

(Aus der physikalischen Abteilung des Physiologischen Instituts
zu Berlin.)

Die ophthalmoskopische Erkennbarkeit des Sehpurpurs.

Von

Dr. GEORG ABELSDORFF
in Berlin.

(Hierzu Tafel I.)

Unter den lichtempfindlichen Organen der Tierwelt zeigen den niedrigsten Grad der Vollkommenheit die kleinen Pigmentflecke (Ocellen), welche bei manchen Medusen gewissermaßen als Vorstufe von Augen vorhanden sind und einen Komplex fadenförmiger Zellen, die von pigmentierten Epithelzellen umgeben sind, darstellen. Zur Deutung und Bezeichnung dieser Gebilde als „Augenfleck“ war wohl die Ansammlung von Pigment wesentlich bestimmend. Denn in der That, wenn man die Reihe der Wirbellosen in ihrer aufwärts schreitenden Entwicklung überblickt, so werden zwar Verteilung und Funktion der Farbstoffe im Auge komplizierter, charakteristisch bleibt aber der Reichtum desselben an Pigmenten.

Dafs auch die höchst entwickelten Sehzellen des Wirbeltierauges durch den Besitz von Farbstoffen ausgezeichnet sind, ist eine Erkenntnis, die sich erst verhältnismäfsig spät Bahn gebrochen hat. In den Innengliedern der Zapfen wurden farbige Ölkugeln bei Reptilien und Vögeln von HANNOVER zuerst beschrieben (1840). Trotzdem im Gegensatze hierzu die Stäbchen fast aller Wirbeltieraugen gefärbt sind, wurde erst mehrere Jahrzehnte später ihre Purpurfarbe von BOLL entdeckt (1876) und als Substrat derselben ein in den Aufsengliedern der Stäbchen enthaltener Farbstoff, der Sehpurpur, von KÜHNE

isoliert. Die stolzen Hoffnungen, die BOLL an seine Entdeckung knüpfte, verwirklichten sich nicht. Es zeigte sich bald, daß weder eine einfache Deutung der Funktion des Sehpurpurs möglich, noch der Sehpurpur mit dem Augenspiegel erkennbar sei. BOLL hatte gemeint, man könnte nun den eingetretenen Tod beim Menschen schon durch einen Blick mit dem Augenspiegel aus dem Fehlen des Augenrots erkennen. So richtig die Thatsache an sich ist, daß mit dem Aufhören der Zirkulation die rote Farbe des Augengrundes erblaßt, so war jener Ausspruch doch in zwiefacher Beziehung irrig: erstens ist die Purpurfarbe der Netzhaut von dem Bestehen der Zirkulation und Atmung unabhängig und widersteht kadaverösen Prozessen, zweitens ist der Sehpurpur beim Menschen gar nicht mit dem Augenspiegel erkennbar. Die wenigen Beobachtungen, in welchen die ophthalmoskopische Diagnose des Sehpurpurs behauptet wurde, waren durch den Wunsch der Wahrnehmung veranlaßt worden und beruhten auf Täuschung.

Trotz der Bedeutung, die sowohl in physiologischer als in pathologischer Beziehung der ophthalmoskopischen Erkennbarkeit des Sehpurpurs zukäme, nahm man bald von weiteren Versuchen in dieser Richtung mit einer gewissen Berechtigung Abstand. Die anfangs herrschende Begeisterung für die Entdeckung hatte überhaupt allmählicher Vergessenheit Platz gemacht. Gerade in demjenigen Sinnesorgane, dessen adäquater Reiz die Lichtstrahlen sind, war ein äußerst lichtempfindlicher Farbstoff gefunden worden; wenn irgendwo, so schien hier die Beziehung zwischen Anwesenheit der Substanz und Funktion des Organs gegeben und eine teleologische Erklärung nahe zu liegen. Das Fehlen des Sehpurpurs in der Fovea, der Nachweis, daß auch des Sehpurpurs beraubte Tiere gut sehen können, ließ die Bedeutung desselben für das Sehen zweifelhaft oder zum mindesten untergeordneter, als zuerst vermutet worden, erscheinen. Der Name des Sehpurpurs verschwindet fast gänzlich aus der Litteratur, erst neuerdings wurde er der unverdienten Vergessenheit entzogen, und seine Funktion durch die Arbeiten von EBBINGHAUS, KÖNIG, v. KRIES und PARINAUD klarzustellen gesucht. Ich selbst wurde hierdurch angeregt, mich mit der bereits scheinbar beantworteten Frage der ophthalmoskopischen Erkennbarkeit des Sehpurpurs noch einmal zu beschäftigen, und habe gezeigt, daß es möglich ist, den

