

# Untersuchungen über die Pigmentwanderung in der Netzhaut des Frosches.

Von

Dr. A. Eugen Fick,  
Privatdocenten der Augenheilkunde in Zürich.

Hierzu Taf. I—III, Fig. 1—4.

---

Durch die bekannte Entdeckung van Genderen Stort's<sup>1)</sup>, dass die Innenglieder der Zapfen in dunkel gehaltenen Netzhäuten lang gestreckt sind und auf Lichteinwirkung sich wieder zusammenziehen, ist Engelmann<sup>2)</sup> veranlasst worden, die Veränderungen der Zapfen und des Pigmentes bei Fröschen durch Versuche weiter zu verfolgen.

Auf Grund seiner Versuche stellte Engelmann unter anderen den Lehrsatz auf, dass Belichtung eines Auges nicht nur in diesem selbst Innenstellung des Pigmentes und der Zapfen erzeugt, sondern auch, durch Vermittelung der Sehnerven und des Gehirnes, die gleiche Innenstellung in dem anderen, dunkel gehaltenen Auge. Dieser Satz ist ebensogut für den Physiologen wie für den Augenarzt von der grössten Bedeutung. Für den ersteren bringt er die Folgerung, dass in den Sehnerven auch centrifugale, Bewegungsnervenfasern vorhanden sind, was mit einer der vermeintlich sichersten Thatsachen der Nervenphysiologie

---

<sup>1)</sup> Archiv für Ophthalm. XXXIII, 3.

<sup>2)</sup> Pflüger's Archiv XXXV, S. 498.

in handgreiflichem Widerspruche steht. Den Augenarzt muss jener Lehrsatz als neues Beispiel vom sympathischen Zusammenhange zwischen den beiden Augen beschäftigen. Dieser Zusammenhang ist ja zweifellos vorhanden. Selbst wenn man bezüglich der sympathischen Ophthalmie ein Anhänger der Lehre Mackenzie's, Leber's und Deutschmann's sein sollte, bleiben immer noch zahlreiche Fälle von sympathischer Reizung übrig, bei denen an eine längs der Schnerven fortgeleitete Entzündung bezw. Bakterienwanderung nicht wohl gedacht werden kann. So ist es mir z. B. wiederholt vorgekommen, dass bei Fremdkörper in der Hornhaut des einen Auges über Schmerzen in diesem, dem verletzten Auge geklagt wurde, wenn ich das andere, gesunde, grell beleuchtete. Wenn Iritis nicht vorhanden ist — und in den Fällen, die ich im Auge habe, war von Iritis oder Irishyperämie durchaus nichts zu sehen, — dann haben wir es mit einem sympathischen Zusammenhange der beiden Augen zu thun, der noch sehr der Erklärung bedürftig ist. Ich darf daher annehmen, dass eine Nachprüfung jenes Engelmann'schen Satzes allseitig willkommen sein wird.

Diese Prüfung habe ich angestellt und will über das Ergebniss derselben in den folgenden Blättern berichten, jedoch nur so weit, als es sich um Beobachtungen am Pigmente der Netzhaut handelt. Meine Beobachtungen über die Zapfen sind nämlich noch nicht abgeschlossen, weil die letzteren zwischen dem Pigment oft schwer oder gar nicht zu sehen waren. Man wird die Netzhäute wohl in besonderer Weise behandeln müssen, um das Verhalten der Zapfen gut beobachten zu können. Da derartige Untersuchungen überaus viel Zeit in Anspruch nehmen, und meine praktische Thätigkeit mir nicht mehr erlaubt, beliebig viel Zeit auf wissenschaftliche Untersuchungen zu verwenden, so habe ich mich entschlossen, das bis jetzt gefundene der Oeffentlichkeit zu übergeben. Bringt es auch bei weitem nicht

die Antwort auf alle Fragen, die ich mir gestellt, so wird die kleine Abhandlung, besonders der als „Fehlerquellen“ überschriebene Abschnitt, doch nicht ganz ohne Nutzen für diejenigen sein, welche sich mit der Untersuchung der Netzhautveränderungen beschäftigen.

## I.

### Der Engelmann'sche Satz von der sympathischen Verknüpfung der beiden Netzhäute.

Bindet man einen Dunkelfrosch auf ein Brettchen, legt auf das rechte Auge ein nasses Sammtläppchen und bringt ihn darauf für 20 Minuten ins Helle, so wird man bei der nachfolgenden mikroskopischen Untersuchung das Pigment des linken Auges in Innenstellung finden, das des rechten Auges aber gleichfalls! Wie Engelmann diesen Befund deutet, ist bereits im Vorstehenden erwähnt. Wenn seine Deutung richtig ist, so muss unter sonst gleichen Versuchsbedingungen die Innenstellung rechts ausbleiben, falls einer der Sehnerven vorher durchschnitten wurde.

Die Durchschneidung des Sehnerven kann beim Frosche sehr bequem und ohne grosse Nebenverletzung von der Mundhöhle aus vorgenommen werden. Mit einem Längsschnitte spaltet man die Schleimhaut des Gaumens; darauf zieht man mittelst eines scharfen Häkchens den unteren geraden Augenmuskel nach aussen und rückwärts und sieht sofort den Sehnerven als weissen kurzen und dicken Faden vor sich, den man nun mit einem Starmesser hart an der Austrittsstelle aus der Schädelhöhle abstechen kann. Nach dem Eingriffe ist die Empfindlichkeit der Hornhaut etwas geringer als auf der nicht verletzten Seite; auch ist zuweilen die Pupille des operirten Auges etwas verengert; doch verliert sich die Verengerung stets ziemlich bald, die verminderte Empfindlichkeit der Hornhaut dagegen nicht.

Unterwirft man einen rechts in dieser Weise neurotomirten Frosch dem eben erwähnten Versuche, so zeigt sich, dass trotz der Durchschneidung das mit Sammtläppchen bedeckte rechte Auge etwa die gleiche Innenstellung des Pigmentes aufweist, wie das belichtete linke. Wenn dieser Versuch einwandfrei ist, so wäre damit eigentlich schon der Engemann'sche Satz widerlegt. Man könnte wohl nur einen Einwand machen, nämlich den, dass die Durchschneidung des rechten Sehnerven selber es gewesen sei, welche die Innenstellung des Pigmentes im rechten Auge herbeigeführt habe. Dieser Einwand ist aber nicht stichhaltig, da Hamburger<sup>1)</sup> durch eine besondere Untersuchung gezeigt hat, dass neurotomirte Froschaugen auf Licht und Dunkel ebenso antworten wie unversehrte. Ich kann diese Angabe Hamburger's bestätigen<sup>2)</sup>. Uebrigens wird jener Einwand unmöglich, wenn man den linken Sehnerv durchschneidet und im Uebrigen den Versuch in gleicher Weise anstellt: auch jetzt findet man in dem rechten, mit Sammt bedeckt gewesenen Auge Innenstellung des Pigmentes.

