

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Jena.)

Die Fluoreszenz tierischer Gewebe in ultraviolettem Licht.

Von

Hans Stübel.

Die Fluoreszenz der meisten Substanzen wird im wesentlichen nicht durch die Strahlen des sichtbaren Spektrums hervorgerufen, sondern die wirksamsten Fluoreszenz erregenden Strahlen liegen im ultravioletten Teile des Spektrums. Hierdurch begegnete das Studium der Fluoreszenzerscheinungen bisher gewissen Schwierigkeiten. Vor allem besass man bis vor kurzem keine Lichtquelle, welche bei starker Intensität lediglich ultraviolettes Licht gibt, ohne zugleich Strahlen des sichtbaren Spektralbezirkes durchzulassen. Diese letzteren beeinträchtigen die Untersuchung, weil die sichtbaren Strahlen von den auf ihre Fluoreszenz zu untersuchenden Objekten mehr oder weniger reflektiert werden und dadurch eine eventuelle Fluoreszenzerscheinung verdecken können. Dagegen ist durch spektrale Zerlegung erhaltenes Licht nur schwer in derjenigen Stärke zu erzeugen, welche die Beobachtung auch schwächerer Fluoreszenzerscheinungen ermöglicht.

Wood ¹⁾ fand in dem Nitrosodimethylanilin einen Farbstoff, der für Strahlen von 400—280 $\mu\mu$ Wellenlänge durchlässig ist, hingegen Blau und Violett ebensowohl wie die unterhalb 280 $\mu\mu$ liegenden Strahlen absorbiert. Mit Hilfe dieses Farbstoffes ist es nun Herrn H. Lehmann in Jena gelungen, ein Lichtfilter zu konstruieren, welches das Spektralgebiet zwischen 400 und 300 $\mu\mu$ durchlässt, für die übrigen Strahlen des Spektrums aber undurchgängig ist. Lehmann ²⁾ kombinierte das Nitrosodimethylanilin

1) Wood, Phil. Mag. vol. 6 p. 257. 1903.

2) Lehmann, Über ein Filter für ultraviolette Strahlen und seine Anwendungen. Verhandl. d. deutschen physik. Gesellsch. 12. Jahrg. Nr. 21. 1910.
Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. 142.

mit Jenaer Blau-Uviolglas, welches die vom Farbstoff durchgelassenen sichtbaren Strahlen absorbiert, seinerseits dagegen für ultraviolettes Licht in hohem Maasse durchlässig ist. Ein aus diesen beiden Komponenten bestehendes Filter lässt noch einen Teil des äussersten Rot passieren, so dass man beispielsweise eine hinter ihm aufgestellte Glühlampe noch als dunkelroten, strahlenlosen Faden erkennt. Indem Lehmann zwischen zwei Blau-Uviolglasplatten eine 5 mm dicke Schicht einer ungefähr 22 %igen Kupfersulfatlösung brachte, konnte er auch noch den Durchtritt dieser roten Strahlen verhindern. Die drei Filterkomponenten: Nitrosodimethylanilin, Blau-Uviolglas und Kupfersulfat sind nun in der Weise angeordnet, dass zwischen drei Blau-Uviolglasplatten sich einerseits eine Schicht von Nitrosodimethylanilin in Gelatine, andererseits eine Kupfersulfatlösung befindet. Als Lichtquelle dient bei Untersuchungen mit diesem Filter am besten Bogenlicht, wobei man, um ein an ultravioletten Strahlen möglichst reiches Licht zu erzeugen, Eisenkohlen verwendet. Je länger der Bogen ist, den die Lampe gibt, um so günstiger liegen die Verhältnisse, da es vor allem auf das Licht des Bogens und nicht des Kraters ankommt. Gerade der Eisenbogen hat zwischen 300 und 400 $\mu\mu$ viele intensive Linien. Um das Licht gut auszunützen, bedient man sich einer Kondensor- und einer Sammellinse aus Quarz. In diesem Apparat besitzt man nun eine Lichtquelle, welche lediglich ultraviolette Strahlen und eine ganz geringe Menge sichtbares Licht enthält, also in hervorragender Weise für das Studium der Fluoreszenzerscheinungen geeignet ist¹⁾.

