

**Die ultravioletten Strahlen  
der modernen künstlichen Lichtquellen  
und ihre angebliche Gefahr für das Auge.**

Eine gemeinverständliche Darstellung

von

**Dr.-Ing. W. Voege**

Assistent am Physikal. Staatslaboratorium  
in Hamburg.

Mit 9 Textfiguren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1910.

**Die ultravioletten Strahlen  
der modernen künstlichen Lichtquellen  
und ihre angebliche Gefahr für das Auge.**

Eine gemeinverständliche Darstellung

von

**Dr.-Ing. W. Voege**

Assistent am Physikal. Staatslaboratorium  
in Hamburg.

Mit 9 Textfiguren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1910

ISBN 978-3-662-32267-3

DOI 10.1007/978-3-662-33094-4

ISBN 978-3-662-33094-4 (eBook)

Von verschiedenen Seiten aufgefordert, habe ich mich — im Einverständnis mit dem Direktor unseres Instituts, Herrn Professor Voller — dazu entschlossen, meine in Fachzeitschriften erschienenen Arbeiten auf dem Gebiete der ultravioletten Strahlung in einer gemeinverständlichen Darstellung zusammenzufassen.

Gestützt auf das Urteil erster augenärztlicher Autoritäten sowie auf eine große Reihe physikalischer Untersuchungen, werde ich zu zeigen versuchen, daß die Furcht vor den ultravioletten Strahlen der modernen Lampen bei vernünftiger Anordnung derselben durchaus unbegründet ist; daß aber andererseits in speziellen Fällen die Anwendung einer passenden Schutzbrille erforderlich wird. Eine solche, über das Wesen des ultravioletten Lichtes allgemein aufklärende Darstellung erscheint um so angebrachter, als die Erörterung dieser Frage bisher ausschließlich in augenärztlichen und elektrotechnischen Zeitschriften erfolgt ist, und da nunmehr wiederholt in den Fachzeitschriften für Gasglühlicht und in der Tagespresse Artikel erscheinen, welche, alle Einwände und Feststellungen von wissenschaftlicher Seite unbeachtet lassend, die Furcht vor dem ultravioletten Licht — insbesondere des Gasglühlichtes — in übertriebenster Weise zu wecken suchen. Gleichzeitig wird dann ein gewisses grünliches Glas, das sogenannte Euphosglas, als sicherer Schutz gegen diese Strahlen angepriesen.

Da gerade beim Gasglühlicht der Gehalt an ultravioletten Strahlen dem Tageslicht gegenüber verschwindend

klein ist, so ist zu wünschen, daß diese kleine Schrift dazu beitragen möge, für das große Publikum in der un-  
gemein wichtigen Frage des ultravioletten Lichtes auf-  
klärend zu wirken und einer neuen Modekrankheit, die  
man passend als „Furcht vor den unsichtbaren Strahlen“  
bezeichnen könnte, beizeiten vorzubeugen.

Hamburg, Dezember 1909.

Physikalisches Staatslaboratorium.

**Dr. =Jug. Voege.**

## I. Was ist ultraviolettes Licht?

Was ist ultraviolettes Licht? und welche Bewandnis hat es mit demselben? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir kurz auf die Natur des Lichtes im allgemeinen eingehen. Nach der heute geltenden Anschauung der Wissenschaft haben wir uns den Weltenraum überall mit einem gewichtlosen, unsichtbaren, elastischen, alles durchdringenden Stoffe, dem sog. Weltäther, erfüllt vorzustellen. Wird dieser Äther in geeigneter Weise, z. B. durch einen weißglühenden Körper, in äußerst schnelle Erschütterungen versetzt, so pflanzen sich diese Erschütterungen in Wellenform (Fig. 1), ähnlich den Wellen

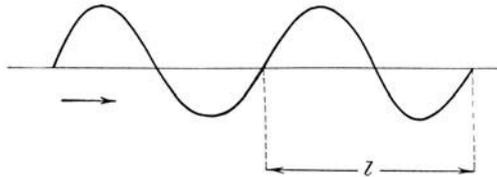


Fig. 1.

auf einer Wasseroberfläche, im Äther fort und erzeugen, wenn sie in unser Auge gelangen, die Empfindung des Lichtes. Die Fortpflanzung der einzelnen Wellenzüge erfolgt nun mit der ungeheuer großen Geschwindigkeit von 300000 km in der Sekunde in geradliniger Richtung. Wir sprechen daher von Lichtstrahlen, und wir wissen, daß diese Lichtstrahlen eine Reihe von besonderen Eigenschaften besitzen. So gehen dieselben durch gewisse feste und flüssige Körper hindurch, durch andere nicht; sie werden in den letzteren absorbiert. Ferner werden die Lichtstrahlen an spiegelnden Flächen reflektiert, sie werden durch ein Glasprisma aus ihrer Richtung abgelenkt und so fort.

Eine besondere, uns hier interessierende Eigenschaft des Lichtes ist seine Farbe. Die Wellenlängen der verschiedenen von einem leuchtenden Körper ausgehenden Lichtstrahlen sind nämlich nicht von gleicher Größe, und der Unterschied in der Wellenlänge  $l$  (Fig. 1) macht sich unserm Auge in der Farbe des Lichtes bemerkbar. Ebenso wie Schallwellen verschiedener Länge vom Ohr als Töne verschiedener Höhe wahrgenommen werden, so bringen die Lichtwellen je nach ihrer Länge und der damit zusammenhängenden Schwingungszahl im Auge Farbenempfindungen verschiedener Art hervor. Die Größe aller Arten von Lichtwellen ist nun außerordentlich klein, so klein, daß ihrer etwa 2000 auf einen Millimeter gehen. Die einzelne Welle hat demnach eine Länge von  $\frac{1}{2000}$  Millimeter. Um nicht immer mit Bruchteilen von Millimetern rechnen zu müssen, hat man für diese kleinen zu messenden Größen ein besonderes Maß eingeführt; und zwar benutzt man den millionten Teil eines Millimeters als Einheit und bezeichnet diese Einheit mit dem doppelten griechischen Buchstaben  $\mu$  („mü“ gesprochen).

Die oben genannte Welle von  $\frac{1}{2000}$  mm Länge würde demnach in unserem Wellenmaß mit der Wellenlänge  $500 \mu\mu$  zu bezeichnen sein, denn  $\frac{500}{1000000} = \frac{1}{2000}$  mm.

Die folgende Tabelle gibt die Wellenlängen für die sichtbaren Strahlen des Sonnenspektrums an:

Farbe	Wellenlänge in $\mu\mu$
Äußerstes Rot . . . . .	810
Rot . . . . .	680
Orange . . . . .	615
Gelb . . . . .	559
Grün . . . . .	512
Blaugrün . . . . .	475
Blau . . . . .	449
Violett . . . . .	400
Äußerstes Violett . . . . .	360

„Weiß“ ist unter den aufgeführten Farben nicht vorhanden, d. h. eine spezifische Wellenlänge für „Weiß“ gibt es nicht, vielmehr ist weißes Licht stets eine Mischung von verschiedenen

einfachen Farben. Im Sonnenlicht z. B. sind alle Wellenlängen der obigen Tabelle enthalten, und das Gemisch all dieser einzelnen Farben gibt eben das Licht, welches wir als weiß zu bezeichnen pflegen. Die Bezeichnung „weiß“ ist daher auch ein ziemlich relativer Begriff; wenn wir keine Vergleichslichtquelle in der Nähe haben, sind wir geneigt, jedes zusammengesetzte Licht als weiß zu bezeichnen.