Da ich zunächst an der Richtigkeit der von Engemann behaupteten Thatsache noch nicht zweifelte, so legte ich mir die Frage vor, ob die sympathische Verknüpfung der beiden Netzhäute nicht vielleicht auf anderen Bahnen liege. So könnte man an Sympathicusfäden denken, vorausgesetzt, dass das Froschauge etwas derartiges besitzt. Ich muss bekennen, dass ich mich in Ecker's Anatomie des Frosches über diesen Punkt nicht recht aufzuklären vermochte. Sollten Sympathicusfäden vorhanden sein, so wird man sie wohl längs der Augengefäße suchen müssen. Wir werden uns also zunächst über die Gefäße des Froschauges einigermaßen unterrichten müssen.

<sup>1)</sup> Feestbündel von F. C. Donders, Amsterdam 1888.

<sup>2)</sup> Dieselbe hat auch durch die Untersuchung Arcoleo's (Annali di Ottalmologia XIX, 3 u. 4) eine Bestätigung gefunden.

Hans Virchow<sup>1)</sup> hat über dieselben eine besondere Abhandlung geschrieben. Wenn ich dieselbe richtig verstanden habe, so bezieht das Auge all sein Blut aus der Arteria carotis interna, einem ansehnlichen Gefässe, das man nach Entfernung der Gaumenschleimhaut den Querarm des Os sphenoidum kreuzen und zwischen den Augenmuskeln verschwinden sieht. Eine Unterbindung oder Durchschneidung dieser Ader hebt den Blutkreislauf des betreffenden Auges nur für kurze Zeit auf. Mit dem Augenspiegel in der Hand kann man sehen, wie zuerst langsam, allmählich schneller die Blutsäule der Glaskörpervenen wieder in Bewegung kommt und nach einer halben Stunde von der des gesunden Auges kaum zu unterscheiden ist. Ja die Wiederherstellung erfolgt sogar, wenn die beiden inneren Carotiden unterbunden oder durchschnitten sind. Will man den Blutumlauf endgültig aufheben, so muss man die Arteria ophthalmica unterbinden oder durchschneiden. Man findet dies Gefäss nach Loslösung des unteren geraden Augenmuskels etwa in gleicher Tiefe wie den Sehnerven; aber das Gefäss hat eine etwas andere Richtung als der Nerv. Während der letztere auf der Medianebene des Körpers fast senkrecht steht, also ziemlich gerade von innen nach aussen auf den Augapfel zugeht, hat die Schlagader eine Richtung von hinten-innen nach vorne-aussen. Mit der Lupe erkennt man helle Streifen zu beiden Seiten des Gefässes, die höchst wahrscheinlich Nerven sind oder enthalten. Wenigstens findet man beim Zerzupfen eines Stückchens der Ader regelmässig markhaltige Nervenfasern. Das gleiche ist bezüglich der Arteria carotis interna der Fall; nur sind es hier der Nervenfäden viel weniger. Durchschneidung oder Unterbindung der Augenschlagader bewirkt, ausser der Unterbrechung des Blutkreislaufes, eine sehr beträchtliche Verengerung der Pupille und Herabsetzung der Empfindlichkeit der Hornhaut, beides Erschei-

<sup>1)</sup> Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie XXXV, S. 247.

nungen, die sich, in den nächsten Tagen wenigstens, nicht wieder zurückbilden. Uebrigens tritt die Verengerung der Pupille schon auf, wenn die Schlagader auch nur blossgelegt ist.

Bringt man einen Frosch nach Durchschneidung oder Unterbindung seiner Augenschlagader ins Dunkle, so geht das Pigment des verletzten Auges ganz ebenso in die Ausenstellung über, wie das des gesunden Auges. Wartet man aber bis zum nächsten oder besser noch bis zum übernächsten Tage, so findet man in dem operirten und zwar nur in dem operirten Auge das Pigment in ausgesprochener Innenstellung; ausserdem die ganze Netzhaut matsch, die Aderhaut fest mit ihr verklebt und die Hohlräume der Aderhaut strotzend mit Blutkörperchen gefüllt<sup>1)</sup>. Ob diese Veränderungen eine Folge der fehlenden Durchblutung des Auges sind, oder aber eine Folge der Mitdurchschneidung jener Nervenfädchen, habe ich nicht weiter untersucht.

Da die Wirkung der Durchschneidung auf das Pigment erst spät eintritt, so ist genügend Zeit vorhanden, um den Engelmann'schen Versuch an Fröschen anzustellen, deren Augenschlagader durchschnitten wurde. Falls die beiden Augen durch die Blutgefässe bzw. die sie begleitenden Nerven sympathisch verknüpft sind, so muss nach Durchschneidung einer Augenschlagader bei Belichtung des einen Auges das andere in Dunkelstellung verharren. Das ist indessen nicht der Fall. Ich habe Frösche, die auf der einen Seite so operirt waren, 15 Minuten lang rechts mit Hülfe einer electricischen Lampe belichtet, und links mit

---

<sup>1)</sup> Diese meine Schilderung deckt sich ziemlich genau mit dem, was Arcoleo (a. a. O. Seite 11 des Sonderabdruckes) nach Durchschneidung der „Ciliarnerven“ gesehen. Ich bekenne, dass ich nicht weiss, wo und wie beim Frosche „Ciliarnerven“ gefunden werden können. Vielleicht meint Arcoleo die Nerven, welche längs der Augengefässe verlaufen?

Hülfe eines Sammtläppchens verdunkelt. Das Ergebniss war aber ganz wie sonst: Innenstellung des Pigmentes in beiden Augen!

Aus dem Mitgetheilten ziehe ich den Schluss, dass weder auf dem Wege der Sehnerven noch auf dem der Gefässe, bezw. der mit den Adern verlaufenden Nerven die Innenstellung des belichteten Auges sich dem anderen, dunkel gehaltenen mittheilt.