Sehpurpur mit dem Augenspiegel wahrzunehmen und so sein Verhalten während des Lebens unmittelbar zu beobachten.¹ Ich kann jetzt jene kurze Mitteilung in mehrfacher Beziehung vervollständigen und bin durch die Liebenswürdigkeit des Herrn R. GREEFF in Stand gesetzt, das in Betracht kommende Augenspiegelbild durch Zeichnungen zu erläutern. Die Unterstützung Dr. GREEFFS war mir dadurch besonders wertvoll, daß derselbe die Abbildungen nach eigener Anschauung anfertigte und so eine willkommene Bestätigung meiner Beobachtungen lieferte. Dank der gütigen Erlaubnis des Herrn Prof. A. KÖNIG konnte ich alle Versuche in der physikalischen Abteilung des Berliner physiologischen Instituts anstellen.

Die ophthalmoskopische Sichtbarkeit des Sehpurpurs in besonderen Fällen erschließt sich leicht dem Verständnis, wenn man sich zunächst die Hindernisse, welche dieselbe gewöhnlich unmöglich machen, vergegenwärtigt.

Haben die in das menschliche Auge eingetretenen Lichtstrahlen die Stäbchen passiert, so werden sie zum Teil vom Pigment absorbiert, die übrigen Strahlen werden, da das Pigmentepithel beim Menschen von reflektierenden Substanzen wie Fetttropfen oder Myeloidkörnern frei ist, erst von den Gefäßen der Aderhaut und Lederhaut diffus reflektiert, sie haben also beim Austritt aus dem Auge eine zweimalige Absorption durch Blut erfahren. Gewiß waren dieselben Strahlen auch zwei Mal der absorbierenden Wirkung des in den Außengliedern der Stäbchen gelegenen Sehpurpurs ausgesetzt, wie sollte aber die Purpurröte von der Aderhauröte isoliert werden können? Und doch kann durch den Blutgehalt der Aderhaut allein nicht die Unmöglichkeit der ophthalmoskopischen Erkennbarkeit des Sehpurpurs erklärt werden. Man eröffne das blutleere tapetumhaltige Auge eines vorher im Dunkeln gehaltenen Säugetiers, am besten das der Katze oder des Hundes, bei welchem die Interferenzfarben des Tapetum am wenigsten störend sind, und betrachte den Augengrund: der Lage des Tapetum entsprechend sieht man eine umschriebene hauchförmige, rötlich schimmernde Färbung. Wäre die Farbe der

¹ Über die Erkennbarkeit des Sehpurpurs von Abramis Brama mit Hülfe des Augenspiegels. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin.* 18. April 1895.

von der Stäbchenseite aus betrachteten Netzhaut nicht intensiver, so wäre der Sehpurpur wohl noch länger unentdeckt geblieben. Wodurch wird hier die Deutlichkeit der Wahrnehmung beeinträchtigt? Das Auge ist annähernd blutleer, eine Lichtabsorption durch Pigment findet ebenfalls nicht statt, da das vor dem Tapetum gelegene Retinaepithel des Pigments entbehrt. Somit sind die Bedingungen zur Reflektion der Lichtstrahlen, welche die Stäbchen, also auch den Sehpurpur passiert haben, gewiß gegeben; da man letzteren bei Betrachtung des Auges von vorn nur schwach hindurchschimmern sieht, so wird man zu der Vermutung gedrängt, daß die absorbierende Schicht nicht hinreichend dick ist, d. h. die den Sehpurpur enthaltenden Aufsenglieder der Stäbchen nicht lang genug sind.

Für die Richtigkeit dieser Annahme spricht auch folgendes von COCCIUS angestelltes Experiment, in welchem er die Dicke der absorbierenden Schicht dadurch vermehrte, daß er eine Reihe von Stäbchen so übereinanderlagerte, daß die Gesamtheit derselben einen größeren Tiefendurchmesser hatte, als die Länge eines Stäbchenaufsengliedes beträgt.¹ „Wenn man das Auge des Stiers, der vor seinem Tode einige Stunden im Dunkeln gestanden hat, exstirpiert und dann mittelst eines Staarmessers oder Bistouris an einer Stelle, einige Linien weit hinter der Cornea, öffnet, so daß man eine mittelstarke Sonde mit einem Knöpfchen einführen kann, und nun mit einem Planspiegel untersucht, während man die Sonde mit der anderen Hand gegen die Netzhaut führt, so sieht man in dem Moment, wo man die Sonde sanft auf die Netzhaut drückt, eine rote Zone um die Sonde entstehen, die zuweilen gleichförmig ringsum, zuweilen, je nach der Druckrichtung, nur einseitig ist. Schiebt man die Sonde seitwärts und macht eine leichte Falte, so tritt ein rötlicher Streifen auf, dieser kann wieder zum Verschwinden gebracht werden, wenn man die Falte durch die entgegengesetzte Bewegung wieder ausgleicht.“