Fluoreszenzerscheinungen an tierischen Geweben sind bis jetzt nur in verhältnismässig wenigen Fällen beschrieben worden, meist nur als mehr oder weniger zufällige Befunde. Am bekanntesten ist die Fluoreszenz der Linse des Wirbeltierauges, welche schon häufig beschrieben wurde²⁾. Ebenso finden sich Angaben über die Fluoreszenz der Cornea und der Retina. In neuester Zeit hat Hess an

1) Die Firma Carl Zeiss in Jena stellt Lehmann'sche Lichtfilter in verschiedener Grösse her und liefert dieselben zugleich mit dazu geeigneter Bogenlampe und Quarzoptik. Bei diesen Filtern ist die Dicke des Blau-Uviolglases so gewählt, dass noch ein ganz geringer Bruchteil der sichtbaren Strahlen durchgelassen wird, der aber praktisch in keiner Weise stört.

2) Vgl. Helmholtz, *Physiol. Optik*, 2. Aufl., 1896 S. 284, 306, daselbst auch die ältere hierüber vorhandene Literatur.

den Augen von Insekten und Krebsen ¹⁾ und am Tapetum lucidum der Säugetiere ²⁾ Fluoreszenzerscheinungen beschrieben. H. Lehmann ³⁾ hat bereits in seiner Mitteilung über das von ihm konstruierte Filter und seine Anwendungen auf die Fluoreszenz einer ganzen Anzahl tierischer Gewebe hingewiesen, und auf seine Anregung hin habe ich diese Erscheinungen an verschiedenen Tierformen systematisch untersucht.

Auf einfache und zugleich sehr schöne Weise lassen sich die Fluoreszenzerscheinungen am Menschen beobachten. Die Haut fluoresziert blauweiss, jedoch in sehr verschiedener Stärke. Diese Unterschiede in der Stärke sind durch den wechselnden Pigmentgehalt der Haut bedingt. Je pigmentärmer eine Hautpartie ist, um so heller ist das Fluoreszenzlicht, welches sie ausstrahlt. So heben sich bei Belichtung einer grösseren Fläche lokale Pigmentanhäufungen sehr deutlich ab. Pigmentierte Haare fluoreszieren nicht, während sich einzelne dazwischen befindliche weisse Haare deutlich als stark blauweiss leuchtende Fäden abheben. Ebenso zeigt das Pigment des Auges nicht die geringste Fluoreszenz. Was für die Pigmente des Menschen gilt, gilt in derselben Weise auch für alle von mir bis jetzt untersuchten Pigmente der verschiedensten Tiere. So habe ich beispielsweise dieselbe Erscheinung nachweisen können beim Pigment der Augen aller Wirbeltierklassen, dem Pigment der Vogelfedern (Taube, Huhn), der Schildkrötenschale (*Emys europaea*, *Testudo graeca*), dem Pigment der Haut und der Blutgefässwandungen der Amphibien, der Schuppen der Fische, ferner dem Pigment des Panzers der Krebse (Lipochrom), der Haut des Regenwurmes (Hämatoporphyrin). Hier will ich gleich besonders hervorheben, dass eine sehr wichtige Gruppe von Farbstoffen nicht fluoresziert: das Hämoglobin und seine Derivate.

Im übrigen besitzen alle tierischen Zellen und Gewebe die Eigenschaft, im ultravioletten Licht zu fluoreszieren. So weit ich meine Untersuchungen bis jetzt ausgedehnt habe, kann nur die Anwesenheit von Pigment oder von Hämoglobin und Hämoglobinderivaten diese Erscheinung beeinträchtigen bzw. aufheben.

1) Hess, Über Fluoreszenz an den Augen von Insekten und Krebsen. Pflüger's Arch. Bd. 137 S. 339. 1911.

2) Hess, Beiträge zur Kenntnis des Tapetum lucidum im Säugetierauge. Arch. f. vergl. Ophthalmol. Bd. 2 S. 3. 1911.

3) Lehmann, l. c.

