

Zur Physiologie und Anatomie des Sphincter pupillae der Amphibien, Fische und einiger Wirbellosen *).

Von

Docent Dr. Eugen Steinach,

Erstem Assistenten am physiologischen Institute der deutschen Universität zu Prag.

In meiner Arbeit „Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie der Iris“ **) habe ich pag. 298 auf Beobachtungen hingewiesen, welche zu dem Zwecke unternommen wurden, den Erfolg der Netzhautreizung — die reflectorische Pupillarreaction — von dem der directen Lichteinwirkung auf die Iris niederer Wirbelthiere durch das Experiment zu sondern. Diese Studien boten mir die unmittelbare Veranlassung, die zuerst von Arnold (für den Aal), dann von Brown-Séguard (für die Amphibien) aufgeworfene Frage der directen Erregbarkeit der Iris nach verschiedenen Richtungen hin eingehend zu bearbeiten, insbesondere, nachdem mich eine Umschau in der Literatur überzeugt hat, dass nicht einmal in Bezug auf den Hauptpunkt des Gegenstandes — ob es sich bei der Reaction des ausgeschnittenen Bulbus um einen directen Einfluss des Lichtes auf die Iris oder um einen intraocularen Reflex handle — eine Einigung erzielt ist, geschweige denn eine übereinstimmende, durch Versuche gestützte Erklärung des Phänomens besteht. Wo hievon die Rede ist, wird entweder bloß die Thatsache verzeichnet, dass beim Frosch und Aal sich auch die Pupille des enucleirten Auges auf Lichtreize verengert, oder es wird mit aller Zurückhaltung eine Deutung der „räthselhaften Erscheinung“ versucht, und — wie in einigen Lehrbüchern — das ursächliche Moment in einer Wärme-

*) Zum Theil nach einer im Juli dieses Jahres gehaltenen Vorlesung „über den Einfluss des Lichtes auf contractile, thierische Gebilde“.

**) I. Mittheilung: Ueber Irisbewegung bei den Wirbelthieren und über die Beziehung der Pupillarreaction zur Sehnervenkreuzung im Chiasma. — Archiv f. d. ges. Physiologie (Pflüger) Bd. XLVII, p. 289. (Juli 1890.)

wirkung (Foster) oder in einer Beeinflussung intramuskulärer Nervencentren (Hermann) vermuthet. Keinen Eingang in die gangbare Literatur fand bisher die Annahme Brown-Séguard's und Gysi's, wonach jene Pupillarreaction durch eine directe Reizung des Sphincters hervorgerufen würde. Diese Ablehnung dürfte einerseits darauf beruhen, dass in den betreffenden Arbeiten ein zwingender Beweis für die erwähnte Annahme nicht erbracht und derselben auch nicht etwa durch Ausschliessung aller anderen Möglichkeiten ein besonderer Vorzug verliehen wird — andererseits ist sie wohl in dem Umstande begründet, dass Wirkungen des Lichtes auf die übrigen Muskelfasern der verschiedenen Organe nicht bekannt und wegen der ausserordentlich geringen Absorption der Strahlen durch diese Elemente von vornherein auch nicht zu erwarten sind.

Wie in der oben citirten Abhandlung angedeutet, waren meine Untersuchungen über die vorliegende Frage dem Wesen nach im Sommer dieses Jahres abgeschlossen. Nachdem aber die Zeichnungen der mikroskopischen Präparate, welche die gewonnenen Resultate ergänzen und veranschaulichen sollen, noch immer nicht fertiggestellt werden konnten, und dadurch die ausführliche Publication bedeutend verzögert ist, so erlaube ich mir die hauptsächlichen Ergebnisse der Arbeit ohne nähere Berücksichtigung der vorerwähnten Literatur und ohne jede genaue Behandlung der technischen Einzelheiten in Form eines kurzen Auszuges vorläufig mitzutheilen.

Die Untersuchung zerfällt in einen experimentellen und einen histologischen Theil.

Zu den Versuchsreihen wurden herangezogen Augen von *Rana temporaria* und *esculenta*, von *Salamandra*, *Bufo*, *Hyla*, ferner von *Anguilla*, *Esox*, *Salmo* und anderen Fischen. Von Amphibien wurde am meisten an *Rana temporaria*, und von Fischen — wegen der ausgiebigen Pupillarreaction — vorzugsweise am Aal experimentirt.

