschen in Angriff zu nehmen und damit endgültig zu entscheiden ist, aber bei der jetzigen Sachlage hielt ich auch Versuche an Thieren für ausführbar und nützlich.

Schon S. 93, Heft 1, dieser Untersuchungen wurde behauptet, dass Frösche mit farbloser Retina noch sehen; ich hoffe den Beweis dafür durch die folgenden Beobachtungen bringen zu können. Im Leben erzielt man die Ausbleichung beim Frosche nach *Boll* bekanntlich durch längere oder sehr intensive Belichtung. Damit man sich keine falsche Vorstellungen von der Veränderlichkeit der Retinafärbung im lebenden Frosche mache, will ich darüber zunächst einige Erfahrungen anführen. Im Januar blieb die Retina von Fröschen, die von Morgens bis Abends im Freien auf weisser Unterlage gesessen hatten, von nahezu normaler Farbe, wenn der Himmel continuirlich bedeckt war, und im Juni habe ich es kürz-

lich erlebt, dass Frösche, welche am Morgen in der Sonne gesessen hatten, wobei sie den Purpur sicher einbüssten, während eines vierstündigen Gewitterregens im Freien wieder geröthete Netzhäute bekamen. Im direkten Sonnenlichte erfolgt dagegen die Ausbleichung namentlich im Sommer sehr rasch, etwa in 15 Min. Man hüte sich jedoch solche Thiere für geblendet zu halten, denn sie sehen und sehen offenbar gut, so gut, wie alle Frösche sehen, die bei diffusem mittlerem Tageslichte, im Sommer in etwa einer Stunde um ihren Purpur gekommen sind, und sie fahren fort zu sehen, ohne sich gegen die Sonne zu schützen und ohne etwa continuirlich neuen Purpur zu erzeugen. Bringt man sie in's Dunkle so stellt sich der Purpur nicht „alsbald“ wieder her, wie *Boll* irrthümlich angab, sondern wie ich fand und *Boll* seitdem bestätigt, später, als in einer Stunde, und die ersten bemerkbaren Spuren der Färbung kommen erst in etwa 30 Minuten zum Vorschein. Dieser Umstand ist von ausserordentlicher Wichtigkeit, denn wenn solche farblose Retinae wirklich noch sehen, so kann nicht davon die Rede sein, dass sie mit Hülfe eines in gleichem Maasse durch das Licht beständig verzehrten und ebenso beständig wieder hergestellten Purpurs sehen.

Um die folgenden Versuche, zu welchen direktes Sonnenlicht erforderlich war, anstellen zu können, mussten die Frösche vor Erwärmung geschützt werden, sowohl zur Vermeidung von Täuschungen, welche die Empfindung der Wärme verursachen konnte, wie zur Verhütung des Todes durch Wärmestarre, welcher die Frösche auch in der kälteren Jahreszeit, in geschlossenen Gläsern, an der Sonne unerwartet früh erliegen. Ich habe deshalb alle Experimente unter einem beständigen Sprühregen kalten Wassers angestellt.

Unzweifelhaft liebt der Frosch das Dunkle und sucht besonders bei mässigem Lichte die dunkelsten Stellen auf, die er erreichen kann. Ausserdem hat er Vorliebe für die Enden und

Ecken seines Gewahrsams, selbst wenn diese keinen Schatten bieten. Da ich unter Anderem die Platzveränderung der Frösche als Reaction auf Lichtempfindung benutzen wollte, so nahm ich Gefässe mit kreisförmigem Boden. Legt man über ein belichtetes Gefäss eine schmale Leiste, so marschiren Frösche darunter, deren Schatten entsprechend, in einer Reihe auf, die bei Raummangel oft sehr kunstgerecht durch Anlegen der Köpfe hergestellt und mit der Sicherheit der Sonnenuhr bewahrt wird. Gibt es in dem Raume gar keinen Schatten, so wendet sich der grösste Theil auffälliger Weise mit den Augen zur Sonne und starrt in den Himmel. Es fällt ihnen nicht ein, dem grellen Lichte den Rücken zu wenden oder sich zu ducken, sondern sie sitzen viel höher aufgerichtet, als sie es sonst gewohnt sind, mit abwärts gestreckten Vorderbeinen da. Während die Thiere sich zur Ausnutzung eines ungenügenden Raumes im Schatten sehr gut einzurichten wissen, sieht man sie in der Sonne niemals eine Anordnung treffen, durch welche sie sich etwa untereinander vor dem Lichte schützen könnten. Ebensowenig schützen sie das Auge durch Einziehen oder Vorlegen der Nickhaut.