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß vor allem zwei Bedingungen erfüllt sein müssen, um den Sehpurpur am Lebenden ohne besondere Eingriffe ophthalmoskopisch wahrnehmen zu

¹ E. A. COCCIUS, Über die Diagnose des Sehpurpurs im Leben. *Programm d. Universität Leipzig*. 1877.

können: das Licht muß vom Augenhintergrunde reflektiert werden, bevor es eine Absorption durch das Aderhautblut erfahren hat, ferner darf die Dicke der Purpurschicht selbst nicht unter einen gewissen a priori allerdings nicht genau zu bestimmenden Durchmesser sinken.¹ Um nun den störenden Einfluß der Aderhautröte zu beseitigen, bedarf es gar keiner experimentellen Kunstgriffe, wie sie beispielsweise DIETL und PLENK² anwandten, die behufs ophthalmoskopischer Wahrnehmung des Purpurs mit negativem Erfolge beim Kaninchen nach Verblutung aus der einen Carotis Milch in die andere einspritzten. Die Natur hat nämlich selbst schon bei manchen Thieren eine Einrichtung geschaffen, durch welche die Aderhautröte vollständig verdeckt wird, einen reflektierenden Apparat, zu dessen Verständnis noch einmal eine genauere Betrachtung des Tapetum notwendig ist.

Gewöhnlich werden zwei Arten von Tapetum unterschieden, ein Tapetum fibrosum und ein Tapetum cellulosum. Beide gehören der Aderhaut an und liegen, wenn man sich an die übliche Dreiteilung der letzteren in Suprachorioidea, Grundsubstanz (Chorioidea propria) und Choriocapillaris hält, zwischen Grundsubstanz und Kapillarschicht. Beim Menschen liegt der Choriocapillaris zunächst die sogenannte Grenzschicht der Grundsubstanz, ein feines elastisches Fasernetz, das durch eine Endothelmembran von der Choriocapillaris getrennt ist. An die Stelle dieses Netzwerkes treten die Bindegewebsfibrillen des Tapetum fibrosum, und unmittelbar nach außen (skleralwärts) von der Endothelmembran liegen ebenfalls die modifizierten Endothelzellen (SATTLEB) des Tapetum cellulosum.

Das Tapetum ist also, um das für uns hier Wichtige noch einmal hervorzuheben, nicht etwa nur durch das Retinaepithel,

¹ Theoretisch ist noch eine zweite Möglichkeit der ophthalmoskopischen Diagnose des Sehpurpurs gegeben, die sich jedoch praktisch nicht ausführbar erwies. Nach Beobachtungen KÜHNE's (*Untersuch. a. d. physiolog. Instit. d. Univers. Heidelberg* I, 2. S. 180. 1877) fluoresziert die purpurhaltige Netzhaut weißlich blau, die gebleichte weißlich grün. O. BECKER versuchte daher bei einem Manne, dem die Linse extrahiert war, an dem aphakischen, von der Fluoreszenz der Linse befreiten Auge die Fluoreszenz der Netzhaut mit dem Augenspiegel zu erkennen. „Das Licht erwies sich jedoch zu diesem Zwecke als zu schwach, und es wurde nichts erreicht.“

² *Centralbl. f. d. medic. Wissensch.* 1877.

sondern auch durch eine Blutschicht von den Stäbchen und Zapfen getrennt.