Bakterien fluoreszieren je nach der Art in verschiedener Farbe und verschiedener Intensität, so dass man Bakterienkolonien und Bakterienrasen gut im Fluoreszenzlicht unterscheiden kann. Unter dem Mikroskop kann man die Fluoreszenz kleinerer Ansammlungen von Bakterien wahrnehmen ebenso wie die Fluoreszenz der verschiedensten Protozoen. An grösseren Formen erkennt man dabei nicht nur die Umrisse des nur durch sein eigenes Fluoreszenzlicht sichtbaren Tieres, sondern man kann auch Einzelheiten, z. B. die Nahrungsvakuolen eines Parameciums mit aller Deutlichkeit sehen. Ja zuweilen unterscheidet man einzelne Organe deutlicher im Fluoreszenzlicht als bei gewöhnlicher Beleuchtung. Ein besonders schönes Beispiel bietet uns hierfür der Regenwurm. Während die durch Hämatoporphyrin mehr oder weniger stark pigmentierte Haut sehr schwach, an ihren dunkleren Partien überhaupt kaum fluoresziert, heben sich die bei gewöhnlichem Licht mit blossem Auge nur schwer erkennbaren Chitinborsten deutlich als stark grün leuchtende Punkte von ihrem dunklen Hintergrunde ab. So erscheint es nicht als ausgeschlossen, dass auch in der Biologie die Beobachtung der Fluoreszenz in gewissen Fällen als Untersuchungsmethode verwertet werden kann. Im folgenden sind die Fluoreszenzerscheinungen einer Anzahl verschiedener Tierformen als Beispiele zusammengestellt.

Weinbergsschnecke (*Helix pomatia*).

Haut an der Seite des Fusses . . .	schwach gelbgrün.
Haut der Fusssohle	„ „
Mantelrand	gelbgrün.
Lunge	dunkel braungrün.
Herz	braungrün.
Schlundkopf (Muskulatur).	hellblau.
Radula	fluoresziert nicht.
Magen	schwach blau.
Speicheldrüsen	hellgrün.
Dünndarm	braungelb.
Leber	dunkel gelbgrün.
Eiweissdrüse	gelbgrün.
Uterus	hellgelb.
Vagina	intensiv weiss (etwas grün).
Penis	„ „ („ „).
Flagellum	„ „ („ „).
Musculus retractor penis	„ „ („ „).
Liebespfeilsack	intensiv blauweiss.
Liebespfeil	„ hellgrün.

Fussmuskel (auf der Schnittfläche) . . .	schwach gelbweiss.
Schale, Innenseite	„ blau.
Schale, Aussenseite	noch dunkler blau, an einzelnen Stellen braungrün.

Flusskrebs (*Astacus fluviatilis*).

Panzer	fluoresziert um so mehr intensiv blau, je weniger er pigmentiert ist, also besonders an der Unterseite und an seiner Innenseite; stärker pigmentierte Stellen fluoreszieren in stumpfem Dunkelgrün, und zwar ebensowohl die rotbraunen als die grünlich gefärbten. Die feineren Rauigkeiten des Panzers und die Chitinborsten fluoreszieren leuchtend grün.
Muskulatur	intensiv hellblau.
Bindegewebe (Verbindungsblatt von Cephalothorax u. 1. Abdominalsegment)	dunkelblau.
Herz	intensiv weiss (etwas grünlich).
Kiemen	stumpf grün.
Vas deferens	intensiv hellblau.
Magen, Muscularis.	„ blau.
„ Chitinteile	„ grün.
Mitteldarmdrüse	stumpf hellgrün.
Darm.	hellgrün.
Harnblase.	schwach blau.
Antennendrüse	intensiv hellgrün.
Bauchstrang.	schwach gelblich.
Auge	intensiv hellblau.

Plötze (*Leuciscus rutilus*).

Haut, schwarze Rücken- und Aussenseite	fluoresziert ganz schwach dunkelblau, stellenweise gar nicht.
„ „ „ Innenseite.	etwas heller blau.
Weisse Bauchhaut, Aussen- und Innenseite	intensiv hellblau.
Muskeln	hellblau.
Wirbelknochen	stark hellblau.
Bauchflosse	„ „
Blut	fluoresziert nicht.
Herz, Vorkammer	„ „ deutlich.
Herz, Kammer	schwach bläulich.
Schwimmbase.	intensiv hellblau.
Niere.	gelbgrün.
Eierstock	intensiv hellblau.
Kiemen	hellblau.
Zunge	intensiv hellblau.
Darm (Oberfläche und Schleimhaut)	„ gelbgrün.

Leber	gelbgrün.
Gehirn	hellblau.
Cornea	intensiv hellblau.
Linse	noch stärker hellblau.
Netzhaut	gelbgrün.
Chorioidealpigment	fluoresziert nicht.

Wasserfrosch (*Rana esculenta*).