Ich nahm eine grosse Porzellanschale mit ebenem, glattem Boden und befestigte darin einen Glasstreif, der den Fröschen den Zugang zu dem halbmondförmigen Schatten verwehrte, welchen der gegen die Sonne gelegene, senkrecht aufsteigende Schalenrand erzeugte und bedeckte das Ganze mit einer grossen Glasplatte, auf die das Kühlwasser rieselte. In wenigen Minuten sassen alle Frösche an dem nicht beschatteten Glasstreifen, wie sehnsüchtig nach dem dunkleren Platze schielend, und einigen kleineren Exemplaren gelang es wirklich, sich zwischen Glasstreif und Deckel durch- oder einzuzwingen. Wie gross das Bedürfniss demnach sein mag, dem Auge Ruhe zu verschaffen, so habe ich doch niemals beobachtet, dass die Frösche dasselbe nach einer unfern gelegenen, beschatteten Mauer oder nach einem andern dunkeln Gegen-

stande, der ausserhalb des Behälters lag, richteten. Gab es keinen für sie erreichbaren schattigen Platz, so wurde von der ganz überwiegenden Majorität immer die Stellung und Blickrichtung genommen, welche die intensivste Lichtempfindung gewähren musste der Art, dass wenn ich ihnen darin mit dem eigenen Auge zu folgen suchte, ich sofort, von dem wolkenlosen Himmel in der Nähe der Sonne geblendet, zurückprallte.

Wie mir selbst, wird Jedem, der die Beobachtung anstellt, einfallen, der Frosch habe Scheu seine grössere Hautfläche, die in den meisten Fällen von der Sonne getroffen wird, der Erwärmung auszusetzen, und dass er deshalb, ähnlich wie wir beim Baden, der Sonne nicht den Rücken wende. Als ich indess wirklich geblendete, d. h. blinde, der Augen beraubte Frösche, die zum Vergleiche Wochen zuvor operirt und sehr munter waren, zu dem Versuche verwendete, fand ich bei diesen gar keine Neigung zur Aufrichtung und Drehung des Kopfes nach dem Lichte: von mehr als einem Dutzend sassen einige wohl in hochhockender Stellung, aber oft so, dass gerade der Rücken gründlich besonnt wurde; andere sassen geduckt, und niemals zeigte die Mehrheit Neigung die Sonnenseite des Gefässes zu bevorzugen. Da ich den Durchgang wärmender Strahlen weder durch das Glas, noch durch das Wasser in ausreichendem Maasse verhindern konnte, versuchte ich wenigstens deren Effecte auf die Froschhaut zu mindern und construirte zu dem Ende ein Gefäss aus Weissblech von der Gestalt und den Dimensionen der bis dahin benutzten Porzellanschalen, 7 Ctm. hoch, bei 28 Ctm. Durchmesser. Durch das Centrum trat am Boden die Mündung eines Leitungsrohres ein, das beständig erneuerte Füllung mit kaltem Wasser bis zu einigen, 4 Ctm. höher, am Rande angebrachten Abflussröhrchen gestattete. Darin mussten die Frösche schwimmen und ich hatte es am Wasserhahne in der Hand, ihnen durch heftige Strömung das Erreichen und Festhalten der Sonnenseite beliebig zu erschweren.

So fand ich die Thiere nach kurzer Belichtung schon in angestrengter Arbeit Kopf und Augen gegen die Sonne zu wenden und nach einiger Zeit hatten sie sich sämmtlich an dem entsprechenden Rande mit aufgereckten Köpfen versammelt, wo das Auge nicht den mindesten Schutz fand. Diese Lage wurde mit verzweifelten Anstrengungen, unter lebhaftem Gequacke länger als 15 Minuten, bis zur Ermüdung festgehalten und nach der Erholung wieder aufgenommen. An den blinden Fröschen zeigte sich nichts der Art; diese schwammen vielmehr behaglich nach allen Richtungen umher.