Schreibt man dem Tapetum die Funktion zu, die Sehzellen durch Reflektion der Lichtstrahlen dem zweimaligen Reize derselben auszusetzen und so eine Verstärkung des Sinneseindrucks herbeizuführen, so hat man die Berechtigung, jenem chorioidealen Tapetum ein retinales gegenüberzustellen. Es ist das Verdienst KÜHNES, diesen Unterschied zuerst hervorgehoben zu haben. Er hat das retinale Tapetum, das bei manchen Fischen vorkommt, speziell von *Abramis Brama*, genau beschrieben und auch durch Abbildungen veranschaulicht.¹ Die beiden oberen Dritteile des Augengrundes sind bei diesem Fische von weißlicher, das untere Drittel dagegen von tiefbrauner Farbe. Die weißliche Farbe ist dadurch bedingt, daß die Epithelzellen der Retina in Kuppe, Basis und Fortsätzen Guanin enthalten. Ist der Fisch vor Licht geschützt worden, so findet sich Pigment nur in den Kuppen und einer Zone unter den Huträndern, „von welchen auch einige pinselförmige braune Fortsätze in die Basis hineinreichen.“ Nach Belichtung wandert das Fuscin aus den Kuppen in die Basen und Fortsätze hinein, zwischen den in großer Menge angesammelten ruhenden Guaninkörnchen sich frei hindurchbewegend. Hier ist also, im besonderen nach dem Zurückweichen des Pigments im Dunkeln, die denkbar beste Einrichtung geschaffen, um den Sehpurpur von vorn erkennen zu können. Da die Stäbchen in die Basen der Epithelzellen hineinragen, so liegt dicht hinter den Aufsengliedern der Stäbchen eine reflektierende, undurchsichtige, die Aderhautröte gänzlich verhüllende Decke, welche durch ihren Guaningehalt von gleichmäßig kreidigem Aussehen nichts von den irisierenden Interferenzphänomenen chorioidealer Tapeta zeigt.

KÜHNE betont schon, daß man am eröffneten Auge des im Dunkeln gehaltenen Fisches, soweit das Tapetum reicht, Gelegenheit hat, den Sehpurpur in seiner ganzen Farbenintensität in situ zu erblicken. Hier ist in der That jene erste Bedingung zur ophthalmoskopischen Diagnose des Sehpurpurs verwirklicht, ein großer Teil der durch die Pupille eingefallenen Lichtstrahlen erfährt eine Absorption durch den Sehpurpur, verläßt die Aufsenglieder der Stäbchen, um sogleich vom reti-

¹ KÜHNE u. SEWALL a. a. O. III, 221—277. 1880.

nen Tapetum reflektiert zu werden, passiert hierauf zum zweiten Male die Purpurschicht, tritt durch die Pupille wieder aus und gelangt in das Auge des Beobachters, nachdem es zweimal ausschließlich der absorbierenden Wirkung des Sehpurpurs ausgesetzt gewesen.

Glücklicherweise besitzen nun von allen Wirbeltieren die Fische die längsten Stäbchen, so daß also auch in dieser Hinsicht die Möglichkeit der ophthalmoskopischen Wahrnehmung des Sehpurpurs gegeben ist.

Hier erreicht man auch wirklich das ersehnte Ziel, das Verhalten des Sehpurpurs während des Lebens mit dem Augenspiegel studieren zu können. Ich habe zu meinen Spiegelversuchen *Abramis Brama* (Bley) und *Acerina cernua* (Kaulbarsch), den KÜHNE ebenfalls erwähnt, benutzt, ein sehr schönes Retinaltapetum fand ich ferner bei *Lucioperca sandra* (Zander), bei welchem es den ganzen Augengrund erfüllt.¹

Die Begrenzung des Tapetum beim Bley und Kaulbarsch auf die oberen Teile des Auges kann man für mindestens ebenso zweckmäßig halten, wie die Lokalisation des Tapetum bei vielen Säugetieren auf jene oberhalb des Sehnerveneintritts sich nach außen hinziehende Zone, welcher die Fähigkeit des schärfsten Sehens zugeschrieben wird. Da gewöhnlich nur die aus der Tiefe des Wassers reflektierten Lichtstrahlen die oberen Teile des Fischauges erreichen, erscheint gerade hier eine Verstärkung des Sinneseindrucks wünschenswert.

Wie bei jeder Beschreibung des Augengrundes, so ist ganz besonders bei diesen Fischen zu berücksichtigen, ob das Auge vor Licht geschützt war, ob es während des Lebens