Haut, Aussenseite	Stark pigmentierte Stellen fluoreszieren gar nicht, schwächer pigmentierte Stellen leuchten schwach in gelblicher Farbe, nichtpigmentierte Partien leuchten hellblau.
„ Innenseite	hellblau. Die Blutgefäße heben sich dunkel (nicht fluoreszierend) ab.
Zunge	hellblau.
Oberkieferrand (Zähnnchen)	weiss.
Nickhaut	schwach hellblau, der pigmentierte Rand fluoresziert nicht.
Trommelfell	fluoresziert nicht.
Muskeln	intensiv weiss, etwas ins gelbliche.
Fascien	„ hellblau.
Sehnen	„ „
Knochen	„ „
Blut	fluoresziert nicht.
Herz, Wand der Vorkammern	„ „ deutlich.
Herz, Kammer	gelblich.
Grosse Gefässstämme	schwach weiss.
Thyreoidea	braungelb.
Rachenschleimhaut	hellblau.
Bronchien und Trachea von der Schleimhautoberfläche gesehen	hellblau, die Knorpelringe fluoreszieren intensiv hellblau.
Lunge, Ober- und Schnittfläche	schwach braun, stärkere Bindegewebszüge deutlich weiss.
Leber	dunkelbraungelb, Läppchen deutlich.
Milz	fluoresziert nicht deutlich.
Magen, Oberfläche	intensiv hellblau.
„ Schleimhaut	„ weiss, etwas gelb.
Gallenblase	hellgelb.
Darm (in allen Abschnitten), Oberfläche und Schleimhaut	ziemlich intensiv hellgelb.
Pankreas	hellgelb.
Ovarium	Die Eier fluoreszieren nicht an der pigmentierten Seite, an der nichtpigmentierten fluoreszieren sie hellbraun.

Oviduct.	hellblau.
Uterus	„
Fettkörper	hell gelbbraun.
Nieren	„ „
Hoden	hellgelb, etwas grünlich.
Nervensubstanz (Spinalnerven, Rückenmark, Gehirn).	„
Chorioidealpigment.	fluoresziert nicht.
Cornea	hellblau.
Linse.	intensiv hellblau.

Kaninchen.

Haare, unpigmentiert.	intensiv hellgelb.
„ pigmentiert (schwarz)	fluoreszieren nicht.
Haut, Innenseite	intensiv hellblau, die Blutgefäße sind dunkel (nicht fluoreszierend).
Nägel	intensiv hellblau.
Zähne	„ weiss, etwas bläulich.
Submaxillaris	braun, etwas grünlich.
Speiseröhre, Aussenseite	„
„ Schleimhaut	schwach hellblau.
Magen, Querfläche	intensiv „
„ Schleimhaut	schwach „
Duodenum, Oberfläche und Schleimhaut	dunkel gelbgrün.
Dünndarm, Oberfläche	hellgelb.
„ Schleimhaut	hellgrün.
Blinddarm, Oberfläche und Schleimhaut	„
Dickdarm, Oberfläche und Schleimhaut	hellgelb.
Rectum, Oberfläche und Schleimhaut .	„
Milz	dunkelbraun.
Pankreas	gelbgrün.
Leber	dunkelbraun, etwas grünlich.
Gallenblase	gelbgrün.
Niere, Oberfläche	dunkel gelbgrün.
„ Schnittfläche: Rinde	„ „
„ „ : Mark	hellgelb.
Ureter	„
Harnblase	hellblau.
Hoden	gelbgrün.
Epiglottis	intensiv hellblau.
Kehlkopf und Luftröhre	die knorpligen Teile stark hellblau, die Weichteile schwach gelblich.
Lunge, Oberfläche	dunkelbraun, etwas grünlich.
„ Schnittfläche	die Querschnitte grösserer Gefäße und Bronchien fluoreszieren hellblau.
Herzmuskel	dunkelbraun, etwas grünlich.

Aorta	intensiv	hellgelb.
Skelettmuskel	„	hellgrün, die „roten Muskeln“ fluoreszieren weniger stark.
Fett	intensiv	hellgrün.
Knochen (besonders die Compacta)	„	hellblau.
Sehnen und Fascien	„	„
Retina		dunkelbraun, etwas grün.
Nervus opticus		hellgelb.
Sehnerveneintritt		gelblich.
Chorioidea und Iris		fluoreszieren nicht.
Sclera	intensiv	hellblau.
Cornea		hellblau.
Linse	intensiv	hellblau.
Glaskörper		fluoresziert nicht deutlich.
Zentralnervensystem, graue Substanz.	hellgelb,	fluoresziert schwächer als weisse Substanz.
„	weisse Substanz	weiss, etwas bläulich. Graue und weisse Substanz sind im Fluoreszenzlicht deutlich voneinander unterscheidbar.