Hiernach ist es zweifellos, dass der Frosch mit dem Auge das blendendste Licht sucht, falls er demselben nicht entgehen kann. Da er bei vorhandener Wahl sich dem Lichte jedoch entzieht, so wird man nicht annehmen können, dass der Reiz des intensiven Lichtes ihm besonders gefalle; das Licht muss nur etwas Fesselndes für ihn haben, wie für so manche Thiere, die demselben zugehen, auch wenn es ihr Verderben ist. Der Frosch ist dabei jedoch in der günstigen Lage, nicht einmal an seinem Auge Schaden zu nehmen, denn er wird von der Sonne nicht geblendet, wie wir, sondern er fährt fort zu sehen, wie sich jetzt zeigen wird.

Ohne Zweifel ist das Auge dem Frosche das wichtigste Organ, um Gefahr zu merken und ihr zu entrinnen. Ich kann blinde, aber darum nicht weniger lebhaft Frösche aus einer grossen flachen Schale, nach geräuschloser Entfernung des Deckels einzeln, nacheinander herausheben, ohne dass einer entschlüpft, wenn ich heftigere Bewegungen des Wassers vermeide, während ich die grösste Noth habe die sehenden Frösche umzusetzen, auch wenn sie stundenlang besonnt sind. Setzte ich blinde und sehende Frösche in grosse Glasaquarien, aus denen sie nicht herausspringen konnten, in die Sonne, so geriethen die letzteren bei der leisesten Annäherung, vollends nach einigen drohenden Greifbewegungen in höchste Unruhe und schlugen in rasenden

Springen das spärliche Wasser zu Schaum, während die ersteren sich unter gleichen Umständen in ihrem Gefässe nicht rührten. Dass die blinden Frösche eben so lebhaft sein können, wie sehende, bemerkt man an den nachhaltigen Springübungen, welche sie nach einigem Aufrütteln anstellen.

Frösche fangen bekanntlich mit grosser Behendigkeit Fliegen, nachdem sie dieselben längere Zeit mit bedächtig glotzendem Blicke aufs Korn genommen haben. Man muss zu dem Versuche ein trocknes Glas nehmen und auch den Frosch gut abtrocknen, damit die Fliege nirgends durch Ankleben an der freien Bewegung gehindert wird, oder am Boden unkommt. Der Frosch scheint anfänglich das lebendige Futter kaum zu bemerken, so wenig wie die Fliege Ahnung von der Gefahr hat, indem sie ihm über Augen und Nase läuft, was seine Ruhe kaum stört und ihn allenfalls veranlasst, sich mit der Pfote über den Kopf zu wischen. Begibt sie sich aber in den oberen Theil des Glases, so wird der Frosch aufmerksam und stülpt in der Regel das dahin gewendete Auge in sehr lächerlicher Weise hervor; nun folgt ein wohlgezielter, oft fusshoher Sprung und die Fliege ist mit der vorgeschleuderten Zunge gefasst und in's Maul befördert. Verschiedene Male habe ich diese Beobachtung, welche Liebhabern von Laubfröschen nicht neu sein wird, an Fröschen gemacht, die Stunden zuvor besonnt waren und mit der Fliege in hohen, aussen berieselten Glascylindern in dem blendenden Lichte sassen: ich kann darum gar nicht mehr zweifeln, dass die Frösche mit vollständig entfärbtem Sehpurpur ganz vorzüglich sehen. Dass der Fang durch keinen andern Sinn als den des Gesichtes möglich wird, zeigte das Verhalten der vielen entaugten Frösche, denen ich Fliegen unter denselben Umständen vorsetzte: nicht ein einziger hat bis heute eine gefangen, sondern man fand dieselbe schliesslich immer zufällig erdrückt.

Seit ich wusste, dass Frösche ohne Sehpurpur sehen und

von dauerndem direktem Sonnenlichte keineswegs geblendet werden, habe ich herauszubringen versucht, Was sie sehen, namentlich ob sie Farben sehen. Da so viele Thiere Vorzugsfarben haben, oder einzelne Farben verabscheuen, war den Fröschen Aehnliches zuzutrauen. In Norddeutschland hatte ich als Knabe oft gehört, man könne Frösche mit einem rothen Lappen locken und angeln. Dies ist mir zwar nicht geglückt, vielleicht weil ich beim Angeln überhaupt wenig Erfolge und Vergnügen gefunden habe; ich glaube aber doch bemerkt zu haben, dass die rothe Farbe, vor andern die Frösche aufregt. Nähert man, indem man sich möglichst fern und ruhig verhält, dem Ranarium ein rothes, an die Angel befestigtes, flatterndes Tuch, so sieht man die Frösche mehr in Aufregung gerathen, als wenn man dazu schreiend blaues, gelbes oder grünes Zeug wählt. Am auffallendsten fand ich die Sache im Sonnenlichte und wiederum bei Fröschen, deren Retina bereits ausgebleichen war. Ein weisses Tuch stand indess dem rothen kaum nach. Derartige Versuche, für die man früher den nicht schlechten Namen Naturföresterei hatte, konnten indess ernsthaft nicht befriedigen.