Aber, wird Engelmann gegen diesen meinen Schluss einwenden, wie kommt es denn, dass die Innenstellung beim nicht belichteten Auge ausbleibt, wenn man den Frosch enthirnt und somit jede nervöse Verknüpfung der beiden Augen vernichtet? Und wie erklärt sich denn überhaupt die Thatsache, dass das dunkel gehaltene Auge ganz regelmässig dieselbe Innenstellung wie das belichtete aufweist?

Auf die erste Frage antworte ich, dass bei meinen Versuchen die Innenstellung im dunkel gehaltenen Auge bei enthirnten Fröschen keineswegs ausgeblieben ist. Ich habe den Versuch wiederholt angestellt, jedesmal mit dem Erfolge, dass trotz der Enthirnung im belichteten und im dunkel gehaltenen Auge etwa die gleiche Innenstellung gefunden wurde. Ja sogar ganz und gar herausgeschnittene Augen zeigen zuweilen Innenstellung, wenn man sie 15 oder 20 Minuten unter einem Sammetläppchen ins Helle bringt.

Ich muss also, wenigstens bei dieser Gelegenheit, auch bezüglich des Thatbestandes den Angaben Engelmann's widersprechen. In dem zweiten Abschnitte dieser Abhandlung werde ich einige Umstände erörtern, durch die Engelmann recht wohl zu seiner, wie ich glaube, irrthümlichen Ansicht verleitet sein kann.

Hier will ich nur noch die zweite Frage zu beantworten suchen, die Frage, worauf es denn eigentlich beruht, dass auch das dunkel gehaltene Auge ungefähr dieselbe Innenstellung des Pigmentes zeigt, wie das belichtete.

Wenn man zwei Dunkelfrösche für kurze Zeit, sagen wir für eine Minute von einer Natronflamme bescheinen lässt, und nun den einen sofort tödtet und seine Augen fixirt, den andern dagegen für 15 oder 20 Minuten ins Dunkele zurückbringt und hierauf dunkel tödtet und fixirt, so findet man beim ersteren bekanntermaassen trotz der Belichtung unveränderte Dunkelstellung, beim zweiten jedoch ausgesprochene Innenstellung des Pigmentes. Es ist also ein Irrthum, wenn Kühne, van Genderen Stort und Andere meinten, ein bischen Natronlicht sei nahezu unwirksam. Nur wirkt es nicht augenblicklich, es braucht vielmehr eine verhältnissmässig lange Zeit, wird aber in seiner Wirksamkeit durch den Umstand, dass das Auge wieder ins Dunkele zurückversetzt wurde, keineswegs beeinträchtigt.

Dieser Versuch gelingt übrigens nicht bloss mit Natron- oder schwachem Lichte. Im Gegentheile, eine grelle Beleuchtung zeigt noch deutlicher, dass die Innenstellung des Pigmentes nur langsam entsteht und einmal angeregt, auch im Dunkelen sich entwickelt. Grelles, durch eine Sammellinse verdichtetes Gaslicht, electricisches Glühlicht, helles zerstreutes Tageslicht haben bei meinen Versuchen wiederholt in zwei, ja in vier Minuten eine gleichmässige Innenstellung nicht hervorgebracht. Wenn man dagegen die so belichteten Frösche für 20 Minuten ins Dunkele zurückbringt und nunmehr tödtet und fixirt, so findet man eine Innenstellung des Pigmentes, die nichts zu wünschen übrig lässt. Uebrigens will ich ausdrücklich bemerken, dass ich zuweilen auch durch Belichtung von nur einer Minute Dauer eine sofortige nachweisbare Wirkung erzielt habe; nur war diese Wirkung eben nicht gleichmässige und vollständige Innenstellung.

Ich glaube, wer die eben mitgetheilte Thatsache als richtig anerkennt, wird für die Innenstellung des dunkel gehaltenen Auges bei dem Engelmann'schen Versuche



mit mir folgende Erklärung geben: Bei dem Vorbereiten des Frosches oder auch während des Versuches dringt trotz des nassen Sammetläppchens etwas Licht in das dunkel gehaltene Auge; dieses wenige Licht genügt, um bei hinreichender Zeit die Innenstellung des Pigmentes hervorzurufen.

Wenn diese Erklärung richtig ist, dann muss es möglich sein, durch wirklich vollständige Abhaltung jedes Lichtes von dem einen Auge in diesem die Dunkelstellung fest zu halten, während im anderen Auge die Innenstellung hervorgerufen wird. Ich glaube nun nicht einmal, dass es mir gelungen ist, das eine Auge im physikalischen Sinne wirklich vollkommen dunkel zu halten, während das andere belichtet wurde, aber gleichwohl haben meine Veranstaltungen genügt, die Lichtwirkung, wie beabsichtigt, auf das eine Auge zu beschränken. Dieselben bestanden darin, dass im Dunkelzimmer ein eiserner Kasten aufgestellt wurde, in dessen Innerem eine Gaslampe brannte; das Licht trat durch ein rundes Loch des Kastens aus in eine zwei Meter lange Röhre; vor dem freien Ende der Röhre ist eine Sammellinse aufgestellt, so dass dicht jenseits des Brennpunktes dieser Linse eine grosse Helligkeit, im übrigen Raume aber fast völlige Dunkelheit herrscht. An den Ort des Flammenbildchens brachte ich nun für eine Minute das linke Auge eines Dunkelfrosches; sein Körper war in ein nasses Handtuch eingewickelt; sein Kopf mit einem nassen Sammetläppchen bedeckt, mit einem Loche für das linke Auge. Nach dieser, eine Minute dauernden starken Belichtung wird der Frosch für zwanzig Minuten in das Dunkele zurückversetzt, dann getödtet und fixirt. Das Ergebniss ist, dass die Netzhaut des einen Auges ausgesprochene Innenstellung, die des rechten dagegen die gewohnte unveränderte Dunkelstellung hat.