Ich habe bezüglich der Amphibien und Fische andernorts (cit. ob.) auseinandergesetzt, dass sich schon am unversehrten Thiere in dem Ausmasse der Iriscontraction ein beträchtlicher Unterschied bemerkbar macht, jenachdem sich dasselbe vor dem Lichtreizversuche im hellen oder unter natürlichen Bedingungen im dunkeln Raume befunden hat. Es lässt sich dieses verschiedenartige Verhalten darauf zurückführen, dass bei dauernder Belichtung die Empfindlichkeit des Apparates stark abnimmt, dass hier sozusagen eine Adaptation für die Helligkeit statthat. In noch weit

höherem Grade äussert sich die Differenz oder vielmehr das Widersprechende des Reizerfolgs bei Versuchen an der ausgeschnittenen, von allen Insertionen losgetrennten Iris von Hell- und Dunkelthieren. Die Mehrzahl der negativen Resultate ist offenbar in der Auswahl des Beobachtungsmaterials begründet. An sehr erregbar gehaltenen, freipräparirten Iriden habe ich aber ausnahmslos den Einfluss des Lichtes wahrgenommen und konnte demnach die diesbezüglichen Angaben Gysi's vollinhaltlich bestätigen.

Da jedoch diese Ergebnisse immerhin an besonders günstige Versuchsbedingungen geknüpft sind und erwiesenermassen zu wenig auffallend waren, um allgemein den überzeugenden Eindruck von einer Lichtwirkung auf die von der Netzhaut isolirte Iris zu hinterlassen, so habe ich ein anderes, sehr einfaches Verfahren eingeschlagen, durch welches eine solche Wirkung mit Leichtigkeit nachzuweisen ist. Die ganze hintere Fläche von Dunkelaugen (Frosch, Aal) wird mit einem glühenden Spatel so lange ringsum versengt, bis der Augenhintergrund gleichmässig mit grauweisslicher Farbe aus dem Sehloch hervorleuchtet. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass die ganze Netzhaut in Folge dieses Eingriffs coagulirt und ihre geformten Elemente in eine klumpige, verschorfte Masse verwandelt sind. Diese Art von Ausschliessung der Netzhaut gewährt gegenüber der Abtrennung der Iris vom Bulbus den grossen Vortheil, dass letztere in ihrer normalen Lage und Verbindung verbleibt und in Folge dessen viel eher die Bedingungen einer ungestörten Function beibehält.

In der That haben die Versuche an solchen Präparaten in unzweifelhafter Weise dargethan, dass erstens der Netzhaut bei dem Phänomen keine Rolle zufällt und dass daher die Lichtstrahlen unvermittelt auf die Iris einwirken, zweitens, dass die hierdurch hervorgerufene Pupillenverengung unter den getroffenen Massregeln mit derselben Ausgiebigkeit und, worauf ich namentlich Gewicht lege, auch mit dem gleichen zeitlichen Verlaufe vor sich geht, wie bei den unversehrten Thieren.

Da ich immer im Dunkelzimmer arbeitete, und sich die stark erweiterten Pupillen ausgeruhter, erregbarer Iriden schon nach mässiger Erhellung desselben Raumes durch diffuses Tageslicht maximal verengten, so erschienen besondere Vorkehrungen gegen thermische Wirkungen des Lichtes erst erforderlich, als focale Bestrahlung mit Sonnen- oder künstlichem Lichte Verwendung fand; in diesen Fällen

kam mir die wärmestrahlenabsorbirende Eigenschaft dicker Schichten von concentrirten Alaunlösungen zu statten.

Nach einer weiteren Reihe von Versuchen, welche sich mit der Einwirkung verschiedener farbiger Lichter beschäftigte, gieng ich an die Frage, ob bei der directen Lichtreaction der Iris periphere Nervencentren, beziehungsweise die die Sphinctermuskeln versorgenden Nervenfasern betheiligt seien. Curare übte weder auf die Beweglichkeit noch auf die Weite der Pupille einen Einfluss. Dagegen waren die Angaben de Ruyter's, dass Atropin auch am enucleirten Auge pupillenerweiternd wirkt, durchwegs zu bestätigen. Ich stellte nun unter Beobachtung aller Cautelen zahlreiche Vergleichsversuche an, der Art, dass von den beiden ausgeschnittenen Bulbi desselben Thieres der eine der Atropinwirkung ausgesetzt wurde, welche nach der ersten Viertelstunde beginnend innerhalb der nächsten Stunden sich noch wesentlich steigerte, während der andere Bulbus unter vollständig gleichen Beleuchtungsverhältnissen bloß mit physiologischer Kochsalzlösung befeuchtet blieb. Eine vorübergehende intensive Bestrahlung verursachte regelmässig sowohl an der mittelweiten Pupille des unvergifteten, als auch an der stark dilatirten des vergifteten Auges maximale Verengerung bis auf eine winzige, horizontale Spalte, welche nach Schluss der intensiven Bestrahlung (Reizung) sich wieder bis auf ihre vorher innegehabte Weite öffnete.