Mit grosser Sicherheit lässt sich auf anderem Wege feststellen, dass die Frösche eine Vorzugsfarbe haben und damit beweisen, dass sie Farben mit gänzlich entfärbter Netzhaut zu sehen vermögen. Diese Farbe ist das Grün. Es war mir schon bei mittlerer Tageshelle aufgefallen, dass die Frösche in runden Gefässen, die mit zwei verschiedenen farbigen Gläsern bedeckt waren, meist unter einem ausschliesslich Platz nahmen, besonders unter dem grünen, wenn Blau concurrirte. Um schneller zum Ziele zu kommen habe ich die folgenden Versuche grösstentheils mit intensivstem Sonnenlichte angestellt, worin so rasch reagirt wurde, dass ich bald über grosse Versuchsreihen verfügte. Bei mittlerer Helligkeit unter weissen Wolken oder im Schatten unter klarem, blauem Himmel zu experimentiren, wurde übrigens nicht

unterlassen und ich bemerke darüber zum Voraus, dass die Ergebnisse die nämlichen waren, wie die folgenden.

Da es für meine Zwecke nicht auf grosse Reinheit des farbigen Lichtes ankam, wurde durch farbige Glasplatten beleuchtet. Dunkelgrünes, mit Chromoxyd gefärbtes Glas deckte im Spectrum direkten Sonnenlichtes vollkommen das Roth und Gelb; neben dem Grün war ein Theil des Blau, selbst etwas Violet erhalten. Doppelt genommen liess das Glas nur Grün und etwas Blaugrün, dreifach nur Grün durch und damit konnte man bequem in die Mittagssonne schauen. Das Verhalten des blauen Kobaltglases bedarf der Erwähnung kaum: man weiss, dass es das erste Roth bis C wenig schwächt. Ich habe die Platten meist in 3facher Lage angewendet, wobei das Roth schon etwas gemildert war. So gab es Absorption von C bis in's Blaugrün, unterbrochen durch einen schmalen hellen Streifen im Gelbgrün, während Blau und Violet noch recht intensiv waren. Unter einer grünen Platte besonnt, blichen Froschnetzhäute ungefähr in der gleichen Zeit aus, wie unter 3 blauen, nämlich im Lebenden in 15—20 Min., isolirt und feucht erhalten in 5—6 Minuten. Das Grün war dabei, wie ich es wollte, durch etwas schnellere Wirkung ein wenig im Vorzuge.

Schon die ersten flüchtigen Beobachtungen lehrten, dass Frösche unter Blau und Grün immer das letztere bevorzugen. Sind die anscheinenden Intensitätsunterschiede nicht geradezu colossal, nämlich so, dass die grüne Hälfte des Gefässes blendend, die blaue wie mit einem Brette bedeckt erscheint, so wird man selbst bei ganz sorglosem Verfahren die Frösche über kurz oder lang im Grün versammelt finden, sowohl im hellsten direkten Sonnenlichte, wie im Schatten oder im allerschlechtesten Tageslichte. Ganz ohne Ausnahme ist dies freilich nicht, aber ich hatte Grund, damit besonders zufrieden zu sein, weil ich mit derselben Sicherheit entgegengesetzte Resultate zu demonstrieren