Ich habe also einerseits auf die aufgeworfene Frage die Antwort gegeben, dass sogar kurzdauerndes schwaches

Licht, ja selbst das vermeintlich fast unwirksame Natronlicht eine sehr deutliche Innenstellung des Pigmentes hervorruft, falls nur genügend lange zugewartet wird. Und andererseits habe ich gezeigt, wie man es anzustellen hat, um die Innenstellung des Pigmentes in einem Auge hervorzurufen, ohne dass sich dieselbe, trotz Unversehrtseins der Nervenbahnen und des Gehirnes, auf das andere Auge überträgt. Ich halte mich hierdurch für berechtigt, den Engelmann'schen Satz von der sympathischen Verknüpfung der beiden Netzhäute, wenigstens soweit er sich auf Beobachtungen am Pigmente stützt, als unrichtig zu bezeichnen.

## II.

### Fehlerquellen.

Wer sich von der Richtigkeit meiner Angaben überzeugen will, wird die Sache weniger leicht finden, als er vielleicht erwartet. Vor allem wird ihm der Umstand Hindernisse bereiten, dass man durchaus nicht bei allen Dunkelfröschen diejenige Aussenstellung des Pigmentes findet, die man nach van Genderen Stort's und Engelmann's Angaben erwarten muss. Vielmehr findet man nur allzuhäufig Bürstenstellung, ja selbst völlige Innenstellung des Pigmentes<sup>1)</sup>.

Worauf dies beruht, vermag ich nicht zu sagen, obgleich ich ungezählte Hekatomben von Fröschen im Laufe der letzten beiden Jahre gerade hierfür geopfert habe. Nur als Vermuthung will ich es hinstellen, dass das gelegentliche Fehlen der Aussenstellung bei Dunkelfröschen auf Stoffwechselvorgängen im Gesamtkörper des Frosches beruhen könnte. Für diese Vermuthung habe ich drei Gründe, ein-

---

<sup>1)</sup> So viel mir bekannt, hat nur einer der bisherigen Untersucher, Hamburger, diese letztere Thatsache bemerkt und (in dem „Feestbundel aan F. C. Donders“ 1888) erwähnt.

mal die von mir<sup>1)</sup> gefundene Thatsache, dass bei behinderter Athmung regelmässig stärkste Innenstellung des Pigmentes eintritt; ferner die Thatsache, dass bei Fröschen, die wochenlang im Dunkeln gehalten werden, die Bürsten-, selbst Innenstellung des Pigmentes geradezu der häufigere Befund ist; endlich drittens die Beobachtung, dass zu Zeiten alle Dunkelfrösche vortreffliche Aussenstellung zeigen, und ein anderes Mal bei einer ganzen Gruppe von gewöhnlichen frischen Dunkelfröschen nur hie und da ein wenig Aussenstellung gefunden wird.

Die Fehlerquelle, welche hierin liegt, lässt sich natürlich vermeiden, wenn man immer eine Anzahl von Fröschen dem gleichem Versuche unterwirft und gleichzeitig nicht versäumt, mehrere unveränderte Dunkelfrösche als Vergleichsthiere mitzuuntersuchen.

Ich halte es nicht für wahrscheinlich, dass die bisherigen Untersucher, mit Ausnahme Hamburger's, diese Vorsichtsmaassregel in genügendem Umfange angewendet haben. Es hätte ihnen ja sonst nicht entgehen können, dass Aussenstellung des Pigmentes keineswegs eine so regelmässige, nie fehlende Eigenschaft des Dunkelfrosches ist, wie etwa das Rothsein der Stäbchenaussenglieder<sup>2)</sup>.

Eine zweite Fehlerquelle ähnlicher Art liegt in der Thatsache, dass die einzelnen Abschnitte der Netzhaut beim Dunkelfrosche die Aussenstellung des Pigmentes in sehr verschiedenem Grade zeigen. Auch auf diese Thatsache habe ich<sup>3)</sup> bereits im Jahre 1889 aufmerksam gemacht, ohne dass dieselbe bis jetzt sonderlich Beachtung gefunden

---

<sup>1)</sup> Vierteljahresschr. d. Naturforsch. Gesellsch. in Zürich 1890.

<sup>2)</sup> Sollte z. B. nicht die von Angelucci (Moleschott's Untersuch. XIV, 1890, S. 258) behauptete Thatsache, dass das Pigment durch Druck, selbst durch Töne und Geräusche in die Innenstellung übergeführt werde, ein Irrthum sein, der sich aus Nichtkenntniss der eben mitgetheilten Thatsache erklärt?

<sup>3)</sup> Bericht der Ophthalm. Gesellsch. in Heidelberg 1889.

hätte<sup>1)</sup>. Und doch ist dies durchaus nothwendig, wenn man nicht fast unvermeidlichen Irrthümern anheimfallen will. Denn man stelle sich nur vor, dass man bei einem Versuche zufällig verschieden gelegene Netzhautläppchen des rechten und des linken Auges mit einander vergleicht, so wird man deutliche Unterschiede zwischen rechtem und linkem Auge zu finden glauben, obwohl in Wirklichkeit vielleicht keiner vorhanden ist; oder aber, man glaubt ungefähr gleiche Verhältnisse zu finden, während in genau entsprechend gelegenen Netzhautstellen ein deutlicher Unterschied herrscht.

Am sichersten wird man diese zweite Fehlerquelle vermeiden, wenn man stets die ganze Netzhaut mikroskopisch untersucht. Wie ich dieser Forderung genügt habe, wird aus der folgenden Beschreibung ersichtlich sein.

Nachdem ein Versuch angestellt ist, werden den dabei verwendeten Fröschen die Oberkiefer mit sammt den Augäpfeln abgeschnitten. Das ganze Stück kommt für 2 $\frac{1}{2}$  bis 3 Stunden in zehnprocentige Salpetersäure, wird hierauf ausgewaschen und in einer schwachen Alkohol-Glycerinlösung für die mikroskopische Untersuchung zu gelegener Zeit aufbewahrt. Die Untersuchung beginnt mit der Eröffnung des Augapfels durch einen Kreisschnitt längs der Grenze von Hornhaut und Lederhaut. Hierauf wird Linse und Glaskörper herausgezogen: man sieht jetzt, dass der

---

<sup>1)</sup> In dem eben erwähnten Buche baut Angelucci auf die verschiedene Pigmentstellung bei verschieden behandelten Fröschen die weitest gehenden Schlüsse, wie es scheint, ohne zu ahnen, dass man die vermeintlich eigenen Lichtstellungen in ein und demselben Dunkelfrosch, nur in verschiedenen Gegenden der Netzhaut finden kann. Auch die von Angelucci beschriebenen, auf Lichtwirkung zurückgeführten Veränderungen an den Stäbchen und an dem Leibe der Pigmentzellen sind einstweilen noch nicht über jeden Zweifel erhaben. Wenigstens findet man in ein und demselben Dunkelfrosch Unterschiede in Dicke und Länge der Stäbchen, die ebenso gross und grösser sind, als die von Angelucci (Tafel I, Fig. 4) abgebildeten.