Die Frosch- und Aalpupille verhalten sich also gegenüber dem Atropin analog der Säugerpupille, und insofern es richtig ist, dass die dilatirende Wirkung desselben bei Säugern auf einer Lähmung von nervösen, den Contractionszustand des Sphincters beeinflussenden Gebilden beruht, liesse sich dasselbe für Frosch und Aal annehmen und aus den eben besprochenen Versuchen schliessen, dass durch Ausschaltung dieses Apparates die directe Erregbarkeit der Iris nicht beeinträchtigt wird; nebenbei erhellt daraus, dass die glatten Muskeln, wenigstens bei niederen Wirbelthieren, vom Atropin nicht gelähmt werden. —

Schliesslich wäre an die sogenannten Pigmentzellen zu denken, welche wie in der Haut der Amphibien und Fische so auch über die ganze Fläche ihrer Iris zerstreut in grosser Menge vorkommen. Die Vermuthung, dass die durch Lichtreiz bedingte Verengerung der Pupille der ausgeschnittenen Iris auf Contractionen solcher Pigmentzellen zurückzuführen sei, hat sehr wenig Wahr-

scheinlichkeit für sich erstens im Hinblick auf die Thatsache, dass nur der Pupillartheil der Iris an der Reaction theilnimmt, was bereits H. Müller angibt, zweitens mit Rücksicht auf den Befund, dass die Bewegung der Iris vor und nach der Enucleation gleich rasch, innerhalb einiger wenigen Secunden abläuft, während bekanntlich die Veränderungen des Contractionszustandes jener Pigmentzellen, wie es das Studium des Farbenwechsels gelehrt hat, sich unvergleichlich langsamer abwickeln; ausserdem stimmen mehrere Autoren, welche sich eingehend mit dem Farbenwechsel beschäftigt haben, darin überein, dass die auffallenden Formänderungen der verästigten Farbzellen nicht von dem Zusammenziehen aller ihrer Fortsätze herrühren, sondern von dem innerhalb des Protoplasma in Folge der Erregung aus der Peripherie zum Centrum hindrängenden Pigmente veranlasst sind.*)

Nachdem durch die mitgetheilten Versuche und obige Ueberlegungen die Zahl der möglichen Ursachen des Phänomens füglich bis auf die eine — die directe Wirkung des Lichtes auf die Sphinctermusculatur — eingeengt war, so schien mir eine genaue histologische

*) Zur Anschauung, dass bei der hier interessirenden Erscheinung die sogenannten Pigmentzellen der Iris im Spiele sind, neigt in neuerer Zeit nach einiger Modification seiner früheren Aussprüche Grünhagen hin, der in seiner Abhandlung „über die Musculatur und die Bruch'sche Membran der Iris“ (Anatom. Anzeiger III, 1888) unter anderem sagt: „Der Pupillartheil der Froschiris enthält 2 Arten von Spindelzellen, die einen liegen im Irisstroma gerade da, wo bei den übrigen Wirbelthieren, sowie beim Menschen, der Sphincter pupillae anzutreffen ist und sind echte, glatte Muskelzellen mit allen Eigenschaften derselben; die andern bedecken in einfacher ringförmiger Lage die vordere Fläche der Pupillazone und sind Pigmentzellen von eigenthümlicher Natur (Chromatophoren). Wahrscheinlich ist es die letztere Zellenart, welche bei Belichtung am ausgeschnittene Froschauge die vielbesprochene, von der Retina und den Augennerven unabhängige Pupillarcontraction verursacht.“

Da ich in dieser vorläufigen Mittheilung auf die Literatur nicht näher eingehe, so will ich hier nur bemerken, dass Grünhagen, wie aus der eben citirten Stelle und aus seinen früheren Abhandlungen hervorgeht, immer den Unterschied scharf betont zwischen echten, glatten — also nicht pigmentirten — spindelförmigen Fasern mit muskulöser Function, welche er als im Sphincter pupillae der Säugethiere und des Frosches mit übereinstimmender Beschaffenheit vorkommend beschreibt — und anderen Zellen von spindeliger Form und oft reichem Pigmentgehalt, wie sie in der sog. hinteren Begrenzungsschichte der Iris zu treffen sind und welcher er mit Recht gegenüber mehreren Autoren den muskulösen Charakter abspricht.