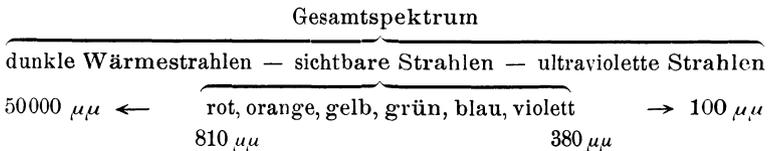
Von der Tatsache, daß das Tages- und Sonnenlicht sowie auch das Licht unserer künstlichen Lichtquellen kein einheitliches ist, sondern daß es aus einer Reihe von Einzelfarben zusammengesetzt ist, können wir uns durch einen einfachen Versuch überzeugen; indem wir nämlich das betr. Licht durch ein Glasprisma hindurchgehen lassen. Da in diesem Prisma die einzelnen Strahlengattungen verschieden stark abgelenkt werden, so wird das weiße Sonnen- oder Lampenlicht in ein farbiges Lichtband aufgelöst, und zwar folgen sich die Farben in der Reihenfolge der Tabelle, also nach den Wellenlängen. Beim Sonnenlicht und beim elektrischen Kohlebogenlicht erhalten wir ein durch keine Zwischenräume unterbrochenes Lichtband. Die einzelnen Farben gehen gerade wie beim Regenbogen allmählich ineinander über; wir sprechen daher von einem kontinuierlichen Spektrum. Anders beim Licht der Quecksilberlampe oder der Flammenbogenlampe; hier haben wir kein fortlaufendes Lichtband, sondern eine Anzahl durch dunkle Zwischenräume getrennter farbiger Linien; ein solches Spektrum bezeichnen wir als „diskontinuierlich“ oder „Linienspektrum“<sup>1)</sup>. Kehren wir zu dem kontinuierlichen Spektrum zurück, so sehen wir also ein farbiges Lichtband, welches sich vom dunklen Rot bis zum Violett oder von der Wellenlänge  $810 \mu\mu$  bis zur Wellenlänge  $360 \mu\mu$  erstreckt. Darüber hinaus vermag unser Auge nach beiden Seiten keine Strahlen zu entdecken, und doch stellt dieser sichtbare Teil des Spektrums nur eine kleine Anzahl der sämtlichen von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen dar. Auf die roten sichtbaren Strahlen folgen die dunklen Wärmestrahlen von immer größerer Wellenlänge bis zu etwa  $50000 \mu\mu$  und auf die violetten Strahlen

---

<sup>1)</sup> Ein derartiges Linienspektrum hat z. B., wie Fig. 8 Seite 22 zeigt, die Regina-Lampe (1) und die Carbone-Flammenbogenlampe (2).

folgen die ultravioletten oder chemisch wirksamen Strahlen, deren Wellenlänge kleiner als jene der kleinsten sichtbaren Strahlen ist. Man hat solche ultravioletten Strahlen bis zur Wellenlänge von  $100 \mu\mu$  herab festgestellt.

Das Gesamtspektrum des Sonnenlichtes erstreckt sich also, soweit uns bisher bekannt, von  $50000 \mu\mu$  bis  $100 \mu\mu$ . Das von der Sonne ausgehende Licht enthält außer den sichtbaren Strahlen eine Menge dunkler Wärmestrahlen und ultravioletter Strahlen, welche wir mit dem Auge nicht wahrzunehmen vermögen, und wir können das Gesamtspektrum etwa in folgender Weise schematisch darstellen:



Solche dunklen Wärmestrahlen und ultravioletten Strahlen enthält nun nicht nur das Tages- und Sonnenlicht, sondern auch das Licht sämtlicher künstlichen Lichtquellen, allerdings in sehr verschiedenem Grade. Im allgemeinen nehmen die sichtbaren und auch die ultravioletten Strahlen gegenüber den Wärmestrahlen um so mehr an Intensität zu, je heißer der benutzte Glühkörper ist. Z. B. wird das Licht einer elektrischen Glühlampe immer weißer und reicher an blauvioletten Strahlen, je höher wir die Spannung an der Lampe machen. Mit den kurzwelligen Lichtstrahlen wachsen aber bei zunehmender Spannung gleichzeitig die ultravioletten Strahlen. Haben wir endlich bei einer Lichtquelle ein diskontinuierliches Spektrum, so haben wir in gleicher Weise wie die sichtbaren scharf begrenzten Linien auch ultraviolette von „dunklen“ Zwischenräumen unterbrochene Linien. Fig. 5 (Seite 18) stellt die Photographie eines solchen Linienspektrums der Quecksilberquarzlampe dar; die Linien in dieser Figur gehören fast sämtlich dem ultravioletten, also dem unsichtbaren Teil des Spektrums an.

Die Zusammensetzung des sog. weißen Lichtes aus einer Reihe von Strahlen verschiedener Wellenlänge erklärt in einfachster Weise, warum uns gewisse Körper grün, andere wieder rot erscheinen. Die grünen Farbstoffe absorbieren oder

verschlucken nämlich alle Strahlen außer den grünen, diese dagegen werden reflektiert, infolgedessen sendet der grüne Körper im weißen Licht nur grüne, der rote nur rote Strahlen aus. Ebenso erscheint das durch eine rote Glasscheibe hindurchgegangene Licht dem Auge rot, weil von der Glasscheibe nur die roten Lichtstrahlen hindurchgelassen, alle andersfarbigen Strahlen dagegen absorbiert werden.

Ist ferner in einem zusammengesetzten Licht eine gewisse Wellenlänge nicht enthalten, fehlt z. B. in einem Lichte das Rot, so können auch rote Körper in diesem Licht überhaupt keine Strahlen reflektieren. Die roten sind nicht vorhanden, und alle übrigen Strahlen werden absorbiert — infolgedessen erscheinen rote Körper in solchem Lichte schwarz oder doch dunkelbraun, letzteres aus dem Grunde, weil unsere künstlichen Farbstoffe niemals ausschließlich auf eine Wellenlänge ansprechen, also eben keine reinen Farbstoffe sind.

## II. Eigenschaften und Wirkungen des ultravioletten Lichtes.

Da die ultravioletten oder chemischen Strahlen für das Auge unsichtbar sind, so würden wir von ihrer Existenz keine Ahnung haben, wenn sie nicht gewisse Eigenschaften besäßen, welche ihre Anwesenheit leicht verraten. Diese Eigenschaften sind vor allem chemischer Natur. Insbesondere werden die Silbersalze des Chlors, Broms und Jods unter der Einwirkung der ultravioletten Strahlen leicht verändert, und zwar hat man sich den Vorgang so vorzustellen, daß die genannten Salze die ultravioletten Strahlen besonders stark absorbieren, während die weniger brechbaren Strahlen von ihnen hindurchgelassen werden; denn nur diejenigen Strahlen können auf einen Körper eine Wirkung ausüben, welche von ihm absorbiert werden. Da nun jede photographische Platte solche Silbersalze enthält, so ist dieselbe ein vorzügliches Erkennungsmittel für ultraviolette Strahlen. In der Tat, lassen wir das durch ein Glasprisma erzeugte Spektrum auf die photographische Platte fallen und entwickeln dieselbe, so erhalten wir auf der Platte ein sehr viel längeres Bild des Spektrums, als wir mit dem Auge wahrnehmen konnten. Zwar besitzen auch die sichtbaren Strahlen, vor allem die blauvioletten Strahlen, einen gewissen

chemischen Wert — denn auch das sichtbare Spektrum ist auf unserer Platte abgebildet worden — aber sie werden in ihrer Intensität weit von den ultravioletten Strahlen übertroffen. Bei der gewöhnlichen Kohlebogenlampe ist z. B. nur  $\frac{1}{3}$  der photographischen Wirksamkeit den sichtbaren,  $\frac{2}{3}$  dagegen den ultravioletten Strahlen zuzuschreiben. Das Maximum der chemischen Intensität, bezogen auf die Schwärzung des Chlorsilbers, liegt etwa bei der Wellenlänge  $410 \mu\mu$ .

