

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 5 (1932)
Heft: II

Artikel: Die Sichtbarkeit der ultravioletten Strahlen und die Absorption der menschlichen Augenteile
Autor: Bächtiger, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-110160>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Sichtbarkeit der ultravioletten Strahlen und die Absorption der menschlichen Augenteile

von Paul Bächtiger (Basel).

(29. II. 32.)

Es werden einige Versuche über die Sichtbarkeit ultravioletten Lichtes mit staroperierten Menschen (welchen also die Augenlinse entfernt ist) mitgeteilt. Es ergibt sich, dass die menschliche Netzhaut Strahlen bis $335 \mu\mu$ Wellenlänge als Lichtreiz empfindet. Diese Sichtbarkeit beruht nicht auf Fluoreszenz der Netzhaut. Die Grenze der Sichtbarkeit beim normalen Auge ($400 \mu\mu$) ist durch die Absorption der Augenlinse bedingt.

Es möge hier kurz über einige Versuche berichtet werden, die Herr Prof. Dr. med. P. Knapp und ich unter anderem bei einer Untersuchung über: Netzhautschädigungen durch Licht beim elektrischen Lichtbogenschweissen ausgeführt haben¹⁾. Besonders das Absorptionsvermögen der menschlichen Augenteile ist vielleicht auch für den Physiker von Interesse, da stets nur dann eine Schädigung eines Augenteiles durch Lichtstrahlen eintreten kann, wenn dieser oder event. ein angrenzender Teil Strahlungsenergie absorbiert.

Um zu entscheiden, welche Lichtstrahlen für die Netzhautschädigungen verantwortlich sind, muss das Absorptionsvermögen der Augenteile für sichtbares und ultraviolettes Licht bekannt sein (das kurzwellige Ultrarot ist im Eisen-Schweissbogen nur von geringer Intensität). Angaben über die Ultraviolettabsorption der Netzhaut liegen keine vor, während das Absorptionsvermögen von Glaskörper, Linse, Kammerwasser und Hornhaut mehr oder weniger bekannt ist (siehe Literaturverzeichnis am Schlusse). Da die Netzhaut sichtbares Licht beinahe ungeschwächt durchlässt (die lichtempfindlichen Stäbchen und Zäpfchen liegen ja auf der hinteren Seite), so wäre es bei einer starken Ultraviolettabsorption wohl möglich, dass schon eine geringe Intensität des Ultravioletten zur Schädigung führen kann.

Wir haben nun an einer Anzahl menschlicher Augen aus verschiedenen Lebensaltern die Absorption qualitativ bestimmt. Auf quantitative Messungen wird aus folgenden Gründen verzichtet:

¹⁾ Der mehr medizinisch-physikalische Teil wird in einer ophthalmologischen Zeitschrift mitgeteilt.

Die Netzhaut und Hornhaut zeigen, obwohl die Untersuchung möglichst bald nach dem Tode geschieht, stets eine leichte Trübung, welche im lebenden Zustande nicht vorhanden ist. Es tritt also bei totem Gewebe eine Intensitätsverminderung sowohl durch Absorption als auch durch diffuse Zerstreuung auf. Noch komplizierter liegen die Verhältnisse bei der Linse, welche optisch inhomogen ist. Auch wenn durch Pressung der Linse zwischen zwei parallelen Quarzplatten parallele Ein- und Austrittsflächen geschaffen werden, ergibt sich bei senkrechter Inzidenz eine ungleichmässige Strahlenbrechung, welche die Intensität in unkontrollierbarer Weise verändert. Quantitative Absorptionsmessungen hätten demnach nicht der Wirklichkeit entsprechende Resultate ergeben. Um dennoch etwas über den Verlauf des Absorptionskoeffizienten als Funktion der Wellenlänge aussagen zu können, wird bei konstanter Lichtquelle die Expositionsdauer der Spektren in weiten Grenzen variiert.