leere Augapfel inwendig mit einem bald bläulich-weissen, bald gelblich-weissen Häutchen, der Netzhaut ausgekleidet ist. In diesem Häutchen erkennt man die Eintrittsstelle des Sehnerven als feines Pünktchen, ferner einen satter weiss aussehenden wagerechten Streif<sup>1)</sup>, der die Netzhaut hart über dem Sehnerveneintritt in eine kleine obere und eine grössere untere Hälfte theilt. Die untere Hälfte halbirte man nun durch einen meridianalen, auf den Sehnerven zielenden Scheerenschnitt. Hierauf gelingt es leicht, die beiden inneren Augenhäute, also Aderhaut und Netzhaut in einem einzigen Lappen aus der Lederhaut herauszuschälen und mit der Netzhautseite auf einem Objectträger auszubreiten. Mit einer feinen Pincette wird nun die Aderhaut sowohl als auch das Pigmentepithel der Netzhaut abgezogen und man hat dann das Bild vor sich, wie es von der Fig. 1 in fünffach vergrössertem Maassstabe wieder gegeben wird. Man sieht die obere Netzhauthälfte auf dem Bilde hellgrau (in der Wirklichkeit rein gelb), weil der Dunkelfrosch hier stärkste Aussenstellung des Pigmentes besass. Dann kommt ein breiter wagerechter Gürtel von dunklerem Aussehen; hier haben die Pigmentepithelzellen ihre mit Pigment beladenen Fortsätze zwischen den Aussengliedern der Stäbchen stecken lassen; das Pigment war also hier in mehr oder weniger ausgesprochener Bürstenstellung. Rechts sitzt auf dem wagerechten dunklen Streif ein kleiner schwarzer Lappen. Es ist ein Theil des Pigmentepithels, das hier dem Zuge der Pincette nicht gefolgt ist. Nach unten und rechts von dem ersten sitzen zwei weitere Lappen des Pigmentepithels. Auch in der linken Hälfte der Netzhaut ist ein solcher Lappen sitzen geblieben, dessen Schwarz sich von dem hier sehr dunklen wagerechten Streif nur theilweise deutlich abhebt.

In den untersten Theilen der Netzhaut finden wir Stel-

---

<sup>1)</sup> Dies ist wohl, was Kühne die „Schleiste“ des Frosches nennt.

len, die in Farbe und Aussehen bald mehr der oberen Netzhauthälfte, bald mehr dem wagerechten Streifen ähneln; m. a. W. hier ist bald Aussenstellung, bald Bürstenstellung des Pigmentes vorhanden.

Das Mitgetheilte ist der weitaus häufigste Befund beim Dunkelfrosche; nur die Breite und Schwärze des wagerechten Gürtels schwankt innerhalb ziemlich weiter Grenzen, was so viel heisst, als dass bald in grösserem, bald in kleinerem Abschnitte der Netzhaut Bürstenstellung vorhanden ist.

Den gleichen Sachverhalt zeigt uns Fig. 2, die eine Vorstellung giebt von dem Aussehen einer Dunkelnetzhaut, welche ihres Pigmentepithelüberzuges nicht beraubt ist. Nur an den Zipfeln der beiden unteren Lappen und ein klein wenig am oberen Rande der Netzhaut hat sich das Epithel abgeblättert. Man erkennt leicht, dass die obere Netzhauthälfte bedeutend heller ist, als die untere. Legt man durch eine solche Dunkelnetzhaut einen Meridianschnitt, so bekommt man ein Bild, das deutlicher als eine lange Beschreibung zeigt, dass in der oberen Hälfte der Netzhaut weniger Pigment vorhanden und dies wenige in vollkommenerer Aussenstellung ist, als in der Mitte und dem unteren Theile der Netzhaut. Fig. 3 stellt einen solchen senkrecht von oben nach unten laufenden Meridianschnitt vor. Derselbe stammt von einem Dunkelfrosche, der vor der Tödtung eine Zeit lang reinen Sauerstoff geathmet hat und eine so vollständige Aussenstellung des Pigmentes zeigt, wie man sie nur selten zu sehen bekommt. Was oben und was unten ist, lässt sich an dem mitdurchschnittenen Hautstücke, dem oberen Lide des Frosches erkennen. Die schwarze Linie, welche dem Pigmentepithel entspricht, ist im oberen Drittel der Netzhaut haardünn, wird dann dicker und erreicht ihre stärkste Entwicklung etwa in der Mitte der Netzhaut, um dann nach unten hin wieder ein wenig schwächer zu werden.

Die geringere Menge des Pigmentes in den oberen Theilen der Netzhaut und die geringere Neigung desselben zur Innenstellung lässt sich sogar bei belichteten Fröschen nachweisen. Bezüglich des letzteren Punktes beschränke ich mich auf die Mittheilung, dass ich wiederholt Frösche unter Lampenmilchgläsern, also sicherlich in allen Theilen der Netzhaut gleich stark belichtet habe, und gleichwohl fand ich im oberen Abschnitte Aussenstellung oder kaum beginnende Bürstenstellung, während im mittleren, vielleicht auch im unteren Theile der Netzhaut bereits volle Innenstellung des Pigmentes vorhanden war. Das erstere, die geringere Menge des Pigmentes in der oberen Netzhaut, lässt sich deutlich in der Fig. 4 erkennen, die einen meridianalen Durchschnitt durch eine Lichtnetzhaut wiedergibt. Man sieht hier statt der schwarzen Linie in Fig. 3 einen breiten schwarzen Saum; es ist die Stäbchen- und Zapfenschicht, schwarz gefärbt durch das in Innenstellung befindliche Pigment. Bei genauem Zusehen bemerkt man, dass der schwarze Streif gerade vor dem Sehnerven am dunkelsten ist und nach oben zu merklich heller wird.