Ein noch viel längeres Bild des Spektrums auf der photographischen Platte erhält man, wenn man das Glasprisma durch ein Prisma aus Quarz oder Flußspat ersetzt. Der Grund hierfür liegt darin, daß das Glas einen Teil der ultravioletten Strahlen, nämlich alle Strahlen kleinerer Wellenlänge als  $300 \mu\mu$  verschluckt, während Quarz noch für Strahlen bis zu  $206$ , Flußspat sogar bis  $203 \mu\mu$  durchlässig ist. Wir haben hier also ganz ähnliche Verhältnisse wie bei den sichtbaren Lichtstrahlen und den dunklen Wärmestrahlen, denn auch diese werden bekanntlich von verschiedenen Körpern verschieden stark hindurchgelassen bzw. absorbiert. Da Glas von der Wellenlänge  $300 \mu\mu$  abwärts vollkommen undurchsichtig ist, so hat man bei allen Versuchen mit ultraviolettem Licht Linsen und Prismen aus Glas zu vermeiden und sie durch solche aus Quarz oder Flußspat zu ersetzen. Ebenso müssen bei Lampen Glasglocken entfernt oder berücksichtigt werden. Die Fig. 2 zeigt deutlich die Absorptionsfähigkeit verschiedener Körper für die chemisch wirksamen Strahlen. Dieselbe ist in der Weise erhalten, daß ein Blatt Celloidinpapier, bei *b* mit einer klaren Glasplatte, bei *a* mit einer Quarzplatte, bei *d* mit einem roten und bei *c* mit einem blauen Glas bedeckt, eine Zeitlang durch eine Quecksilber-Quarzlampe belichtet und dann fixiert wurde. Unter der Quarzplatte (*a*) ist das Papier am stärksten geschwärzt, unter dem roten Glas (*d*) am wenigsten. Von der Eigenschaft des roten Glases, alle chemischen Strahlen zu absorbieren, machen wir ja auch in der photographischen Dunkelkammer ausgiebig Gebrauch. Die Glasplatte hat alle Strahlen über  $300 \mu\mu$  durchgelassen, infolgedessen ist auch hier eine schwärzende Wirkung eingetreten, und merkwürdigerweise ist dieselbe unter dem blauen Glas (*c*) nicht viel geringer. Daraus folgt, daß blaues Glas, also auch die früher viel benutzten

blauen Brillengläser, als Schutz gegen ultraviolette Strahlen wenig geeignet ist. Gut durchlässig für das ultraviolette Licht ist ferner das Wasser, während unsere Atmosphäre andererseits die ultravioletten Strahlen in hohem Grade schwächt. Je breiter und dichter die Luftschichten sind, welche das Licht zu passieren hat, je mehr Wassertropfen und Staubteile dieselben enthalten, um so stärker ist natürlich ihre aufsaugende Wirkung auf die ultravioletten Strahlen.

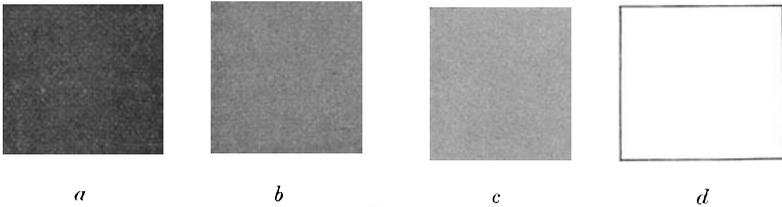


Fig. 2.

Das Sonnenlicht ist infolgedessen um so reicher an violetten und ultravioletten Strahlen, je höher die Sonne steht, während umgekehrt die Absorption dieser Strahlen zunimmt, je mehr sich die Sonne dem Horizont nähert; wie ja auch die Sonne am Horizont rot, im Zenit dagegen blendend weiß erscheint. Von einem Punkt außerhalb unserer Atmosphäre müßte die Sonne bei ihrem Reichtum an blauen und violetten Strahlen ein bläuliches Aussehen gewinnen. Diese starke Absorption in der Atmosphäre ist die Ursache, daß von der ungemein starken ultravioletten Strahlung, welche die Sonne als heißester uns bekannter Körper zweifellos aussendet, nur ein kleiner Teil den Erdboden erreicht. Selbst unter günstigen Bedingungen lassen sich im Sonnenspektrum selten Strahlen von kleinerer Wellenlänge als  $300\ \mu\mu$  nachweisen.

Unter den Wirkungen des ultravioletten Lichts ist ferner noch die Erregung von Fluoreszenzlicht hervorzuheben. Fluoreszierende Körper, wie Petroleum oder Chlorophyll, beginnen im ultravioletten Licht lebhaft zu leuchten; z. B. kann man das ultraviolette Spektrum auch ohne die photographische Platte nachweisen, wenn man dasselbe auf einen Schirm aus Bariumplatincyanyl fallen läßt, der Schirm leuchtet dann an den vom ultravioletten Licht getroffenen Stellen in grünem Licht lebhaft

auf. Daß die ultravioletten Strahlen auf elektrisch geladene Körper elektrizitätzerstreuend einwirken, sei nur nebenbei erwähnt. Wichtiger und daher etwas näher zu behandeln sind ihre Wirkungen auf physiologischem Gebiet.

Die ultravioletten Strahlen spielen im Haushalt der Natur eine sehr große Rolle, eine viel größere, als wir bis vor kurzem ahnten. Was zunächst die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf die Bakterien betrifft, so lauten die Resultate der verschiedenen Untersuchungen übereinstimmend dahin, daß alles Licht, besonders aber das ultraviolette Licht, eine ausgesprochene bakterienfeindliche Wirkung entfaltet. Fäulnisbakterien und die meisten Krankheitserreger gehen in kürzester Zeit zugrunde, wenn man sie durch direktes Sonnenlicht bestrahlen läßt, aber auch diffuses Tageslicht wirkt hemmend auf ihre Entwicklung. Die gesündesten Wohnräume sind daher diejenigen, zu denen das Sonnenlicht ungehindert Zutritt hat; ebenso ist die alte Gewohnheit, Betten und Wäsche zu „sonnen“, wissenschaftlich durchaus berechtigt. Hat v. Esmarch doch nachgewiesen, daß z. B. Milzbrand- und Typhusbakterien, auf solchen Stoffen in freier Luft dem Sonnenlicht ausgesetzt, in kurzer Zeit zugrunde gehen. Ferner ist heute einwandfrei festgestellt, daß unter den sichtbaren Strahlen die blauen und violetten, also die chemischen Strahlen, die größte Wirkung ausüben, daß sie aber von den ultravioletten noch weit übertroffen werden. Die durch Glas hindurchgehenden Strahlen von 300 bis 350  $\mu$  sind doppelt so wirksam als alle sichtbaren Strahlen des Spektrums zusammen. Die Strahlen noch kleinerer Wellenlänge leisten dagegen zehn- bis zwölfmal so viel! — Die desinfizierende Kraft des Lichtes spielt weiter eine Rolle bei der sogenannten Selbstreinigung der Flüsse. Man hat nämlich gefunden, daß der Keimgehalt im Flußwasser am größten bei Sonnenaufgang, am kleinsten bei Sonnenuntergang ist, und zwar erstreckt sich die Wirkung des Lichtes bis zu drei Meter Tiefe unter die Oberfläche; auch diese Wirkung dürfte daher den im Sonnen- und Tageslicht vorkommenden langwelligen ultravioletten Strahlen in erster Linie zu danken sein.