¹ Die Augen dieser Fische bieten eine günstige Gelegenheit, sich von dem großen Vorzuge des jetzt vielfach zu Konservierungszwecken empfohlenen Formalin, die Gewebe durchsichtig zu erhalten, zu überzeugen. Man kann das eröffnete, vor Licht geschützte Auge in 4–10% Formalinlösung aufbewahren und den Sehpurpur ebenso gut wie am frischen Auge von vorn erkennen. Die Farbe des Sehpurpurs wird nicht angegriffen, seine Lichtempfindlichkeit erscheint dagegen herabgesetzt. Härtet man das eröffnete Auge eines Bleys oder Zanders in Alaun, so ist der Sehpurpur, trotzdem seine Farbe erhalten bleibt, von vorn nicht wahrnehmbar, da der Alaunlösung die den meisten Härtungsmitteln gemeinsame Eigenschaft zukommt, die Netzhautschichten so zu trüben, daß man durch dieselben bis zu der Stäbchen-Zapfenlage nicht hindurchblicken kann.

oder erst nach dem Tode der Wirkung des Lichtes ausgesetzt wurde. Ich hebe dieses deshalb noch ein Mal hervor, weil J. DEYL¹ kürzlich in einer vergleichend anatomischen Arbeit über den Sehnerven bei der Deutung einiger ophthalmoskopischer Befunde von Fischen jene Vorsichtsmafsregeln nicht berücksichtigt hat. Er bemerkte beim Ophthalmoskopieren des Kaulbarschs, Zanders und Bleys ein feuriges oder rosenrotes glänzendes Leuchten besonders der oberen Teile des Augengrundes, das nach seiner Ansicht durch eine gelbliche, gelblichrote, häufig auch rötliche Färbung (Kaulbarsch) der Netzhaut hervorgerufen wird. Wenn auch die Beobachtung des roten Augenleuchtens gewifs zutreffend ist, so ist doch die hierfür gegebene Erklärung nur in sehr bedingter Weise richtig. Die Färbungen, die DEYL hier als der Netzhaut dieser Fische eigentümlich beschreibt, sind in Wirklichkeit durch die Anwesenheit nicht vollständig geblichenen Sehpurpurs bedingt. Die Netzhaut eines im Dunkeln gehaltenen Fisches sieht violett aus; wird dieselbe hinreichend lange dem Lichte ausgesetzt, so wird sie weifslich gelb. Bei unvollständiger Bleichung, wenn die Wirkung des Lichtes nicht intensiv genug war, treten jene rötlich gelben Farbentöne auf, an welchen übrigens, wenn die Belichtung während des Lebens stattgefunden hat, auch das in die Retina eingewanderte Pigment beteiligt sein kann. Dafs die rötlich gelbe Färbung der von DEYL untersuchten Netzhäute sehr widerstandsfähig war, ist eine Erscheinung, welche in dem zuweilen von der Regel abweichenden Verhalten des Sehpurpurs ihre Erklärung findet. Gerade beim Kaulbarsch habe ich öfter beobachtet, dafs die dem Lichte ausgesetzte Netzhaut schnell ihre violette Farbe verlor, an deren Stelle dann eine rötlich-gelbliche oder gelbliche Farbe trat, deren grofse Widerstandsfähigkeit scheinbar gegen die Anwesenheit einer lichtzersetzlichen Substanz sprach; ganz unempfindlich gegen starke Lichtintensitäten war sie jedoch nicht.

Was nun die ophthalmoskopische Untersuchung der Fische betrifft, so nahm ich sie in der üblichen Weise im Dunkelmzimmer vor, indem eine gewöhnliche Gaslampe als Lichtquelle benutzt wurde.

¹ J. DEYL, Zur vergleichenden Anatomie des Sehnerven. I. Teil. *Bullet. Internation. de l'Académ. des Sciences de l'Empereur Francois Joseph.* Prague. 1895.

Um sich von der Sichtbarkeit des Sehpurpurs sowie seiner Lichtzersetzlichkeit zu überzeugen, genügt es, den Fisch von einem Gehülfen in der Luft halten zu lassen; man beobachtet dann am bequemsten wegen der in der Luft vorhandenen hochgradigen Myopie des Fischauges im umgekehrten Bilde. Will man längere Zeit mit demselben Fische experimentieren, so empfiehlt es sich natürlich, ihn beständig im Wasser zu lassen; um untrügliche Resultate bei Versuchen über Regeneration des Sehpurpurs zu erhalten, ist dies sogar unbedingt erforderlich. Ich benutzte hierzu eine schmale Glaswanne, die so hoch war, daß der Fisch auf dem Bauche schwimmen konnte. Da durch die dicken und gekrümmten Wandungen der Wanne ein scharfes Bild vom Augenhintergrunde nicht zu gewinnen war, so wurde in dieselbe ein Loch von mehreren Zentimetern Durchmesser gebohrt und dieses durch ein dünnes planparalleles Glas verschlossen. Der Fisch wird nun in der mit Wasser gefüllten Wanne durch Halten mit der Hand oder besser noch durch Einsenken von Glasspalten so fixiert, daß das Auge sich dicht hinter jener Durchbohrung befindet. Diese Methode ist sowohl für den Fisch als den Beobachter vorteilhaft; durch Ausschaltung der Hornhautbrechung im Wasser wird nicht nur die in der Luft vorhandene Myopie beträchtlich vermindert, sondern auch die durch die Unebenheiten und den starken Astigmatismus der Hornhaut des Fisches bedingte Verzerrung und Undeutlichkeit des ophthalmoskopischen Bildes beseitigt.¹