Bekanntlich haben Engelmann und van Genderen Stort die „Dunkelstellung“ des Pigmentes beim Frosche nicht ganz gleich abgebildet. Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man annimmt, dass der Engelmann'schen Abbildung<sup>1)</sup> ein Schnitzelchen aus dem oberen Abschnitte der Netzhaut zur Vorlage gedient hat, während van Genderen Stort<sup>2)</sup> ein Schnitzelchen aus dem mittleren Theile der Netzhaut abbildet. Nach meinen Erfahrungen entspricht weder die eine noch die andere Abbildung der „Dunkelstellung“ schlechtweg, da die letztere in verschiedenen Abschnitten der Netzhaut eben eine sehr verschiedene ist. Der Leser wird daher meine obigen Ausführungen nicht für widerlegt halten, wenn ihm bei der Nach-

<sup>1)</sup> Pflüger's Archiv XXXV, Taf. II, Fig. 1.

<sup>2)</sup> Archiv für Ophthalm. XXXIII, 3, Taf. VII, Fig. A.

untersuchung ein Schnitzel der Netzhaut mit Bürstenstellung begegnet, wo nach meinen Angaben „Dunkelstellung“ zu erwarten ist.

Eine Meinungsverschiedenheit wird übrigens kaum entstehen, falls die Nachuntersucher, wie ich das thue, die ganze Netzhaut der mikroskopischen Untersuchung unterwerfen. Zu dem Ende trenne ich durch einen Schnitt mit dem Rasirmesser die obere hellere von der unteren dunkleren Netzhauthälfte und zerhacke jede für sich, wenn auch auf ein und demselben Objectträger. So bekomme ich unter jedem der beiden Deckgläser eine Anzahl von Schnitzeln, die unter sich ziemlich gleiche Verhältnisse zeigen, während die Schnitzel des einen Deckgläschens von denen des anderen vielleicht sehr erheblich abweichen.

Einige der vorstehenden Thatsachen sind bereits von Kühne<sup>1)</sup> bemerkt, aber freilich ganz anders gedeutet worden. So sagt er z. B. bei Beschreibung des Pigmentepithels im Dunkelfrosch: „denn man sieht wenigstens die centralen Theile der Netzhaut und auch wohl eine mehr peripherische, halbmondförmige<sup>2)</sup> Stelle, trotz des tief sammetschwarzen Aussehens bei schräger Stellung zum eigenen Auge, recht so beschaffen wie eine gläserne, durch schwarzen Flor geschlagene Bürste, wenn man senkrecht darauf blickt.“ Und bezüglich der im Hellen gehaltenen Frösche sagt Kühne S. 438: „Wenn Frösche bei mittlerer Temperatur auf dem Boden eines Topfes, im gedämpften Lichte geschlossener Räume einigermassen ruhig sitzen, ist ihre Retina oft nur zu etwa  $\frac{3}{4}$  epithelfrei und im übrigen Quadranten von dunklem Epithelsammet bedeckt zu erhalten, einer unteren Gegend des Auges entsprechend, mit welcher der Frosch gegen die hellen Fenster blickte.“

<sup>1)</sup> Hermann's Handbuch der Physiologie, III. Bd., S. 336.

<sup>2)</sup> In Figur 2 bemerkt man in der oberen Netzhauthälfte einen dunklen Halbkreis: ausserhalb desselben haftet das Epithel zuweilen besonders fest. Ist dies etwa Kühne's „halbmondförmige Stelle“?



Eine Fehlerquelle von geringerer Bedeutung als die persönlichen Ungleichheiten und die Unterschiede der einzelnen Netzhautabschnitte dürfte drittens folgender Umstand sein. Wenn man ein Dunkelauge ausschneidet und es eine halbe bis ganze Stunde im Dunkelen liegen lässt, ehe man fixirt, so findet man mehr oder weniger ausgesprochene Innenstellung. Diese Thatsache hat bereits Kühne bemerkt und Engelmann bestätigt. Ich möchte sie dahin ergänzen, dass 20 Minuten, ja zuweilen selbst 30 Minuten nicht genügend sind, diese Innenstellung in Folge des Absterbens hervorzubringen. Bei 35 Augen, die ich daraufhin untersuchte, fand sich nur sechsmal die Innenstellung unbedingt vorherrschend, bei sieben Augen die gewöhnliche Dunkelstellung, und bei den übrigen 22 eine gemischte Stellung, bei der man im Zweifel sein konnte, ob sie noch zur Dunkelstellung oder schon zur „Innenstellung in Folge von Absterben“ gerechnet werden müsse.

Es ist wichtig, diese Thatsache zu kennen, wenn man Versuche an herausgeschnittenen Augen oder an enthirnten Fröschen vornimmt. Solche Versuche haben mich, dies sei nebenbei bemerkt, belehrt, dass die Augen eines getödteten Frosches auf kurze schwache Belichtung und darauf folgende Verdunkelung von 20 Minuten Dauer ebenso antworten, wie die Augen eines lebenden.

Endlich will ich wenigstens einen Versuch ausführlich mittheilen, um dem Leser eine genaue Vorstellung meines Vorgehens auch ohne eine ausführliche Beschreibung zu verschaffen.

Am 24. Januar 1891 zwölf Frösche des gleichen Behälters in einem Froschtopfe dunkel gestellt. Am 25. Jan. zwischen 10 und 11 Uhr Vormittags werden:

A. Drei Frösche durch Abschneiden des Oberkiefers im Dunkelen getödtet und in 10% Salpetersäure sofort fixirt; sie dienen zum Vergleiche mit den folgenden drei Gruppen.

B. Drei Frösche im Dunkelen getödtet; die Köpfe unter Lampenmilchglas für eine Minute in zerstreutes helles Tages-

licht gebracht; hierauf für 20 Minuten ins Dunkle zurück; dann fixirt.

C. Drei Frösche lebend eine Minute unter Milchglas belichtet, dann im Dunkelen sofort und möglichst schnell getödtet und fixirt.

D. Drei Frösche lebend eine Minute belichtet, dann lebend 20 Minuten ins Dunkle, hierauf getödtet und fixirt.

Ergebniss. Die drei Frösche je einer Gruppe zeigen keineswegs völlig gleiche Verhältnisse; doch sind die Unterschiede gering im Verhältniss zu den Unterschieden zwischen den Gruppen.

A. Die Vergleichsfrösche zeigen die gewöhnliche Dunkelstellung des Pigmentes, also in oberer Netzhauthälfte (vorwiegend stärkste) Aussenstellung, in unterer Hälfte Aussenstellung und Bürste.