Auch die höheren Tiere sind gegen die ultravioletten Strahlen nicht unempfindlich. Die Haut vor allem reagiert auf intensive Bestrahlung, und zwar nicht immer im günstigen

Sinne. Setzen wir Stellen der Haut, welche für gewöhnlich von Zeug bedeckt sind, längere Zeit dem Sonnenlicht aus, so ist nicht selten eine Hautentzündung die Folge. Auch hier sind weniger die Wärme- als vielmehr die violetten und ultravioletten Strahlen die Ursache. Daher nehmen die Beschwerden auch zu auf hohen Bergen, bei Gletscherwanderungen, auf Schneeflächen und in Polargegenden, weil hier die ultravioletten Strahlen ungleich intensiver sind als in unseren Gegenden. Solche Hautentzündungen können natürlich auch durch intensives künstliches Licht hervorgerufen werden, da bei diesem, wie wir sehen werden, ultraviolette Strahlen von so kleiner Wellenlänge vorkommen können, wie wir sie im Sonnenlicht nie finden. Glücklicherweise werden aber gerade diese schädlichen Strahlen kleinster Wellenlänge durch jede gewöhnliche Glasplatte vollständig absorbiert, so daß wir uns leicht vor ihnen schützen können, ja, daß wir im gewöhnlichen Leben gar nicht die Möglichkeit haben, mit ihnen in Berührung zu kommen.

Wie verhält sich nun das menschliche Auge gegenüber den ultravioletten Strahlen? Als Licht empfunden werden dieselben nicht, und zwar deshalb nicht, weil wir in der Hornhaut, und besonders in der Linse, ein Schutzorgan besitzen, welches die ultravioletten Strahlen von der Netzhaut fern hält. Ähnlich wie Petroleum und andere Körper beginnt die Linse bei intensiver Bestrahlung mit ultraviolettem Licht zu fluoreszieren, sie sendet ein graugrünes Licht aus. Dabei handelt es sich, wie man allgemein annimmt, um eine Umsetzung der ultravioletten Strahlen in sichtbares Fluoreszenzlicht. Genau angeben, welche Wellenlänge noch als Licht empfunden wird, und welche Wellenlänge in Fluoreszenzlicht verwandelt wird können wir natürlich nicht. Es findet hier eben ein allmählicher Übergang statt. Herr Dr. A. Vogt hat nachgewiesen, daß die Fluoreszenz der Linse zwar in der Hauptsache durch das ultraviolette Licht bedingt wird, daß aber auch die sichtbaren Strahlen hieran beteiligt sind.

Die Vermutung, welche von seiten des Herrn Dr. Schanz ausgesprochen wurde, daß die Linse durch die langwelligeren ultravioletten Strahlen unserer künstlichen Lichtquellen im Laufe der Zeit geschädigt werde, und daß man daher diese Strahlen

vom Auge fernhalten müsse, läßt sich daher in keiner Weise rechtfertigen. Einerseits liegt, wie Herr Dr. Vogt schreibt, zurzeit kein einziges Versuchsergebnis vor, das nur den Schein der Wahrscheinlichkeit für sich hätte, daß die Strahlen um  $350 \mu\mu$  herum schädlicher auf unser Auge wirken als beliebige Gebiete des sichtbaren Spektrums, und andererseits müssen wir bedenken, daß das Tages- bzw. Sonnenlicht solche langwelligeren ultravioletten Strahlen stets enthält. Solange nicht nachgewiesen ist, daß das Licht unserer künstlichen Lichtquellen bei normaler Anordnung und normaler Helligkeit auf den Arbeitsplätzen reicher an ultravioletten Strahlen ist als das zerstreute Tageslicht, so lange ist ein Schutzglas gegen diese Strahlen unnötig. Denn die logische Folge hieraus müßte sein, daß wir uns zunächst gegen das gewohnte Tageslicht durch grünliche Fensterscheiben aus Euphosglas und unsere Augen insbesondere durch graugrüne Brillengläser schützen müßten. Daß dies aber eine unsinnige Forderung ist, ist selbstverständlich, dazu bedarf es keiner wissenschaftlichen Untersuchung — denn es hieße, die Natur verbessern zu wollen. Nur das Tages- und Sonnenlicht<sup>1)</sup>, an welches sich das menschliche Auge seit undenklichen Zeiten angepaßt hat, muß ohne jedes absorbierende Fensterglas oder dergleichen als das normale zugrunde gelegt werden, und die Frage kann nur lauten: Gelangen bei den künstlichen Lichtquellen bei der in der Praxis gebräuchlichen Aufhängung und Verteilung der Lampen und bei den üblichen Lichtstärken Strahlen in unser Auge, welche dem Tages- bzw. Sonnenlicht bei gleicher Beleuchtungsstärke entweder fehlen oder in ihm nur in wesentlich geringerm Maße anhalten sind?

Einzig und allein sorgfältig und absolut vorurteilsfrei ausgeführte vergleichende Untersuchungen zwischen dem Tageslicht und unsern künstlichen Lichtern können in dieser Frage den

---

<sup>1)</sup> Natürlich handelt es sich hier um Tages- und Sonnenlicht in unseren Breiten und unter normalen Verhältnissen. Daß das Sonnenlicht auf hohen Bergen, auf Schneeflächen und in Polargegenden unter Umständen schädlich wirken kann, wurde schon erwähnt.

Ausschlag geben. „Wenn konzentrierte Bestrahlung mit Ultraviolett die Linse trübt, so kann doch das unter gewöhnlichen Bedingungen vorkommende Maß vollständig ohne Einfluß oder sogar zweckmäßig sein“, bemerkt Herr Prof. Best in den klinischen Monatsblättern für Augenheilkunde — und wenn man allgemein sagen wollte: Ultraviolette Strahlen sind schädlich! so steht diese Behauptung auf derselben Höhe wie etwa der Ausspruch: Wer Koffein, Nikotin, Alkohol etc. zu sich nimmt, bekommt durch diese Stoffe eine Vergiftung!

Solche vergleichenden Versuche zwischen Tageslicht und künstlichem Licht sollen im nächsten Kapitel eingehender beschrieben werden.