Ich will im Folgenden nur den ophthalmoskopischen Befund beim Bley genauer schildern, da es mir in Berlin nicht gelang, Exemplare vom Kaulbarsch oder Zander zu erhalten, deren Auge frei von Hornhaut oder Linsentrübungen war. Ich gewann zwar bei den letzteren einen Überblick über den Augenhintergrund, im besonderen traten die Unterschiede eines purpurhaltigen und des Purpurs beraubten Auges gut hervor, über genauere Einzelheiten blieb ich jedoch im Ungewissen,

¹ Dasselbe Prinzip wandte bereits HIRSCHBERG in anderer Form zur Refraktionsbestimmung des Hechtauges an, indem er den pupillaren Hornhautbereich mit Wasser bedeckte und darauf ein Stückchen von einem Deckglas für mikroskopische Präparate legte. (J. HIRSCHBERG, „Zur Dioptrik und Ophthalmoskopie des Fisch- und Amphibienauges.“ *Du Bois-Reymonds Arch. f. Physiol.* 1882. S. 501.)

zumal hier die Betrachtung schon an sich durch die in den Glaskörper vorspringenden Gefäße erschwert wird.

Das Auge eines lebenskräftigen Bleys, der 4—5 Stunden im Wasser im Dunkeln verweilt hat, zeigt folgendes ophthalmoskopisches Bild (vergl. Fig. 1):

Die rundlich geformte, etwas längsovale Papille ist von schwärzlicher Farbe, innerhalb deren zarte weiße Streifen auftreten. Eine Ausstrahlung sehr feiner weißer Bündel ist auch über die Papille hinaus in die angrenzenden Teile der Netzhaut wahrnehmbar. Die flache nahezu in der Mitte des Sehnerveneintritts gelegene Encavation dient zum Austritt von dreizehn bis sechzehn Gefäßen, die sternförmig divergierend sich in die Peripherie dichotomisch verästeln. Ein Unterschied zwischen Arterien und Venen tritt nicht hervor. Die Farbe des Hintergrundes in den beiden oberen¹ Drittteilen zeigt ein prachtvolles Rot, das durch einen etwas helleren Ton von dem Rot der Blutgefäße absticht. Benutzt man statt der gelben Lichtquelle einer gewöhnlichen Gaslampe Auersches Gasglühlicht, so tritt die violette Nuance jenes Rot deutlich hervor. Etwas unterhalb der Papille hört die rote Farbe mit scharfer Grenze auf, der Hintergrund nimmt hier schwarze, leicht grünlich schimmernde Färbung an, bei scharfer Einstellung ist das Aussehen getäfelt, indem zwischen den schwarzen Stellen sich kleine weiße Lücken einschieben. Während die schwarze Farbe dem von Tapetum freien, nur Pigmentepithel tragenden unteren Teile der Netzhaut entspricht, kommt die rote Farbe dem mit Tapetum versehenen Teile zu. Letztere rührt ausschließlich von der Anwesenheit des Sehpurpurs her, denn man braucht nur einige Minuten eine Stelle mit dem Spiegel zu fixieren, und die rote Farbe macht an dieser umschriebenen Stelle ziemlich plötzlich einer gelblich-weißen Platz. So giebt Fig. 2 das Bild eines Augenhintergrundes wieder, der sozusagen mit dem Augenspiegel nach und nach abgesucht worden ist, so daß nur eine schmale peripherische Zone von der bleichenden Wirkung des Lichtes verschont blieb und in ihrem leuchtenden Rot gegen den angrenzenden weißen Teil absticht, der bei

¹ Obwohl ich stets im umgekehrten Bilde ophthalmoskopierte, stelle ich der Einfachheit halber die Verhältnisse so dar, wie sie sich im aufrechten Bilde darbieten würden.