Was speziell die Unterschiede in der Farbe des Fluoreszenzlichtes anbelangt, so spielt bei deren Feststellung natürlich das Farbenunterscheidungsvermögen des Beobachters eine grosse Rolle, vor allem auch sein Adaptationszustand und eventuelle Kontrastwirkungen. Man wählt daher am besten zur Beobachtung jedes einzelnen Organes stets denselben Hintergrund. Sehr geeignet hierzu ist eine weisse Porzellanplatte. Da Porzellan so gut wie gar nicht fluoresziert, so erhält man einen ganz dunkelvioletten Hintergrund, welcher lediglich die geringe Menge des äussersten sichtbaren Violett reflektiert, die von dem Filter noch durchgelassen wird. Mit dem Grade der Adaptation ändert sich sehr häufig scheinbar die Farbe des Fluoreszenzlichtes. So bekommen Organe, die dem helladaptierten Auge rein hellblau zu fluoreszieren scheinen, bei Dunkeladaptation oft einen Stich ins Gelbe oder Grüne. Einer der wichtigsten Faktoren, der die Farbe, in der ein Organ fluoresziert, beeinflusst, ist sein Hämoglobingehalt. Je mehr Hämoglobin bzw. hämoglobinhaltiges Blut ein Gewebe enthält, um so mehr geht seine Fluoreszenzfarbe aus dem Weiss bzw. Blauweiss oder Grünweiss ins Gelb und Braun über. Die Muskeln, die ja bei den Wirbeltieren ihre Farbe einem dem Hämoglobin sehr nahe stehenden Farbstoff verdanken, liefern uns hierfür ein gutes Beispiel. Strahlend hellblau fluoresziert die Muskulatur des Krebses, etwas weniger die des

Frosches, während Vögel- und Säugetiermuskeln oft dunkelbraunrot fluoreszieren. So lassen sich im Fluoreszenzlicht auch rote und weisse Muskeln beim Huhn und beim Kaninchen deutlich voneinander unterscheiden. Auch die Fluoreszenzfarbe der drüsigen Organe ist vor allem durch ihren Hämoglobingehalt bedingt. Wichtig ist es fernerhin, die Gewebe in möglichst frischem Zustande zu untersuchen, da Bakterienwachstum und Fäulnis vor allem die Farbe des Fluoreszenzlichtes verändert. Bei beginnender Fäulnis zeigen normalerweise blau fluoreszierende Körper ein mehr grünliches Licht.

Die Intensität, mit der ein Gewebe Fluoreszenzlicht ausstrahlt, ist im wesentlichen durch seine Struktur bestimmt. Je dichter, wasserfreier, fester ein Gewebe ist, je weniger mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume es einschliesst, um so stärker ist auch seine Fluoreszenz. So leuchtet ein vertrocknetes Gewebe stärker als frisches, Fascien und Sehnen leuchten heller als der Muskel, noch heller leuchtet der Knochen, vor allem die Substantia compacta. Diese Erscheinung zeigt sich uns mit besonderer Deutlichkeit bei der Beobachtung der Fluoreszenz am Menschen: Viel stärker als die Haut fluoreszieren die Nägel und die Haare, sofern sie nicht pigmentiert sind, am stärksten aber die Zähne, welche ein sehr intensives weisses Licht ausstrahlen. Auch Fettgewebe fluoresziert stark.

Ebenso wie die tierischen Gewebe zeigen die meisten organischen Verbindungen, welche sie zusammensetzen, eine mehr oder weniger starke Fluoreszenz, sowohl in fester Form als in wässriger Lösung. Eine Anzahl von Beobachtungen sei hier in tabellarischer Form zusammengestellt:

Albumin	intensiv blau.
Vitellin aus Pflanzen.	„ hellblau.
Eiweisslösung (Eiereiweiss in NaCl-Lösung	hellblau
Albumosen	intensiv hellblau
Witte-Pepton in wässriger Lösung . .	hellgelb.
Elastin	intensiv hellblau.
Gelatine	„ „
Glutin	„ „
Keratin	„ „
Chitin	„ „
Asparagin	„ „
Tyrosin	„ „
Butterfett	„ gelbgrün.