### **III. Wie stellt sich der Gehalt an ultravioletten Strahlen unserer künstlichen Lichtquellen im Vergleich zum Tages- und Sonnenlicht?**

Wie schon früher erwähnt, verschiebt sich das Maximum der Intensität im Spektrum immer weiter nach den kurzwelligeren Strahlen zu, je heißer der lichtaussendende Körper wird; d. h. je höher die Temperatur des strahlenden Körpers ist, um so größer ist der Prozentsatz an blauen, violetten und ultravioletten Strahlen von der Gesamtstrahlung. Da nun die Erfolge der Beleuchtungstechnik im wesentlichen darauf zurückzuführen sind, daß es gelungen ist, die Temperatur der leuchtenden Körper, seien es Glühfäden, Bogenlampenkohlen oder offene Flammen, zu erhöhen, so enthalten unsere modernen Lichtquellen zweifellos mehr ultraviolettes Licht als die alten Öl- und Petroleumlampen. Ja, der elektrische Lichtbogen, die Uviol- und die Quecksilberquarzlampe liefern ultraviolette Strahlen von so kleiner Wellenlänge, wie wir sie im Sonnenlicht dank der Absorption in der Atmosphäre nie finden. Wenn man diese Strahlen kleinster Wellenlänge auch einerseits, z. B. in der Finsenbehandlung von Hautkrankheiten, der Menschheit nutzbar gemacht hat, so müssen wir doch andererseits das Auge unbedingt vor ihnen schützen, da dieselben unter Umständen Entzündungen am äußeren Auge, die sogenannte „elektrische Ophthalmie“ hervorrufen können. Da aber, wie wir sahen, jedes gewöhnliche Glas einen wirksamen

Schutz gegen diese Strahlen von kleinerer Wellenlänge als  $300 \mu\mu$  gewährt, so brauchen wir uns vor diesen Strahlen nicht weiter zu fürchten. Nur ist darauf zu achten, daß die Lampen, vor allem die Quecksilberquarzlampe, stets mit einer Glasglocke umgeben sind. Um zu entscheiden, ob die übrigen, die Glasscheibe durchdringenden langwelligen ultravioletten Strahlen im Licht unserer heutigen Lichtquellen in stärkerem Maße enthalten sind als im Tages- und Sonnenlicht, habe ich eine große Reihe von Versuchen angestellt, von denen die wichtigsten hier wiedergegeben sein mögen.

Natürlich muß man für solche Versuche gleichartige Bedingungen schaffen. Man kann z. B. nicht eine Bogenlampe von 1000 Kerzen mit einer Gasglühlichtflamme von etwa 70 Kerzen in demselben Abstand vergleichen; vielmehr muß man von der Bogenlampe so weit abgehen, daß eine weiße Fläche im Licht der Bogenlampe ebenso hell erscheint wie im Licht der Gasflamme, d. h., die Versuche sind bei gleicher Flächenhelligkeit auszuführen. Diese Flächenhelligkeit ist es ja auch, worauf es im praktischen Leben ankommt. Man will am Abend ebensogut lesen und schreiben können wie am Tage und man muß daher die künstliche Beleuchtung auf dem Arbeitsplatz möglichst der zerstreuten Tagesbeleuchtung gleichmachen. Benutzt man ferner zur Erkennung der ultravioletten Strahlen die photographische Platte, so ist dieselbe bei allen vergleichenden Versuchen stets gleich lange zu belichten, und endlich müssen die benutzten Platten gleichzeitig entwickelt werden, weil durch verschiedenes Entwickeln große Fehler entstehen können. So selbstverständlich diese Bedingungen zu sein scheinen, so wichtig ist es, sie ausdrücklich zu betonen, sind dieselben doch sogar in wissenschaftlichen Publikationen übersehen worden.

Die Zusammensetzung des von mir benutzten Apparates ist aus Fig. 3 zu ersehen. Zwei undurchsichtige weiße, diffus reflektierende Flächen  $a$  und  $b$  sind in dem innen geschwärzten Rohr  $R$  angeordnet. Die eine Fläche ( $a$ ) wird unter einem Winkel von ca.  $30^\circ$  auf den Himmel gerichtet, die andere ( $b$ ) wird durch die zu prüfende Lampe beleuchtet. Ein Bild dieser beiden Flächen wird durch ein Fluoritquarzobjektiv auf der Mattscheibe der photographischen Kamera  $C$  entworfen, und die zu prüfende Lampe wird nun der Fläche  $b$  so weit ge-

nähert oder von ihr entfernt, daß im Bilde auf der Mattscheibe die beiden Flächen *a* und *b* dem Auge gleich hell erscheinen. Um zu sehen, inwieweit die ultravioletten Strahlen durch ein klares, durchsichtiges Fensterglas absorbiert werden, wurde die obere Hälfte des Gesichtsfeldes bei *c* mit einer klaren Glasplatte von 2 mm Stärke bedeckt, während vor die untere Hälfte eine ebenso dicke Quarzplatte geschaltet wurde. Durch Verwendung dieser Quarzplatte ist der Verlust durch Reflexion für beide Bildhälften gleich groß gemacht und kann keine Fehler verursachen. Das auf der photographischen Platte erhaltene Bild entspricht also Fig. 4. Wie man sieht, ist die Gesamtfläche durch zwei aufeinander senkrechte Linien in

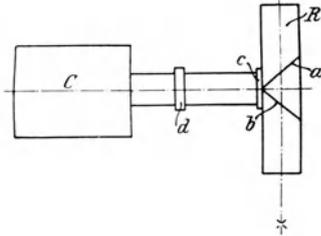


Fig. 3.

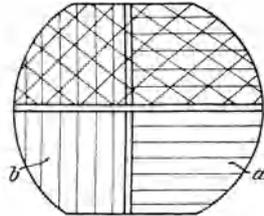


Fig. 4.

vier Teile geteilt. Die Fläche *a* rechts von der Vertikalen ist durch die zu prüfende Lampe, die Fläche *b* links dagegen durch das zerstreute Tageslicht beleuchtet. Oberhalb der Horizontalen sind die Strahlen durch eine 2 mm dicke Glasplatte hindurchgegangen; unterhalb der Horizontalen dagegen ist keinerlei Absorption durch Glas eingetreten, da Linse und Platte aus Quarz bestehen. In der Wiedergabe im Positiv entsprechen natürlich die hellen Flächen den am meisten geschwärzten Teilen der photographischen Platte. Ist also z. B. in der Fig. 4 Fläche *a* heller als *b*, so ist die zu *a* gehörige Lichtquelle (Tageslicht) reicher an ultravioletten Strahlen als die zu *b* gehörige. Bei *d* konnte in den Strahlengang noch ein aus Quarz bestehendes Absorptionsgefäß mit einer Lösung von Nitroso-Dimethylanilin eingeschaltet werden. Das genannte Salz absorbiert stark zwischen den Wellenlängen 500 und 370  $\mu\mu$ , es läßt dagegen von der *H*- und *K*-Linie ab bis zur

Wellenlänge  $200 \mu\mu$  das ultraviolette Licht fast ungeschwächt hindurch<sup>1)</sup>). Durch Vorschalten dieser in der Durchsicht gelbgrünen Lösung wird also erreicht, daß die aktinischen Teile des sichtbaren Spektrums völlig ausgelöscht werden, also nur die ultravioletten Strahlen der betreffenden Lichtquelle bei der Schwärzung der photographischen Platte zur Geltung kommen. Die künstlichen Lichter und das Tageslicht werden auf diese Weise nur in bezug auf die unsichtbaren ultravioletten Strahlen miteinander verglichen. Die Absorptionsverhältnisse der benutzten Gläser und Lösungen wurden zunächst mit dem Quarz-Spektrographen untersucht; als Lichtquelle eignete sich hierfür am besten die Quecksilber-Quarzlampe mit ihrem ausgeprägten Linienspektrum.