Gaslicht eine Spur gelblicher, in der Zeichnung fortgelassener Beimischung zeigt. Man erreicht diese Abblassung am schnellsten, wenn man den Fisch während des Spiegeln in der Luft halten läßt, da durch diesen für sein Leben so deletären Aufenthalt gleichzeitig die Regenerationsfähigkeit des Sehpurpurs herabgesetzt wird.

Obgleich mir so im Gegensatz zu früheren Untersuchern ein Mittel zu Gebote stand, die Veränderungen des Sehpurpurs am Lebenden direkt zu verfolgen, will ich hier doch nur die Thatsache einfach verzeichnen, daß der Sehpurpur erblaßte und ein Zwischenstadium von Sehgelb nicht bemerkt wurde, ohne dieser Beobachtung eine entscheidende Bedeutung beizulegen. Ich habe an anderer Stelle¹ das Vorhandensein von Sehgelb bei Tieren überhaupt bestritten und halte die dort angeführten Gründe für so stichhaltig, daß ich auf die Unterstützung derselben durch den ophthalmoskopischen Befund verzichten kann. Ich bin zwar persönlich überzeugt, daß mir ein gelbes Zwischenstadium nicht entgangen wäre, indessen, selbst wenn man zur besseren Differenzierung der gelben Farbe statt gewöhnlichen Gaslichts Auersches Glühlicht benutzt, geht die Zersetzung des Sehpurpurs, nachdem sie erst einmal eingeleitet, nicht allmählich, sondern mit solcher Schnelligkeit vor sich, daß ein Verteidiger der Existenz des Sehgelbs mit einer gewissen Berechtigung bemerken könnte, diese Methode ermögliche nur eine einwandfreie Beobachtung des Anfang- und Endstadiums der Purpurzersetzung.

Sollte man von der ophthalmoskopischen Erkennbarkeit des Sehpurpurs durch den erwähnten Versuch noch nicht vollständig überzeugt sein, so läßt sich derselbe in mannigfacher Weise mit dem stets gleichbleibenden Resultat variieren, daß die rote Farbe des Augenhintergrundes beim Bley allein durch den Sehpurpur bedingt wird.

Ein lebenskräftiger Fisch, der mehrere Stunden im Dunkeln gewesen, wird in die bereits erwähnte Glaswanne gesetzt. Vor der Wanne ist in der Höhe des Auges eine Auersche Glühlichtlampe aufgestellt, so daß der Fisch genötigt ist, direkt in dieselbe hineinzustarren, wenn er auch geringe seitliche

¹ E. KÖTTGEN und G. ABELSDORFF, Absorption und Zersetzung des Sehpurpurs bei den Wirbeltieren. *Diese Zeitschrift*. Bd. XII. S. 161.

Augenbewegungen macht. Untersucht man nun einen in dieser Weise 20 Minuten lang belichteten Fisch mit dem Augenspiegel in derselben Weise wie den im Dunkeln gehaltenen, so bietet der tapetumfreie Teil des Hintergrundes dasselbe schwärzliche Aussehen, das ich vorher geschildert, der tapetumhaltige dagegen ist von gelblich-weißer Farbe, auf welcher sich scharf die roten Gefäße abheben. Figur 2 giebt den Gesamteindruck des gleichmäßigen Weißs gut wieder, bei scharfer Einstellung bemerkt man jedoch in demselben ein feines System schwarzer Linien von gitterförmiger Anordnung. Keine Spur ist mehr von dem vorher erwähnten leuchtenden Rot zu entdecken, das aber nach einer Belichtung von 5 Minuten in der Peripherie noch angedeutet war trotz der großen, ein starkes Blendungsgefühl erzeugenden Intensität der Lichtquelle.

Die ophthalmoskopische Wahrnehmung einer durch Licht zersetzbaren Substanz ist hierdurch zur Genüge bewiesen. Ist diese wirklich identisch mit dem Sehpurpur, so muß bei der bekannten Regenerationsfähigkeit des letzteren der weiße Hintergrund auch wieder in einen roten verwandelt werden können. Es gelingt dieses leicht, wenn man nicht mit dem Belichtungsversuch zugleich die Lebensfähigkeit des Fisches beeinträchtigt. Bei der Belichtung mit Auerschem Glühlicht beispielsweise genügt es nicht, daß der Fisch im Wasser sei; es muß auch durch stetigen Ab- und Zufluß für die Erneuerung des Wassers Sorge getragen werden. Zur Verhütung einer Erwärmung geschieht der Zufluß zweckmäßig durch einen auf den Rücken des Fisches fallenden Strahl. Hat man unter diesen Kautelen den Fisch belichtet und sich von der weißen Farbe des Hintergrundes überzeugt, so lasse man ihn eine halbe bis eine ganze Stunde im Dunkeln, und die weiße Farbe hat im ophthalmoskopischen Bilde wieder der roten Platz gemacht.