lernte. Es gibt unter Fröschen, wie unter Menschen Exemplare von abweichendem Geschmacke; die ungeheure Majorität liebt das Grün, aber ein kleiner Procentsatz zieht Blau vor. Meine Sammlung solcher verirrter Subjecte beträgt nach Prüfung vieler hundert Frösche mit Einschluss des Verlustes kaum 2 Dutzend, worunter zwei oder drei, die ich genau kenne, übrigens zuweilen besserer Regungen fähig scheinen. Ich wurde auf die Sache aufmerksam, als ich unter 10—12 Thieren die einzige *Rana temporaria* beharrlich Inconstanzen verursachen sah. In der Meinung, dieselbe werde aus persönlichen Gründen gemieden, denn an einen Specieshass konnte ich nach bereits erworbenen Erfahrungen bei *Rana esculenta* nicht glauben, versuchte ich es mit dem Thiere allein und da fand ich wieder die Neigung für Blau. Seitdem habe ich alle gleichempfindenden Nachfolger, die sich gelegentlich durch den Farbenversuch absondern liessen, gesammelt und bis auf die wenigen, schon genannten in ihrem Geschmacke beharrlich gefunden. Dieselben ziehen einzeln, oder in beliebiger Anzahl verwendet immer Blau dem Grün vor und wenn ich sie, durch Fäden am Fusse kenntlich gemacht, mit normalen Fröschen zusammensetze, so bin ich vollkommen sicher, nach einigen Minuten die Trennung durch Bedecken des Gewahrsams mit blauem und grünem Glase zu bewerkstelligen.

Nach meinen geringen Erfahrungen dürften Blau wählende Frösche unter *Rana temporaria* etwas häufiger, als unter *esculenta* sein; doch hat die Leibesfarbe mit der Leibfarbe nichts zu schaffen, denn ich fand die Abweichung so gut bei dunkelbraunen wie bei hellgelben und grünen Exemplaren, aber niemals bis heute unter der Sorte von *Rana esc.*, welche in der Sonne hellblaugrün wird. Das Geschlecht scheint ebensowenig Einfluss zu haben.

Meinem Zwecke entsprechend begann ich die Versuche mit gründlich besonnenen Fröschen, von denen ich sicher war, dass

sie im Dunkeln mehr, als eine Stunde brauchten um wieder leidlich purpurne Netzhäute zu bekommen. Ebenso sicher war ich, dass unter den farbigen Gläsern während der Versuche keine Regeneration erfolgte, da ich einige Augen bei den verschiedensten Bedeckungen und Intensitäten des Himmelslichtes direkt darauf prüfte. Hinsichtlich des Ausschlusses anderer Einflüsse, als der des farbigen Lichtes, schicke ich Folgendes voraus.

1. Wurde jeder Schattenrand in den Gefässen durch Einziehen eines gläsernen Zaunes in einiger Entfernung davon unerreikbaar gemacht. —
2. Wurde zur Eliminirung der Lockfähigkeit des Schattens die Grenze der beiden farbigen Bedeckungen immer senkrecht zur vorgenannten Barrière gelegt, so dass die Schattenseite beiden Farben zu Gute kam. —
3. Wurden die Farben bei jedem Versuche von Ost nach West zweimal gewechselt. —
4. Verhinderte ein genügender Sprühregen Erhitzung der Gläser durch die Sonne. —
5. Wurde das Gefäss selbst in fließendes Wasser gestellt oder das vorhin erwähnte Blechgefäss mit continuirlicher Erneuerung kalten Wassers benutzt. —
6. Liess ich die Frösche nicht ohne Anstrengung die gewählte Farbe erreichen oder bewahren, und endlich wurden
7. alle Versuche durch augenlose Frösche controlirt. Ich lege auf das Letztere den grössten Werth, da die damit erzielten Gegensätze bündig beweisen, dass keine anderen Sinnesorgane, als das Auge, besonders die Haut nicht, Anlass zum Benehmen der Frösche gegen grüne und blaue Beleuchtung geben. Die Haut der Frösche reagirt dem Aussehen nach bekanntlich so leicht und bemerkbar auf Licht und wol auf verschiedenfarbiges nicht gleichartig, dass entsprechende Empfindungen damit verbunden gedacht werden können, bei denen man nicht ohne Weiteres nur thermische Erregungen anzunehmen braucht, und schon aus diesem Grunde war die Benutzung blinder Frösche zur Controle geboten. Dass die Erwärmung durch die angewendeten Gläser Verschiedenheiten

erzeugen würde, liess sich bei der Gläserwahl voraussehen, allein ich fand, als ich zwei gleiche Porzellangefässe, mit demselben Volum Wasser gefüllt, unter je ein grünes und unter 3 blaue Gläser in die Sonne stellte, in dem Gange der Erwärmung nur Temperaturdifferenzen von $\frac{1}{2}$ bis kaum 1° C. zu Gunsten des Blau. Die Experimente selbst werden berichten in wie weit sie den genannten Controlen mehr oder minder zugänglich blieben.