Als Lichtquelle für unsere Untersuchungen dient ein mit Gleichstrom (50 Amp.) gespeister Eisen-Schweissbogen zwischen einer grossen wassergekühlten Anode und einem mit Silikaten umhüllten 2 mm dicken Schweissdraht (Kathode). Die Bogenlänge wird stets auf etwa 7 mm gehalten. Die Distanz zwischen Lichtbogen und dem 0,01 mm breiten Spalt eines grossen Hilgerschen Quarz-Spektrographen beträgt 60 cm. Die Helligkeit der Lichtquelle ist so gross, dass keine Linse zwischen Spalt und Bogen verwendet werden muss; dadurch erhält man auf dem Spalt auch bei unruhigem Bogen eine konstante Intensität, was aus der guten Reproduzierbarkeit hervorgeht. Die Belichtungszeit wird zwischen 1 und 30 Sekunden variiert. Ausser dem Vielinienspektrum des Eisens zeigen die Aufnahmen noch ein bis weit ins Ultraviolette reichendes kontinuierliches Spektrum, das nicht von den Elektroden herrührt, sondern wahrscheinlich durch eine sehr hohe Metaldampf-temperatur bedingt ist. Bei 90 Amp. Stromstärke wird die Intensität des Kontinuums schon sehr gross. Es treten hier bereits Erscheinungen auf, wie sie von I. A. ANDERSON¹⁾ bei explodierenden Drähten gefunden worden sind. Dass die Gasstrecke in der Tat das kontinuierliche Spektrum emittiert, beweist eine Aufnahme, bei welcher der Lichtbogen mit einem Quarz-Flusspatlachromaten auf den Spalt abgebildet wird.

Unsere qualitativen Absorptionsmessungen an Augenteilen haben nun folgendes ergeben. Die Netzhaut ist für ultraviolettes Licht zwischen 300 und 400 $\mu\mu$ ungefähr gleich durchlässig wie

¹⁾ I. A. ANDERSON, *Astroph. Journal* **51**, 37, 1920; *Proc. Nat. Acad. Amer.* **8**, 231, 1922.

für sichtbare Strahlen. Die Ergebnisse der übrigen Augenmedien stimmen mit den Resultaten anderer Autoren überein. Der Absorptionskoeffizient der Linse steigt von etwa $400 \mu\mu$ (im Mittel) mit kleiner werdenden Wellenlänge sehr stark an. Die Absorption der Hornhaut beginnt merklich bei etwa $315 \mu\mu$, während Glaskörper und Kammerwasser Licht bis ca. $305 \mu\mu$ beinahe ungeschwächt durchlassen. Eine starke Abhängigkeit vom Lebensalter kann nirgends festgestellt werden. Immerhin absorbiert die Alterslinse vielleicht etwas mehr. Die Todesursache scheint nach O. HALLAUER vor allem bei der Linse von Einfluss zu sein.

Diese Resultate zeigen, dass die Netzhautschädigungen beim Schweissen durch sichtbare Strahlen hervorgerufen werden. Eine Bestimmung der Helligkeit eines Lichtbogens von 80 Amp. durch Vergleich mit einer geeichten Glühlampe ergibt die Grössenordnung von 7000 H. K. Da die Flächenhelligkeit der Lichtbogenstrecke sehr gross ist und in der Praxis Stromstärken bis 200 Amp. auftreten, begreift man, dass bei ungeschützten Augen schon nach kurzer Zeit Netzhautschädigungen eintreten können.

Die Absorption der Linse beginnt also bei derjenigen Wellenlänge, bei welcher normalerweise die Sichtbarkeit aufhört ($400 \mu\mu$). Es ist nun seit langem bekannt, dass linsenfreie Augen bis zu weit kürzeren Wellenlängen Licht wahrnehmen können. Doch war es ungewiss, ob diese Sichtbarkeit auf Fluoreszenz der Netzhaut beruht. Aus den bisherigen Versuchen kann diese Frage nicht entschieden werden, da stets das kontinuierliche Spektrum des Kohlebogens auf ein Papier projiziert worden ist, wobei man die Grenze der Sichtbarkeit festgestellt hat. Da Papier aber stark fluoresziert, ist es verständlich, dass die Grenzen der verschiedenen Autoren sehr stark voneinander abweichen (weiteste Grenze $210 \mu\mu$!). Um diese Unsicherheiten zu klären, haben wir mit zwei staroperierten Patienten (welchen also die Augenlinse entfernt ist), einem 8jährigen Knaben und einem 60jährigen Manne eingehende Versuche unternommen.