Will man sich vor Enttäuschungen bewahren, so benutze man nicht Fische, die schon durch längere Gefangenschaft in ihrer Lebenskraft geschwächt sind und in der sich lange hinziehenden Agone befinden; bei solchen konnte ich auch nach dreistündigem Dunkelaufenthalt noch keine Andeutung einer Regeneration des geblichenen Sehpurpurs bemerken. Man darf von dem „beim Frosche so vorzüglich gelingenden Regenerations-

versuch am intra vitam entpurpurten, nachher exstirpierten, aber nicht eröffneten Bulbus“, wie schon KÜHNE betont, keinen Analogieschluss auf das Verhalten beim Fische machen, bei welchem die Regenerationsfähigkeit des Sehpurpurs in hohem Grade von der Lebensfrische des Tieres abhängig ist.

Ist es mir gelungen, zu beweisen, daß die ophthalmoskopisch sichtbare Rötung des Hintergrundes durch die Einwirkung des Lichtes erblasst und nach Aufenthalt des Bley's im Dunkeln wiederkehrt, so erübrigt es noch zu zeigen, daß auch die dritte charakteristische Eigenschaft des Sehpurpurs der mit dem Augenspiegel wahrgenommenen Substanz zukommt: das Fortbestehen derselben trotz des Erlöschens der Zirkulation.

Zu diesem Zweck wird ein Fisch im Dunkeln gehalten, bei rotem Licht getötet und so lange gewartet, als aus dem abgeschnittenen Kopfe das spärlich austretende Blut ausfließt. Gewiß gelingt es hierdurch nicht, die Gefäße der Membrana hyaloidea völlig blutleer zu machen, zuweilen erscheinen sie nur verengt, zuweilen sind sie nur an der Stelle ihres größten Durchmessers als schwarze Streifen sichtbar. In keinem Falle hat jedoch die rote Farbe des Hintergrundes etwas an Sättigung eingebüßt. Nach wenigen Minuten der Belichtung tritt dann die weiße Farbe an Stelle der roten ein. Die kurze Zeit, welche hierzu erforderlich ist, ist das einzige von der Erscheinung am Lebenden unterscheidende Merkmal. Wird andererseits ein Bley nach vorausgegangener Belichtung getötet, so sehen die beiden oberen Dritteile des Augengrundes mit dem Augenspiegel betrachtet weiß aus, mögen die Gefäße noch Blutfüllung zeigen oder nicht.

Es ergibt sich also, daß von dem, was BOLL anfangs vermutet, ziemlich das Gegenteil zutrifft. Gerade in denjenigen Fällen, wo man, wie beispielsweise bei Menschen, aus dem Erblassen des Augenhintergrundes auf den Stillstand des Blutkreislaufes schließen kann, ist der Sehpurpur ophthalmoskopisch nicht sichtbar, während in den vereinzelten Ausnahmen, wo derselbe mit dem Augenspiegel wahrnehmbar ist, die Blässe des Augenhintergrundes in keiner Beziehung zu den Erscheinungen des Todes steht.

Es ist interessant, daß BRÜCKE in derselben Arbeit,¹ welche

¹ *J. Müllers Arch.* 1845.

durch die Erklärung des Augenleuchtens die Grundlage für die Entdeckung des Augenspiegels bildete, eine Beobachtung niedergelegt hat, die bereits die Möglichkeit der ophthalmoskopischen Erkennbarkeit des Sehpurpurs zeigt. Er beschreibt am Schlusse seiner Abhandlung das Pseudotapet (Tapetum retinae) von Abramis Brama und sagt, daß dieses „im Leben durch das darüber liegende und bei den Fischen, wie es scheint, sehr starke Gefäßnetz der Nervenhaut einen Stich ins Zinnoberrote“ bekommt. Das Gefäßnetz ist in der That sehr stark entwickelt, an dem roten Aussehen des Pseudotapet aber, wie im Vorhergehenden gezeigt, gänzlich unbeteiligt. Das, was BRÜCKES scharfer Beobachtung hier zinnoberrot erschien, war nichts Anderes als der erst mehrere Jahrzehnte später entdeckte Sehpurpur.