Olivenöl	gelbgrün.
Glykogen	hellblau.
Stärke	„
Dextrin	weiss, etwas gelblich.
Rohrzucker	hellblau.
Milchzucker	„
Traubenzucker	„
Harnstoff	fluoresziert nicht.
Harnsäure	„ „
Rindergalle	gelbgrün, nach Zusatz von HNO_3 tritt mit der Rotfärbung durch Bildung von Bilirubin auch eine intensiv dunkel- rote Fluoreszenz auf.
Harn (Mensch).	intensiv hellgrün.
Milch.	gelb.

Die meisten der von mir untersuchten Körper fluoreszieren in blauweissem Licht. Im übrigen war Stärke und Farbe des Fluoreszenzlichtes je nach der Herkunft und Reinheit der Präparate ziemlich verschieden. Besonders bunte Bilder zeigen Gallensteine. Reine Cholesterinsteine fluoreszieren gelbgrün; Beimengungen von Gallenfarbstoffen können in allen Farben, von Rot bis zum Violett, fluoreszieren. Harnstoff und Harnsäure fluoreszieren überhaupt nicht.

Ein besonderes Interesse beansprucht die Fluoreszenz der Gewebe des Auges. Betrachtet man ein menschliches Auge in ultraviolettem Licht, so fluoreszieren Sclera und Hornhaut hellblau. Die Iris hebt sich als nicht fluoreszierender dunkler Ring ab, und in der Pupille gewahrt man die Linse als stark blauweiss leuchtenden Körper. An Tieraugen sieht man des weiteren, dass die Netzhaut ein schwaches gelbliches Fluoreszenzlicht ausstrahlt; bluthaltige Gefässe sind auf ihr als dunkle Streifen, die Papille als hellgelb leuchtender Fleck zu erkennen. Das Tapetum lucidum fluoresziert grünlich, je nach der Tierart in verschiedener Nuance und Intensität. Die Linse ist das am stärksten fluoreszierende Organ des gesamten Körpers; höchstens die Zähne kommen ihr in dieser Beziehung gleich. Die Linse fluoresziert bei allen von mir untersuchten Wirbeltieren in intensiv hellblauer Farbe. Diese starke Fluoreszenz der Linse bewirkt, dass das Auge von einem blendend hellblauen Lichtschein erfüllt wird, wenn man es in den ultravioletten Strahlengang bringt. Hält man eine Linse in konzentrierteres ultraviolettes Licht, so kann man bei dem Fluoreszenzlicht lesen. In Einklang mit der

intensiven Fluoreszenz steht das Vermögen der Linse, in hohem Maasse ultraviolettes Licht zu absorbieren. In der ophthalmologischen Literatur der letzten Jahre finden sich eine ganze Anzahl Arbeiten, die sich, zum Teil auch im Hinblick auf praktische Konsequenzen, mit der Absorption ultravioletten Lichtes von seiten der Augenmedien befassen (Widmark, Hertel, Hess, Birch-Hirschfeld, Best, Schanz und Stockhausen). Besonders möchte ich hier die Untersuchung von Hallauer¹⁾ anführen, der an einem grossen Material die Absorption ultravioletten Lichtes durch die Augenmedien des Menschen und die durch individuelle Unterschiede, Alter unter pathologische Zustände bedingten Variationen der Absorptionsbreite auf spektrographischem Wege exakt bestimmt hat. Auch Cornea und Glaskörper absorbieren, wengleich in bedeutend geringerem Maasse ultraviolettes Licht. Nach Hallauer absorbiert die Linse jugendlicher Individuen die Strahlen von $400 \mu\mu$ an; vom 20. Jahre an sinkt die Absorptionsfähigkeit etwas, um im Alter wieder zu steigen. Wir wissen zwar bis jetzt nicht, inwieweit die unter natürlichen Verhältnissen (Tageslicht) vorhandenen ultravioletten Strahlen die Netzhaut schädigen können. Dennoch geht aus den zahlreichen Versuchen, die bis jetzt über die Absorption mit ultraviolettem Lichte durch die Augenmedien angestellt worden sind, hervor, dass bei Einwirkung ultravioletter Strahlen von grosser Intensität die Augenmedien, speziell die Linse, infolge ihrer hohen Absorptionsfähigkeit der Netzhaut einen wenn auch nicht vollständigen, so doch sehr weitgehenden Schutz gewähren können.