Untersuchung der Iris bei Amphibien und Fischen unerlässlich, um zu erfahren, ob dieselbe Gebilde enthält, welche eine besondere Eignung hätten, durch das Licht erregt zu werden und deren Erregung vermöge ihrer Menge, ihrer Lage und ihrer Natur den gleichen Enderfolg hervorbrächte, wie die reflectorische Innervation des Sphincters.

Die Resultate dieser mikroskopisch - anatomischen Untersuchungen, welche am Aal, Salamander und Frosch durchgeführt wurden, will ich nur in wenigen Worten erörtern, da eine eingehende Beschreibung der Präparate erst an der Hand von Abbildungen zweckdienlich wird. Ich habe Uebersichtspräparate angefertigt, welche alle Schichten der Iris mit Ausnahme der hintersten, der Pigmentepithelschicht aufweisen, dann Isolationspräparate aus dem Pupillarrand, ferner Flächenschnitte durch denselben und endlich Serien, welche in tangentialer Richtung zum Pupillarrand und in meridionaler Richtung durch die ganze Dicke der Iris geführt sind.

Als Hauptergebnis ist hervorzuheben, dass bei den Amphibien und Fischen der Sphincter pupillae pigmentirt ist, d. h. ausschliesslich aus concentrisch geschichteten, pigmentirten, glatten Muskelfasern besteht.

Die Pigmentkörnchen sind nicht etwa aufgelagert oder die Fasern gleichsam einscheidend im intramusculären Bindegewebe vertheilt, sondern sie liegen in den Zellen selbst und erscheinen an vielen Stellen entsprechend der fibrillären Structur der glatten Muskelemente in Reihen, in punctirten Linien angeordnet, welche mit hellen Streifen, mit den Fibrillen abwechseln.

Der Lage nach findet sich der pigmentirte Sphincter unmittelbar unter der Pigmentepithelschichte an der hinteren Irisfläche; nach vorne zu folgt eine Schichte reich an Blutgefässen und Bindegewebe, dann kommt die Schichte, in welcher die verästigten Pigmentzellen angehäuft sind; endlich bildet ein zartes Epithel die Begrenzung des Organs gegen die vordere Augenkammer. Eine Schichte mit nicht pigmentirten, glatten Fasern existirt hier nicht; hingegen ist allerdings bemerkbar, dass die Intensität der Pigmentirung vom Centrum gegen die Peripherie hin abnimmt. Hart am Pupillarrande gehen beim Frosch die verästigten Pigmentzellen der Vorderfläche in einen Ring von besonders dunkel pigmentirten Zellen über, deren plumpe Körper sich mehr der Spindelform nähern. Ueberall im Gewebe begegnet man den wohl aus Krystallen zusammen-

gesetzten, stark reflectirenden und wie ich gesehen habe, auch stark polarisirenden Massen.