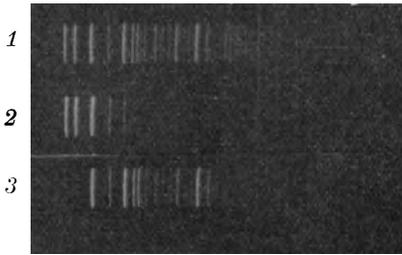


Fig. 5.

Fig. 5 zeigt übereinander 1. das Spektrum dieser Lampe ohne jede Absorption durch Glas, 2. dasselbe Spektrum bei Vorschaltung einer Klarglasplatte von 2 mm Stärke und 3. bei Vorschaltung der Nitroselösung im Quarzgefäß. Wie hieraus deutlich zu ersehen, wird durch das Glas ein großer Teil der ultravioletten Strahlen absorbiert, während durch die Nitroselösung das ultraviolette Licht fast ungeschwächt hindurchgeht; dagegen wird durch diese Lösung das Licht bis zur Wellenlänge  $370 \mu\mu$ , also die grünen und blauen Linien, vollständig ausgelöscht.

Auf die beschriebene Art und Weise wurden untersucht: das Licht der Nernstlampe (32 K. ohne Glocke), das Gasglüh-

<sup>1)</sup> Vgl. Wood: „On screens transparent only the ultra violet light usw.“. Phil. Mag., Febr. 1903.

licht (70 K. mit klarem Glaszylinder), das Licht einer kleinen Bogenlampe, der sog. Sparlampe der Firma Siemens & Halske, welche besonders weißbläuliches Licht gibt, ferner das Licht einer Regina-Bogenlampe für 6 Amp. und dasjenige einer Quecksilber-Quarzlampe. Die Figuren 6 und 7 zeigen die erhaltenen photographischen Bilder für die Nernstlampe und das Gasglühlicht. Beide wurden mit vom weißbewölkten Himmel diffus reflektiertem Tageslicht in Hamburg im Juli morgens 9 Uhr verglichen und, wie aus den Bildern zu ersehen ist, überwiegen die photographisch wirksamen Strahlen des Tageslichtes (rechts i. d. Fig.) bedeutend. Außer dem „weißbewölkten Himmel“ wurde ferner das vom blauen wolkenlosen Himmel zu der-

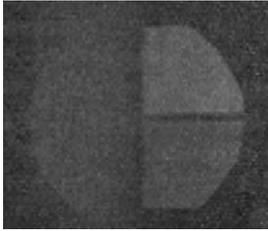


Fig. 6.



Fig. 7.

selben Tageszeit zurückgestrahlte Licht zum Vergleich herangezogen. Dieses erwies sich reicher an ultravioletten Strahlen, aber weniger lichtstark als das Licht des „weißbewölkten Himmels“. Die Tatsache, daß der Gehalt des Tageslichtes an ultravioletten Strahlen schwankend ist, daß an anderen Tagen und zu anderen Zeiten diese Strahlen im Tageslicht geringer, an anderen wieder stärker (nämlich an klaren Sonnentagen zwischen 11 und 2 Uhr) vertreten sind, ist für diese Untersuchungen vollkommen belanglos, denn das vom blauen Himmel morgens zwischen 9 und 10 Uhr in Hamburg reflektierte Licht ist als ein durchaus normales zu bezeichnen, und es fällt keinem Menschen mit gesunden Augen ein, sich hiergegen besonders zu schützen.

Um die Resultate meiner Versuche kurz zusammenzufassen, so geht aus diesen sowie aus vielen weiteren Versuchen

an gewöhnlichen und Flammenbogenlampen zweifellos hervor, daß bei gleicher Flächenhelligkeit das Licht sämtlicher elektrischen Glühlampen, des Gasglühlichts und auch das Licht der meisten Bogenlampen dem Tageslicht an Gehalt von ultravioletten Strahlen erheblich nachsteht. Eine Ausnahme bilden nur die Regina-Lampe ohne Außenglocke und die Quecksilber-Quarzlampe; von den Lampen mit eingeschlossenem langen Lichtbogen sowohl wie von den Quecksilberlampen ist ja der Reichtum an photographisch wirksamen Strahlen und die darauf beruhende Brauchbarkeit zu Kopierzwecken bekannt. Aber selbst bei diesen Lampen ist dem blauen Himmel gegenüber der Unterschied an ultravioletten Strahlen in bezug auf gleiche Flächenhelligkeit nur gering, und dieser Unterschied wird durch äußere Glasglocken, welche ich bei den Versuchen absichtlich weggelassen habe, noch weiter ausgeglichen. Außerdem ist zu bedenken, daß diese Versuche bei gleicher Flächenhelligkeit in bezug auf Tages- und Lampenlicht ausgeführt wurden, daß aber im praktischen Leben die durch das Tageslicht auf einem Arbeitsplatz erzielte Helligkeit diejenige bei der künstlichen Abendbeleuchtung weit übersteigt. Während des Abends 120 Meterkerzen schon als Maximum der Beleuchtung auf einem Arbeitsplatz anzusehen sind<sup>1)</sup>, werden am Tage, wenn die ganze Umgebung gleichmäßig hell ist, 500 Meterkerzen und mehr durchaus nicht unangenehm empfunden. Die in diesem Fall beim Tageslicht ins Auge gelangende Menge ultravioletten Lichtes ist natürlich sehr viel beträchtlicher!

Nun haben wir es im täglichen Leben aber nicht nur mit gleichmäßig beleuchteten Flächen zu tun, sondern, da die Lampen in den weitaus meisten Fällen sichtbar angeordnet sind, so ist es kaum zu vermeiden, in eine Glühlampe mit klarer Glocke oder in eine Bogenlampe mit Mattglasglocke zeitweilig hineinzusehen. Ebenso wenig können wir aber auch unser Auge der Einwirkung vom Sonnenlicht grell beleuchteter oder gar spiegelnder Flächen entziehen, und es fragt sich, ob bei gleich langem Betrachten einer solchen sonnenbeschiene-

---

<sup>1)</sup> vergl. S. 23 und S. 30.

Fläche oder einer künstlichen Lichtquelle aus praktisch vorkommender Entfernung eine größere Schädigung des Auges durch ultraviolettes Licht zu erwarten ist.

Ich habe daher versucht, die in solchen Fällen bei einer bestimmten Zeitdauer ins Auge gelangenden Strahlen mittels des Spektrographen ihrer Intensität und Wellenlänge nach zu fixieren.

Zu diesem Zwecke habe ich den Spektrographen mit gleichbleibender enger Spaltöffnung dieselbe Zeit lang (5 Sek.) direkt auf das von einer blanken spiegelnden Metallfläche reflektierte Sonnenlicht und auf eine Reihe von Lampen gerichtet und die so belichteten photographischen Platten gemeinsam entwickelt. Als praktisch vorkommender Abstand wurde für elektrische Glühlampen und Gasglühlicht 40 cm, für kleinere Bogenlampen 60 cm und für größere Bogenlampen 100 cm gewählt. In dieser Festsetzung liegt natürlich eine gewisse Willkür; aber es ist nicht anzunehmen, daß jemand, der nichts an den Lampen zu tun hat — und solche Fälle sollen hier ganz ausgeschlossen sein — aus kleinerem Abstand als 40 cm in eine Glühlampe oder 1 m in eine Flammenbogenlampe hineinsieht.