Über die Durchlässigkeit anderer Gewebe als der Augenmedien für ultraviolettes Licht wissen wir bis jetzt noch sehr wenig. Aus den neuerdings an der menschlichen Haut angestellten Untersuchungen von Hasselbalch²⁾ geht hervor, dass von den Strahlen unterhalb $400 \mu\mu$ weniger als 50 % bis in eine Tiefe von 0,1 mm vordringen, während eine 1 mm dicke Hautschicht für ultraviolettes Licht bereits so gut wie undurchgängig ist. Strahlen von $300 \mu\mu$ und darunter werden verhältnismässig viel stärker absorbiert als das längerwellige Ultraviolett.

1) Hallauer, Über die Absorption von kurzwelligem Licht durch die menschliche Linse. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 47 S. 721. 1909.

2) Hasselbalch, Quantitative Untersuchungen über die Absorption der menschlichen Haut von ultravioletten Strahlen. Skandin. Arch. f. Physiol. Bd. 25 S. 55. 1911.

Die Absorption des ultravioletten Lichtes durch die Augenmedien und durch die Haut kann also die tiefer liegenden Organe vor ultraviolettem Licht von zu hoher Intensität schützen. Diese Eigenschaft und die dadurch bedingte Fluoreszenz ist daher für den Organismus nicht ohne Bedeutung. Andererseits erscheint es mir sehr zweifelhaft, ob man berechtigt ist, jeden Fall von Fluoreszenz eines tierischen Gewebes als einen Vorgang von biologischer Bedeutung aufzufassen, besonders wenn man bedenkt, wie weit verbreitet diese Erscheinung ist, und dass die Mehrzahl der organischen Verbindungen fluoresziert. Es wird sicherlich richtiger sein, sich zuerst in den verhältnismässig seltenen Ausnahmefällen, in denen ein integrierender Bestandteil eines tierischen Gewebes nicht fluoresziert, zu fragen, ob dieses abweichende Verhalten für den Organismus von irgendwelcher Bedeutung ist. In diesem Zusammenhang möchte ich in erster Linie die Pigmente, besonders das Hautpigment erwähnen. In der stärkeren Pigmentierung der Haut nach Belichtung ist mit Recht eine Schutz Einrichtung gesehen worden. Indem das Pigment die die Haut treffenden Strahlen absorbiert, schützt es nicht nur das darunterliegende Gewebe (s. oben), sondern auch die Haut selbst vor zu starken Lichtreizen. Zeigt uns ja die Erfahrung des täglichen Lebens, dass intensives Licht in der Haut um so weniger Entzündungserscheinungen hervorrufen kann, je stärker die betreffende Hautpartie pigmentiert ist.

Ausser dem in den Zellen der verschiedensten Organe abgelagerten Pigment haben nun, soweit ich es bis jetzt feststellen konnte, allein das Hämoglobin und seine Derivate die Fähigkeit, die Intensität der Fluoreszenz eines tierischen Gewebes zu vermindern bzw. die Fluoreszenz ganz aufzuheben. Das Hämoglobin und seine Derivate zeigen an der Grenze zwischen Violett und Ultraviolett eine starke Absorption, die zuerst von Gamgee¹⁾ festgestellt, durch Lewin, Miethe und Stenger²⁾ und später durch Rost, Franz

1) Gamgee, On the absorption of the extreme violet and ultraviolet rays of the spectrum by haemoglobin, its compounds and certain of its derivatives. Kühne's und Voit's Zeitschr. f. Biol. Bd. 34 S. 505. 1896.

2) Lewin, Miethe und Stenger, Über die durch Photographie nachweisbaren spektralen Eigenschaften der Blutfarbstoffe und anderer Farbstoffe des tierischen Körpers. Pflüger's Arch. Bd. 118 S. 80. 1907.

und Heise¹⁾ eingehender untersucht worden ist. Gerade diejenigen kurzwelligen Strahlen, welche unter physiologischen Bedingungen in verhältnismässig grosser Intensität vorhanden sind, werden also vom Blutfarbstoff absorbiert. Es erscheint daher nicht ausgeschlossen, dass auch Blut unter Umständen Schädigungen durch ultraviolettes Licht verhindern kann, eine Ansicht, die bereits früher von Grober²⁾ ausgesprochen worden ist.