Unter einem grünen und drei blauen Gläsern bedurfte es in der Sonne für unbehinderte, auf feuchtem Boden kriechende und hüpfende Frösche in der Sonne jedesmal kaum 5 Min., um die vorher durch Schütteln gleichmässig vertheilte Schaar auf die grüne Seite wandern zu sehen. Wurde der grün erleuchtete Platz immer mehr eingeschränkt, so drückten sich die Thiere fest zusammen oder kletterten aufeinander, um sämmtlich dem Blau entgehen zu können, und wenn ich mitten durch das Gefäss unter der Farbengrenze einen Glasstreif zog, so drängten sich die in's Blau gesetzten Frösche an diesen und wandten die Augen dem Jenseits zu. Kleinere Frösche vermochten sich zwischen Deckel und Glasstreif durchzuklemmen und als ich endlich ein Glasstück nahm, das am einen Ende schräg abgebrochen war, krochen sämmtliche Frösche durch die noch sehr unbequem zu begehende Lücke ins Grün hinüber. Augenlose Frösche unter die übrigen gesetzt wurden zu jeder Zeit unregelmässig vertheilt gefunden; was sich aber unter dem Blau vorfand, war ausnahmslos blind.

Das Verfahren wurde nun in der mannigfachsten Weise abgeändert, indem ich in der ersten Reihe, wie soeben, beide Farben von solcher Intensität nahm, dass hinsichtlich ihrer Wirkung auf Sehpurpur keine wesentliche Differenz bemerkbar war und indem ich ausserdem für Hindernisse im Festhalten des aufgesuchten Platzes, sowie für sichere Gleichheit der Temperatur, durch strömendes Wasser sorgte; dann nahm ich gegen 1 Grün

nur 2 Blau und weiter nur 1 Blau, wobei der Erfolg der nämliche blieb, obwohl mir das Blau beim Durchblicken durch die 2 Scheiben viel dunkler, durch eine Scheibe erheblich heller als das Grün vorkam. Mit einer hellgrünen Tafel anderen Glases, als des gewöhnlich verwendeten, und der einen blauen Scheibe, die mir den Eindruck ungefähr gleicher Helligkeit machten und durch welche ich z. B. dieselben Schriftproben aus gleicher Entfernung entzifferte, war der Erfolg immer noch der nämliche, und wenn ich endlich die Farbendecken bezüglich der Wirkung auf Sehpurpur noch mehr umkehrte und das Grün doppelt, das Blau einfach nahm, so wurde fortwährend von den Fröschen das Grün aufgesucht. Man kann also in keiner Weise sagen, es werde die dunkler scheinende Farbe aufgesucht, so wenig man umgekehrt eine unter farbigem Lichte sich erst entwickelnde Liebhaberei der Frösche für das Hellere aus den Ergebnissen folgern wird. Das einzig Denkbare, das eben übrig bleibt, um das Benehmen der Frösche zu verstehen, ist, dass sie die Farben verschieden und incommensurabel empfinden, wie wir es auch thun, und dass sie der Vorliebe für Grün, trotz aller Tendenz, das Dunkle aufzusuchen, wenn sie solches erreichen können, treu bleiben, auch wenn die Gegenfarbe, an jedem Maasse geschätzt, die dunklere ist. Dies hat indess, wie begreiflich, seine Grenzen, wenigstens unter den vorliegenden Bedingungen, wo mit farbigen Gläsern gearbeitet wurde, in deren Lichte grössere Intensitäten zugleich geringerem Grade der Sättigung entsprachen. Nahm ich 1 hellgrünes Glas, gegen 4—5 blaue, so gingen die Frösche unter das Dunkelblau so gut, wie unter ein Brett, das sie auch dem Grün vorziehen, wenn die Farbe nicht ausserordentlich dunkel ist. Es bedarf der Erwähnung kaum, dass umgekehrt alles Bevorzugen des dunkleren Grün gegen helles Blau in unserem Sinne geringeren Werth hat, weil zur Anziehung der Lieblingsfarbe die der geringeren Intensität hinzukommt. Für den ersteren Fall ist

übrigens hinzuzufügen, dass man häufig ein Zögern in der Entscheidung bemerkt, und dass die Frösche entschieden weniger consequent und dauernd im dunkelsten Blau hocken, wenn sehr helles Licht daneben grün ist. Man sieht dies sogar, obschon seltener, wo dunkles Blau durch ein Brett ersetzt wird.