Fig. 8 gibt die Ergebnisse für folgende Lampen wieder:

1. Regina-Lampe ohne Überfangglocke, 108 V, 6 Amp. Abstand 60 cm.
2. Carbone-Flammenbogenlampe (gelbe Kohlen), 12 Amp., 45 V, 2000 HK. mit Opalglocke. Abstand 100 cm.
3. Gasglühlicht, 75 Kerzen. Abstand 40 cm.
4. Nernstlampe mit klarer Glocke, 32 Kerzen. Abstand 40 cm.
5. Just Wolfram-Lampe, 40 HK. Abstand 40 cm.
6. Sonnenlicht im Juli, morgens 10 Uhr.
7. Sonnenlicht bei vorgeschalteter 2 mm dicker klarer Glasplatte.

Wie hieraus zu ersehen, erstreckt sich auch in diesem Fall das Spektrum des Sonnenlichtes ohne vorgeschaltetes Glas sehr viel weiter ins Ultraviolette als das Spektrum aller künstlichen Lichtquellen. Auch die Regina-Lampe muß hier zurückstehen. Selbst wenn das Auge gegen das Sonnenlicht durch eine 2 mm starke Glasplatte geschützt wird, ist die Wirkung der ultravioletten Strahlen stärker als bei den meisten künstlichen Licht-

quellen. In bezug auf die Intensität der Wirkung ist ebenfalls das Sonnenlicht jedem künstlichen Licht bei gleich langer Einwirkung entschieden überlegen.

Um den praktischen Verhältnissen noch näher zu kommen, wurde zum Schluß folgender Versuch angestellt: Es wurde der Quarz-Spektrograph mit ziemlich weiter Spaltöffnung auf eine von der Sonne beschienene graue Sandsteinplatte (Treppe)

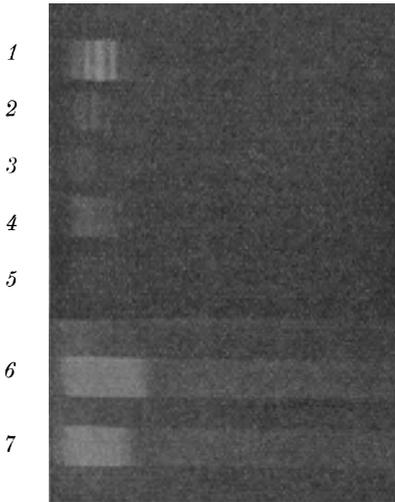


Fig. 8.

gerichtet und die photographische Platte 40 Sek. lang belichtet, darauf wurde derselbe Apparat in genau derselben Weise auf die Glocke einer 3 Amp.-Sparlampe von Siemens & Halske A.-G. in 1 m Abstand und endlich auf die Glocke einer 2000 Kerzen-Flammenbogenlampe (gelb) in 2 m Abstand gerichtet und wieder je 40 Sek. belichtet. Bei gleichzeitigem Entwickeln der Platten zeigte sich, daß beim Sonnenlicht das Spektrum auf der photographischen Platte sowohl sehr viel länger als auch weit intensiver ist als bei den Bogenlampen. Das von weißen und grauen Flächen (Häusern, Straßenpflaster usw.) im Juli reflektierte Sonnenlicht, dem wir unser Auge oft und länger als 40 Sek. aussetzen müssen, und das keinem gesunden

Auge schadet, ist also von bedeutend stärkerer Wirkung als das Licht einer gelben Flammenbogenlampe von 2000 Kerzen bei direktem Hineinsehen in die Lampenglocke aus 2 m Abstand; auch ist die Menge der unter diesen Verhältnissen in der gleichen Zeit ins Auge gelangenden ultravioletten Strahlen beim Sonnenlicht entschieden größer als bei der Flammenbogenlampe.

Daß uns trotzdem die Flammenbogenlampe so viel intensiver und unangenehmer erscheint, liegt natürlich darin, daß beim Sonnenlicht die ganze Umgebung ebenfalls hell ist, während sich die Bogenlampe vom dunklen Hintergrunde abzuheben pflegt. Wie weit das Auge durch die grellen Unterschiede zwischen Hell und Dunkel geschädigt wird, ist natürlich eine ganz andere Frage; hier kam es nur darauf an, zu untersuchen, ob die absolute Menge des ultravioletten Lichtes, von welcher eine Schädigung des Auges befürchtet wurde, bei den modernen Lampen wirklich größer ist als beim Tages- und Sonnenlicht. Nach den mitgeteilten Versuchen ist dies nicht der Fall; im Gegenteil bleibt das künstliche Licht in den weit- aus meisten Fällen in der genannten Beziehung hinter dem Tages- und Sonnenlicht zurück.

Da das Gasglühlicht in neuester Zeit als ganz besonders gefährlich hingestellt wird, so lasse ich noch einige photographische Bilder folgen, welche das Unhaltbare dieser Behauptung am besten widerlegen. Diese Bilder (Fig. 9 a und 9 b) sind in der Weise erhalten, daß die wiedergegebene Druckseite das eine Mal (a) durch zerstreutes Tageslicht an einem nebligen Dezembertag in Hamburg morgens 10 Uhr in etwa 2 $\frac{1}{2}$  m Abstand vom Fenster, das andere Mal (b) durch stehendes Gasglühlicht mit klarem Zylinder in 1 m Abstand beleuchtet und mit einem photographischen Apparat bei der gleichen Belichtungsdauer von 15 Sek. aufgenommen wurde.

Gleichzeitig wurde die optische Lichtstärke auf dem Papier mittels eines Photometers, dessen runde Mattscheibe in der Mitte der Abbildungen sichtbar ist, bestimmt; dieselbe betrug bei der Tageslichtbeleuchtung 90 Lux<sup>1)</sup>, beim Gasglühlicht

---

<sup>1)</sup> Die Einheit der Beleuchtung — Lux oder Meterkerze genannt — erhält man, wenn man ein Blatt Papier durch 1 Hefnerkerze in 1 m Abstand beleuchten läßt.

103 Lux. Obwohl also die für das Auge in Frage kommende Beleuchtungsstärke beim Gasglühlicht stärker war, und obwohl das Tageslicht im Dezember bei Nebel für diesen Vergleich jedenfalls so ungünstig wie nur möglich ist, hat es doch (Fig. 9a!) weit stärker gewirkt als das Gasglühlicht!<sup>1)</sup>

Ferner wurde ein Stück Celloidinpapier an einem trüben Dezembermorgen auf einem vor einem nach N gelegenen Fenster befindlichen Arbeitsplatz dem Tageslicht ausgesetzt und gleich-



Fig. 9a.