Folgende Versuche sind geeignet, diese Anschauung zu stützen. Es wurden Paramäcien im hängenden Tropfen (mit Quarzobjektträger und Quarzmikroskopkondensor) von dem gut konzentrierten Licht einer bei 30 Ampère Stromstärke brennenden Eisenbogenlampe, deren Strahlen durch das Filter gingen, belichtet und die Einwirkung des Lichtes beobachtet. Nach einer Belichtungsdauer von 5 Minuten war der grösste Teil der Paramäcien gestorben, die übrigen bewegten sich viel schwächer als normal, und nach 15 Minuten war überhaupt kein lebendes Paramäcium mehr aufzufinden. Wurden nun die Paramäcien statt in einem Tropfen Kulturflüssigkeit in Rinderblut, das mit Wasser ca. 20fach verdünnt worden war, untersucht, so war nach einstündiger Belichtungsdauer die Bewegung der Paramäcien noch eine völlig normale, und es war nur ein ganz verschwindender Bruchteil von toten Paramäcien aufzufinden. Kontrollversuche mit einem 20fach verdünnten Rinderblutserum ergaben, dass in diesem Medium die Paramäcien ebenso rasch abstarben als in der gewöhnlichen Kulturflüssigkeit.

Dieselben Versuche wurden zuerst beim Licht einer Bogenlampe angestellt, die nur mit 8—10 Ampère Stromstärke brannte. Hier konnten auch in Kulturflüssigkeit nach einer Belichtungszeit von über 1 Stunde nie alle Paramäcien zum Absterben gebracht werden. Nur die Bewegung wurde in der Regel schwächer. An manchen Individuen liess sich überhaupt keine Reizerscheinung beobachten. In ebenso geringem Maasse wurden Infusorien, die normalerweise in einem ewigen Dunkel leben, so die grossen Infusorien aus dem Magen der Wiederkäuer (*Isotricha*, *Ophryoscolex*, *Entodinium*) durch dieses Licht beeinflusst.

1) Rost, Franz und Heise, Beiträge zur Photographie der Blutspektra, unter Berücksichtigung der Toxikologie der Ameisensäure. Arbeiten aus dem kais. Gesundheitsamte Bd. 32 S. 223.

2) Grober, Über die physiologische Bedeutung der Blutfarbe. Verworn's Zeitschr. f. allgem. Physiol. Bd. 10 S. 63. 1910.

Es ist auffallend, dass bei diesen Versuchen eine so hohe Lichtintensität und eine so lange Belichtungsdauer notwendig ist, um die Infusorien zu schädigen; wissen wir doch, dass ultraviolettes Licht Mikroorganismen oft schon in wenigen Sekunden abtöten kann. Hertel¹⁾, der zuerst exakte messende Versuche über den Einfluss der Strahlen verschiedener Wellenlänge auf Organismen gemacht hat, betont, dass das ultraviolette Licht um so schädlicher wirkt, je kürzer seine Wellenlänge ist. Strahlen von über 300 $\mu\mu$ Wellenlänge wirken nach Hertel's Versuchen bedeutend schwächer als solche unter dieser Grenze. In neuester Zeit haben Victor Henri und seine Mitarbeiter auf diese Erscheinung besonders hingewiesen²⁾. Henri betont dabei, dass Strahlen von unter 280 $\mu\mu$ Wellenlänge so gut wie nicht mehr in den durch die Atmosphäre durchgedrungenen Sonnenstrahlen vorkommen. Das Protoplasma ist den nicht in der Atmosphäre vorhandenen kurzwelligen Strahlen nicht angepasst, es absorbiert diese Strahlen, und hierdurch kommt die stark schädigende Wirkung zustande. Die Strahlen, welche durch das Lehmann'sche Lichtfilter hindurchgehen, haben eine Wellenlänge von 400—300 $\mu\mu$, enthalten also noch keine stark schädigenden Strahlen, sondern nur solche, die auf die Organismen auch unter natürlichen Bedingungen einwirken können. Für das Studium des Einflusses des auch unter physiologischen Verhältnissen wirkenden Spektralbezirkes von 400 bis 300 $\mu\mu$ dürfte sich also das Filter besonders gut eignen.

1) Hertel, Über physiologische Wirkung von Strahlen verschiedener Wellenlänge. Vergleichend-physiologische Untersuchungen. 2. Mitteilung. Verworn's Zeitschr. f. allgem. Physiol. Bd. 5 S. 95. 1905.

2) Cernovodeanu et V. Henri, Études de l'action des rayons ultraviolets sur les microbes. Compt. rend. de l'académie des scienc. t. 150 p. 52. 1910. — Comparaison des actions photochimiques et abiotiques des rayons ultraviolets. Compt. rend. de l'académie des sciences t. 150 p. 549. 1910.