Da die Erfahrungen über Auswahl zwischen Grün und Blau genügen, um zu erkennen, dass Frösche mit gebleichtem und in der Versuchszeit nicht herstellbarem Sehpurpur Farben sehen und unterscheiden, unterlasse ich zunächst weitere Mittheilungen über andere Farbenpaare oder über Entscheidungen zwischen 3 Farben. Was ich bis jetzt in letzterer Hinsicht beobachtete, lässt die Ausdehnung der Methode von grösserem Interesse für Wahrnehmungen bei Mitbetheiligung des Sehpurpurs erscheinen, als für die Feststellung des Farbensehens ohne Purpur.

Die bisherigen Ausführungen mögen das Experimentiren mit bleichungsäquivalentem Grün und Blau überflüssig erscheinen lassen, da es sich eben um keinen Purpur mehr handelte; ich habe dieses Mittel nur mit herangezogen, um der äussersten Bedenklichkeit gerecht zu werden, vornehmlich jedoch, weil es unentbehrlich schien zu Parallelversuchen an Dunkelfröschen. Diese ergaben bei weitem weniger constante und schlagende Ergebnisse, was mich anfänglich mehr als nöthig überraschte, denn wenn man erwägt, dass bei erhaltenem Sehpurpur ein neuer Factor den Sehact complicirt, so wird man andere Reactionen der Frösche schon voraussetzen müssen. Ich habe von Dunkelfröschen den Eindruck empfangen, als ob sie durch Licht aller Intensitäten überrascht und rathlos würden, der Art, dass sie anfänglich selbst die Wahl zwischen dunklem Schutz und hellem Sonnenschein nicht recht zu treffen wissen. Unter bleichungsäquivalentem Grün und Blau war meist nach 5 Minuten nur die Mehrheit unter dem Grün zu finden und es dauerte die doppelte Zeit, bis sich der Rest dahin begab. Hindernisse durch stärkere Bewegung

des Wassers, namentlich zum Festhalten der gewählten Stelle, verzögerten die Entscheidung noch mehr und vollends geschah dies durch Vergrößerung der Intensität im Grün oder durch Minderung im Blau. Das Benehmen sah ganz so aus, wie wenn die Differenz der Bleichungszeit unter den beiden Farben die Empfindung für Intensitätsdifferenzen schärfte, so dass nun nicht mehr innerhalb so weiter Grenzen der objectiven Helligkeit das Grün bevorzugt wurde. Nach 15—20 Min. verhielten sich die Dunkelfrösche unter farbigen Gläsern im direkten Sonnenlichte natürlich ebenso wie die Hellfrösche, denn jetzt waren auch sie des Purpurs beraubt. Um sicher zu sein, dass das Grün bei erhaltenem Sehpurpur ebenfalls vorgezogen wird, stellt man daher diese Versuche besser mit diffusem, nicht zu hellem Tageslichte an. Ich habe so bei Bleichungsäquivalenz sowohl, wie bei überwiegender Intensität des Grün die Entscheidung für dieses treffen sehen von einer so grossen Anzahl von Fröschen, und in den Einzelfällen von sämtlichen in Gebrauch genommenen, dass ich auch für die Purpur besitzenden und bewahrenden Thiere starke Bevorzugung des Grün vor dem Blau behaupten muss. Ueberlegt man, in wie auffälliger Weise ohne den Purpur beinahe rein nach der Wellenlänge des erregenden Lichtes gehandelt wird, wie dies ferner im Besitze des Sehpurpurs wieder geschieht, wenn derselbe sehr langsam afficirt wird, während das Benehmen gerade da gegen die Farbe unsicher wird, wo ausser der Farbenempfindung noch die Differenzen der Ausbleichung zur Wahrnehmung kommen, so kann man kaum zweifeln, dass die Farben purpurlose Theile des Sehapparates afficiren, denen ein anderer zu Hülfe kommt, so lange er Sehpurpur enthält und damit reagirt. So viel ich sehe, ist dies in Uebereinstimmung mit der Auffassung, welche der Zapfenerregung die Vermittlung sämtlicher Empfindungsqualitäten, der Erregung der Stäbchen durch irgendwelche objective Reize, nur die des Hell und Dunkel zuschreibt.