B. Die todt belichteten mit 20 Minuten Wartezeit zeigen grössere Unterschiede, durchschnittlich in oberer Netzhauthälfte Aussenstellung, Bürste und Innenstellung; in unterer Netzhaut Bürste und Innenstellung. (Das gesperrt gedruckte bezeichnet die bei den meisten Schnitzeln vorhandene, also vorherrschende Stellung.)

C. Die drei unmittelbar nach Belichtung fixirten Augen zeigen in oberer Netzhaut: Aussenstellung und Bürste; in unterer Bürste bis Innenstellung.

D. Die drei lebend belichteten mit 20 Minuten Wartezeit zeigen bei wenig persönlichen Unterschieden in oberer Netzhaut: Aussenstellung, Bürste und Innenstellung; in unterer Bürste und Innenstellung.

### Schluss.

Ueberblicken wir das vorstehend Geschilderte, so ergibt sich, dass die grundlegende, von Czerny, Boll und Kühne entdeckte Thatsache der Pigmentwanderung (Innenstellung) auf Lichtreiz unzweifelhaft richtig ist, dass dagegen die Aussenstellung keineswegs bei allen Dunkelfröschen gefunden wird und in der ganzen Netzhaut überhaupt nur selten. Die stärkere Ausstattung der mittleren und unteren Netzhauttheile mit Pigment, sowie die stärkere Neigung derselben zur Innenstellung ist beim Licht- und beim Dunkelfrosch

nachzuweisen. Worauf beruhen diese Unterschiede der verschiedenen Netzhautgegenden? Am nächsten liegt wohl die Antwort, die ich aber nur als eine Vermuthung ausspreche, dass wir es in dem mittleren wagerechten Gürtel mit derjenigen Stelle zu thun haben, die beim Sehen des Frosches die Hauptrolle spielt und deshalb reichlicher mit Pigment ausgestattet ist, als die weniger wichtigen oberen Abschnitte. Zu Gunsten dieser Erklärung lässt sich anführen, dass der zur Innenstellung neigende Netzhautstreif ungefähr dem Theile der Aderhaut anliegt, welcher eine Choriocapillaris besitzt, was bekanntlich<sup>1)</sup> durchaus nicht in der ganzen Aderhaut der Fall ist.

Wir haben ferner gefunden, dass die Entwicklung der vollen Innenstellung Zeit braucht, selbst bei greller Beleuchtung wenigstens fünf Minuten und dass diese Innenstellung sich auch im Dunkeln entwickelt, falls nur durch eine kurze Belichtung der Anstoss gegeben ist. Es ist wohl klar, dass unter diesen Umständen von einem unmittelbaren Zusammenhange zwischen Lichtempfindung und Pigmentstellung gar keine Rede sein kann. Ich würde es für überflüssig halten, dies besonders zu erwähnen, wenn nicht Angelucci (a. a. O.) auf die im Froschauge gefundenen Stellungen des Pigmentes und der Zapfen „eine neue Lehre der Licht- und Farbeempfindung“ des Menschen aufgebaut hätte.

Entspricht die Pigmentstellung dem jeweiligen Adaptationszustande? Schirmer<sup>2)</sup> sagt mir nach, dass ich diese Frage bejahe. Ich muss dem widersprechen. In der von Schirmer angeführten Rede habe ich lediglich gesagt, „dass das Pigment (von Anderem abgesehen) dazu dient, bei starkem Lichteinfalle die Zapfen mit einer Licht verschluckenden Hülle zu umgeben, dass also die Pigmentwanderung auf Lichtreiz ungefähr mit der Pupillenveren-

<sup>1)</sup> Hans Virchow, a. a. O. S. 257 u. ff.

<sup>2)</sup> Archiv für Ophthalm. XXXVI, 4, S. 142.

gerung auf Lichtreiz auf eine Stufe zu stellen sei.“ Ferner habe ich in einem anderen, früheren Vortrage geradezu und ausdrücklich gesagt, dass die Stellungen des Pigmentes und der Zapfen nicht einmal mit dem Adaptationszustande, geschweige denn mit dem Sehen in unmittelbare Beziehung gebracht werden können. Angesichts der Thatsache, dass nach kurzer Belichtung die Innenstellung im Dunkelen sich weiter, bezw. überhaupt erst entwickelt, habe ich gewiss keinen Grund, von jener vor 1 $\frac{1}{2}$  Jahren geäusserten Ansicht abzugehen. Natürlich schliesst diese Ansicht nicht aus, dass die Innenstellung des Pigmentes, wie Schirmer behauptet, einer der Umstände sei, die bei der Adaptation in Betracht kommen.

Herrn Professor Dr. Gaule spreche ich meinen aufrichtigsten Dank aus, einerseits für die mir gestattete Benutzung der physiologischen Anstalt, andererseits für die werthvollen Rathschläge, die er mir im Laufe der letzten beiden Jahre in zahlreichen Gesprächen gegeben hat.

---

#### Figurenerklärung der Tafel I—III.

Die Figuren geben Photogramme wieder, die Herr Otto Müller in Zürich (Gerechtigkeitsgasse 22), nach meinen Präparaten hergestellt hat.

Fig. 1 zeigt die fünfmal vergrösserte Netzhaut eines Dunkelfrosches ohne Pigmentepithel.

Fig. 2 Netzhaut eines Dunkelfrosches mit Pigmentepithel.

Fig. 3 Längenkreis-Durchschnitt durch Netzhaut eines Sauerstoff-Dunkelfrosches, 25fache Vergrösserung.

Fig. 4 Längenkreis-Durchschnitt durch Netzhaut eines Lichtfrosches, 25fache Vergrösserung.

---

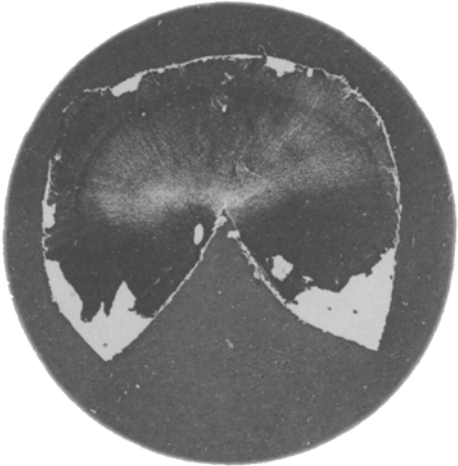


Fig. 2.