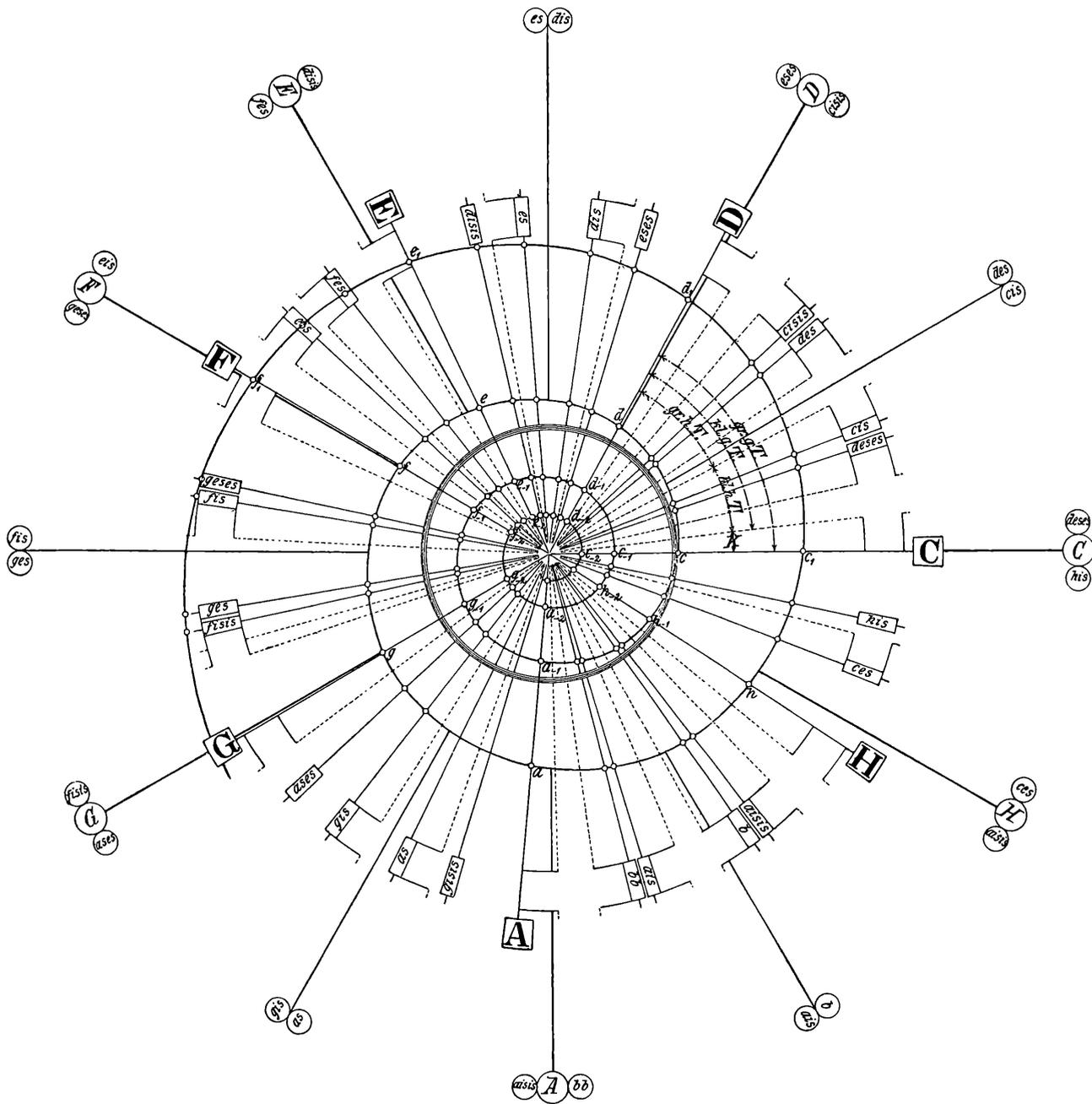
Der Dicke nach besteht der Sphincter aus zwei, stellenweise aus drei Lagen von pigmentirten Muskelfasern. — In Bezug auf Gestalt und Grösse des Zellenleibes und Zellkernes stimmen dieselben mit den glatten Elementen der anderen Organe überein. Der längliche, grosse Kern ist pigmentfrei.

Sehr auffallend ist der Unterschied im Aussehen des Sphincters und seiner Bestandtheile an Hell- und Dunkelpräparaten, d. h. an Iriden, welche im maximal contrahirten oder dilatirten Zustande fixirt wurden. Im letzteren Falle trifft man die schlanken Zellenleiber mit ihren sehr langen und oft pigmentfreien Ausläufern durch die helle Zwischensubstanz scharf von einander getrennt und scharf contourirt; im ersteren Falle dagegen erscheinen die Zellen verdickt und verkürzt, ohne deutliche Grenzen und theilweise so eng an einander geschlossen, dass sie zu breiten, verschwommenen Pigmentstrassen zusammenfliessen.

Dieser Befund von pigmentirten glatten, den Sphincter pupillae aufbauenden Muskelfasern im Vereine mit den Ergebnissen meiner physiologischen Versuche führt mich zur Annahme, dass die contrahirende Wirkung des Lichtes, insbesondere der stärker brechbaren Strahlen auf die ausgeschnittene Amphibien- und Fischiris auf einer Erregung beruht, welche das Licht auf die pigmentirten glatten Muskelfasern unter Vermittlung ihres Pigmentes geltend macht.

Die ausführliche Publication dieser Arbeit ist für „Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie“ bestimmt.

In einer weiteren Mittheilung werde ich die Irisbewegung bei den Cephalopoden behandeln. Das Spiel der Chromatophoren übt auf dieselbe keinen Einfluss. Die Muskelfasern der Iris sind wie die der höheren Wirbelthiere nicht pigmentirt und reagiren nur reflectorisch auf Licht. Das Centrum für diesen Pupillarreflex habe ich im sogenannten Ganglion opticum gefunden.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Steinach E.

Artikel/Article: [Zur Physiologie und Anatomie des Sphincter pupillae der Amphibien, Fische und einiger Wirbellosen 4-10](#)