An die Stelle der photographischen Platte im Hilger'schen Spektrograph werden sowohl eine mattierte Glasplatte als auch eine mattierte Quarzplatte gebracht. Glas und Quarz fluoreszieren nur sehr schwach. Beide Patienten sehen das Eisenspektrum sicher bis $335 \mu\mu$, gleichfarbig violett von $450 \mu\mu$ an, während das normale Auge von 405 an nichts mehr wahrnimmt. Eine spezielle Untersuchung unter Verwendung eines Spektralapparates für okulare Beobachtung zeigt ferner, dass die Patienten die Eisenlinien im Ultraviolett ebenso scharf sehen wie bei Wellenlängen grösser als $400 \mu\mu$. Wäre nun die Sichtbarkeit der ultravioletten

Strahlen lediglich durch Fluoreszenz der Netzhaut verursacht, so müssten die Eisenlinien im Ultravioletten etwas diffus erscheinen, was nicht der Fall ist. Auch sollte bei derjenigen Wellenlänge, bei welcher die wahre Sichtbarkeit aufhört, ein starker Intensitätsabfall auftreten, da, wie wir an toten Augen festgestellt haben, die Netzhaut nur schwach fluoresziert. Die beiden Patienten können jedoch zwischen 450 und 335 $\mu\mu$ keine starke Intensitätsänderung wahrnehmen. Es scheint also, dass die menschliche Netzhaut ultraviolette Strahlen als Lichtreiz empfindet. Ob die Sichtbarkeitsgrenze von 335 durch Absorption der Hornhaut, Absorption des Brillenglases des Staroperierten oder durch die Netzhaut verursacht ist, kann noch nicht sicher entschieden werden. Unabgeklärt ist also lediglich noch das Gebiet zwischen 335 und 315 $\mu\mu$, da bei 315 ja eine starke Absorption der Hornhaut einsetzt. Das ultraviolette Licht von 400 bis 335 $\mu\mu$, das normalerweise von der Linse absorbiert wird, gelangt demnach beim staroperierten Menschen ungeschwächt zur Netzhaut. Bei linsenf freien Augen treten Netzhautschädigungen nicht häufiger als bei normalen Augen auf, was unser oben bereits festgestelltes Resultat bestätigt, dass das ultraviolette Licht bis 335 $\mu\mu$ für die Netzhaut nicht wesentlich schädlicher ist als das sichtbare.

Dem Vorsteher des physikalischen Institutes der Universität Basel, Herrn Prof. Dr. A. HAGENBACH danken wir für die freundliche Überlassung der physikalischen Apparate.

Literatur.

O. HALLAUER, Über die Absorption von kurzwelligem Licht durch die menschliche Linse. *Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde* **67**, 721, 1909.

BIRCH-HIRSCHFELD, Zur Beurteilung der Schädigung des Auges durch kurzwelliges Licht. *ZS. für Augenheilkunde* **21**, 335, 1909.

BIRCH-HIRSCHFELD, Über die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf die Netzhaut des linsenhaltigen und des linsenf freien Auges. *ZS. f. Augenheilkunde* **10**, 345, 1903.

E. TRÜMPY, Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung hochintensiven Ultravioletts und Violetts zwischen 314 und 436 $\mu\mu$ Wellenlänge auf das Auge unter besonderer Berücksichtigung der Linse. *Graefe's Archiv f. Ophthalmologie* **115**, 473, 1925.

H. GOLDMANN, Kritische und experimentelle Untersuchungen über den sogenannten Ultrarotstar der Kaninchen und den Feuerstar. *Graefe's Archiv f. Ophthalmologie* **125**, 313, 1930.

A. VOGT, Augenschädigungen durch strahlende Energie. *Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde* **85**, 321, 1930.