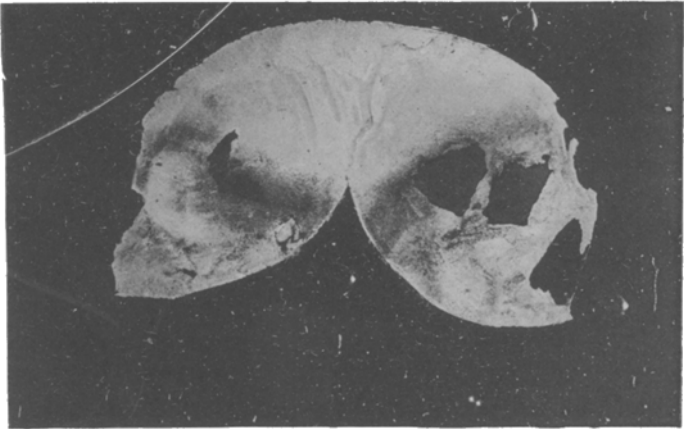


Fig. 1.

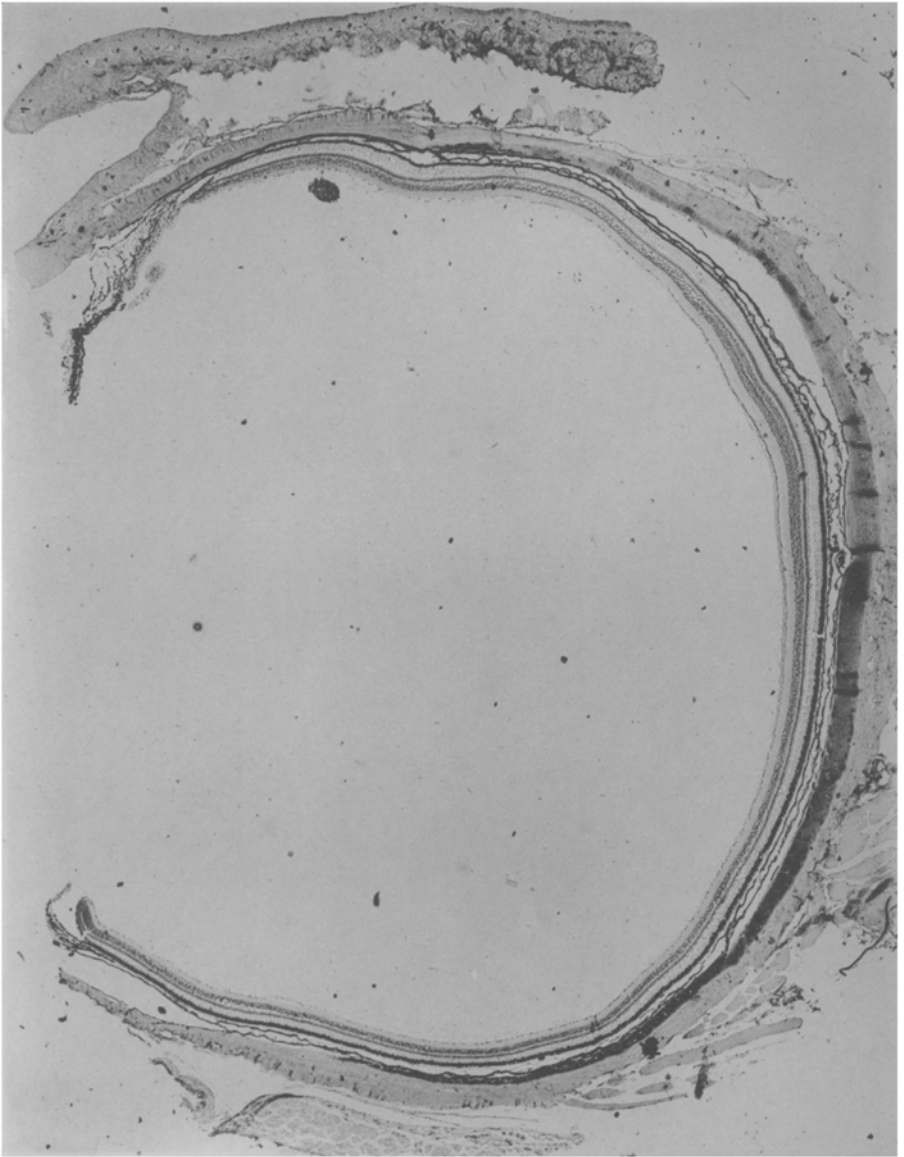


Fig. 3.

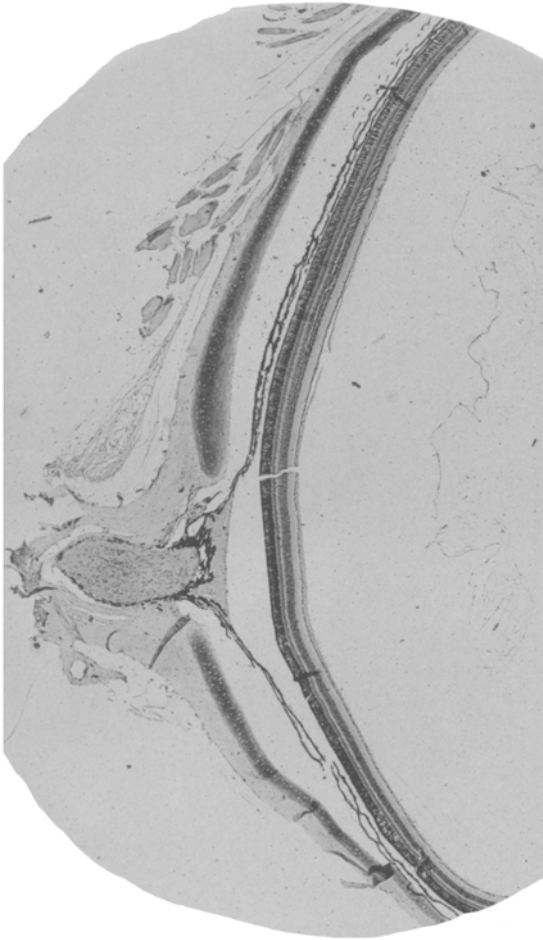


Fig. 4.