Wenn es richtig ist, dass es Thiere ohne Zapfen giebt, oder, worauf es mehr ankommt, dass es Netzhäute gibt, die nur Sehpurpur führende Lichtempfänger besitzen, so darf man hoffen, die Frage zur Entscheidung zu bringen, ob gebleichte Stäbchen noch durch Licht erregt werden können.

Vorwort

Das Buch enthält die...

1870

1871

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879

1880

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in *Heidelberg* sind erschienen:

Verhandlungen
des
naturhistorisch-medicinischen Vereins
in
Heidelberg.

Neue Folge I. Band.

1. Heft. 1874. gr. 8^o. brosch. 4 M.

Inhalt: Vorwort. — Verzeichniss der Mitglieder des Vereins. — **H. Bauke**, Zur Entwicklungsgeschichte der Cyatheaceen. — **Ad. Mayer**, Ueber die Aufnahme von Ammoniak durch oberirdische Pflanzentheile. — **Fr. Schulze**, Ueber die Resultate der Kaltwasserbehandlung des Typhus abdominalis im akademischen Krankenhause zu Heidelberg. — **R. Thoma**, Ueber den Einfluss des Wassergehaltes des Blutes und der Gewebeäste auf die Formen und Ortsveränderungen farbloser Körper. — **L. Koch**, Zur Entwicklungsgeschichte der Cuscuteen. — **A. Pagenstecher**, Zoologische Miscellen. — Ueber den Ursprung einiger europäischer Schmetterlinge.

2. Heft. 1875. gr. 8^o. brosch. 1 M. 60 Pf.

Inhalt: **W. Erb**, Ueber eine eigenthümliche Localisation von Lähmungen im Plexus brachialis. — **W. Erb**, Ueber Sehnenreflexe bei Gesunden und bei Rückenmarkskranken. — **Robby Kossmann**, Die Fauna der Wirbellosen in dem Küstengebiete des rothen Meeres. — **War Goethe** ein Mitbegründer der Descendenztheorie? — **Adolf Mayer**, Ueber Sauerstoffabscheidung aus Pflanzentheilen bei Abwesenheit von Kohlensäure.

3. Heft. 1876. Mit zwei Tafeln. gr. 8^o. brosch. 3 M.

Inhalt: **E. Pfitzer**, Ueber die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in der Pflanze. — **A. Horstmann**, Verbrennungserscheinungen bei Gasen. — **W. Kühne**, Ueber das Verhalten verschiedener organisirter und sog. ungeformter Fermente. — **W. Kühne**, Ueber das Trypsin. — **Ludw. Koch**, Ueber die Entwicklung des Samens der Orobanchen. — **A. v. Wolkoff**, Die Lichtabsorption in den Chlorophylllösungen.

4. Heft. 1876. Mit einer Tafel. gr. 8^o. brosch. 8 M.

Inhalt: **W. Kühne**, Ueber das Secret des Pankreas. — Weitere Mittheilungen über Verdauungsenzyme und die Verdauung der Albumine. — **W. Lossen**, Ueber die Eigenschaften der Atome. — **M. Fehr**, Ein Bild der Lyssa. — **A. Horstmann**, Dissociation der Chlorsilber-Ammoniakverbindungen. — **Robby Kossmann**, Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise in die Küstengebiete des rothen Meeres, im Auftrage der königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin ausgeführt. — **L. Koch**, Untersuchungen über die Entwicklung der Crassulaceen.

5. Heft. 1877. Mit einer Tafel. gr. 8^o. brosch. 2 M. 40 Pf.

Inhalt: **W. Kühne** und **A. Sh. Lea** aus Cambridge, Ueber die Absonderung des Pankreas. — **A. Ewald** und **W. Kühne**, Die Verdauung als histologische Methode. — **A. Ewald** und **W. Kühne**, Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. — **A. Horstmann**, Ueber ein Dissociationsproblem. — **L. Morochozewitz**, Zur Histochemie des Bindegewebes. — **W. Kühne**, Zur Photochemie der Netzhaut. — **E. Pfitzer**, Studien über Bau und Entwicklung epiphytischer Orchideen.