Fig. 9b.

zeitig die Flächenhelligkeit auf dem Tisch fortdauernd mit dem Photometer (zu 100—120 Lux) gemessen. Die Zeit, bis das zur Hälfte mit einem klaren Glas, zur anderen Hälfte mit einem sog. Woodschen Glase, welches die sichtbaren kurzwelligen Strahlen absorbiert, die ultravioletten Strahlen dagegen durchläßt, bedeckte Papier bis zu einem passenden Grade geschwärzt war, betrug 68 Min. oder rund 1 Stunde. Derselbe Platz wurde abends durch einen hängenden Gasglühlichtbrenner, ausge-

<sup>1)</sup> Die photographische Platte ist beim Tageslicht (9a) stärker geschwärzt, das hier wiedergegebene positive Bild ist natürlich dementsprechend heller.

rüstet mit Milchglasglocke und Milchglasschirm, in 65 cm Abstand beleuchtet und ein Blatt lichtempfindlichen Papiers wie oben bei einer Beleuchtungsstärke von 120 Lux jetzt durch das Gasglühlicht belichtet. Um dieselbe Schwärzung zu erzielen wie beim Tageslicht, mußte die Belichtung auf  $7\frac{1}{2}$  Std. ausgedehnt werden. Bei Beleuchtung mit einer elektrischen Tantallampe, (Schreibtischlampe mit Glocke, Flächenhelligkeit auf dem Papier wieder 120 Lux) in 47 cm Abstand waren ca. 12 Stunden erforderlich!

Diese Zahlen, 1 Std. gegen  $7\frac{1}{2}$  bzw. 12 Std., sprechen für sich selbst! Übrigens ist es ja auch bekannt, daß bei Gasglühlichtbeleuchtung gute photographische Bilder sehr schwer zu erzielen sind.

Aus diesen Versuchen, die jeder mit den einfachsten Mitteln wiederholen kann, geht wohl zur Genüge hervor, daß gerade beim Gasglühlicht die chemisch wirksamen Strahlen — sichtbare sowohl wie unsichtbare — gleiche optische Lichtstärke vorausgesetzt, dem diffusen Tageslicht gegenüber eine ganz untergeordnete Rolle spielen und daß es sinnlos ist, sich beim künstlichen Licht gegen diese Strahlen schützen zu wollen, wo dieselben im Tageslicht ungleich stärker enthalten sind. Die Frage ob, und wann Schutzgläser erforderlich sind, soll im letzten Kapitel noch genauer behandelt werden.

#### **IV. Ist ein besonderes Schutzglas gegen die ultravioletten Strahlen der künstlichen Lichtquellen erforderlich?**

Bezüglich der Wirkung der Lichtstrahlen auf das Auge können wir das Spektrum in 3 Gebiete einteilen, nämlich in kurzwellige ultraviolette Strahlen von der Wellenlänge 0 bis  $300\ \mu\mu$ , in langwellige ultraviolette Strahlen von  $300\text{—}400\ \mu\mu$  und in sichtbare Strahlen von der Wellenlänge  $400\text{—}760\ \mu\mu$ .

Was zunächst die Strahlen sehr kurzer Wellenlänge betrifft, so sind diese infolge der Absorption in der Atmosphäre im Sonnenlicht wenig enthalten, sie treten dagegen im Licht der künstlichen Lichtquellen in mehr oder weniger starkem Maße auf, wenn wir die Lampe ohne Glasglocke benutzen. Ins Innere des Auges dringen diese Strahlen nicht ein, sie ver-

ursachen aber leicht eine Entzündung des äußeren Auges. Natürlich fallen diese Strahlen am intensivsten aus in unmittelbarer Nähe des Lichtbogens, während in größerem Abstand schon die Absorptionswirkung der Luft in Funktion tritt. Deshalb ist bei allen Untersuchungen und Hantierungen am Lichtbogen, bei der Quecksilber-Quarzlampe und ähnlichen Lichtquellen Vorsicht am Platze und der Gebrauch einer Schutzbrille in solchem Falle dringend zu raten. Eine Schutzbrille für diesen Zweck darf nun nicht nur aus klarem Glas bestehen — zur Absorption der ultravioletten Strahlen bis zu  $300 \mu\mu$  würde dies ja schon genügen — sondern sie muß aus einem mehr oder weniger dunklen Glase hergestellt sein, welches die übrigen Strahlen des Spektrums, vor allem auch die sichtbaren Strahlen, vom Auge fernhält. Denn gerade gegen zu intensive sichtbare Strahlen, welche unverändert zur Netzhaut gelangen, ist das Auge äußerst empfindlich. Die schädliche Wirkung der langwelligen ultravioletten Strahlen, welche ja bekanntlich in der Linse zurückgehalten werden, kommt gegenüber dem Schaden, welche die zu große Menge der sichtbaren, hauptsächlich der gelbgrünen Strahlen anrichten kann, kaum in Betracht. So konnte Herr Prof. Best, Dresden, die Mittags-sonne um 12 Uhr bei wolkenlosem Himmel durch ein blaues Uviolglas, welches die ultravioletten Strahlen gut durchläßt, die sichtbaren dagegen absorbiert, 10 Sek. lang ohne jeden Schaden fixieren, während es ihm unmöglich war, auch nur für den Bruchteil einer Sekunde in die Sonne durch ein gelbes Glas hineinzusehen, obwohl im letzten Falle die ultravioletten Strahlen gänzlich ausgeschieden waren.

Für solche Schutzbrillen steht nun eine ganze Reihe von Gläsern zur Verfügung. Wenn man diese hinsichtlich ihrer Wirksamkeit vergleichen will, so muß man sie zunächst in verschiedene Gruppen je nach der Durchlässigkeit für das sichtbare Licht einteilen, denn einerseits sind zu gewissen Zwecken, wo es auf Farbenunterscheidung und auf die Erkennbarkeit von Einzelheiten ankommt, nur helle durchsichtige Gläser zu benutzen, während in anderen Fällen, z. B. bei Arbeiten am elektrischen Lichtbogen, die Farbe des Schutzglases ziemlich gleichgültig ist. Andererseits ist von einem solchen hellen Glase nicht ohne weiteres dieselbe Schutzwirkung zu verlangen

wie von einem das ganze Spektrum an sich schwächenden dunklen Glase. Natürlich spielt hier auch die Dicke der Gläser eine Rolle. Ich habe eine Reihe der bekannten Gläser untersucht und glaube, folgende Schutzgläser für die verschiedenen Zwecke empfehlen zu können.

1. Für Arbeiten und Untersuchungen am elektrischen Lichtbogen:
  - a) Rotes Rubinglas.
  - b) Dunkles Hallauerglas.  
Wenn das letzte Glas nicht dunkel genug ist, wird es zweckmäßig doppelt genommen oder mit einem blauen Brillenglas kombiniert.
2. Für Arbeiten an weniger intensiven Lichtquellen (Gasglühlicht, Quecksilberlampe usw.):
  - a) Euphosglas.
  - b) Hallauerglas, mittel, Nr. 64.
  - c) Gelbes Jenaer Schutzglas.
3. Für Arbeiten, bei welchen stark ultraviolettes Licht benutzt wird, und wo es doch auf Farbenunterscheidung und Unterscheidung von Einzelheiten ankommt (z. B. photographische Arbeiten, Bleichen von Farbstoffen usw.):
  - a) Klares Jenenser Schwertflintglas.
  - b) Hallauerglas Nr. 62.
  - c) Euphosglas in ganz dünnen Platten.

Für den einzelnen sind also in speziellen Fällen, bei Arbeiten am Lichtbogen, bei welchen sich das Auge ungeschützt in der Nähe des Bogens befindet, Schutzgläser unbedingt erforderlich. Eine ganz andere Frage aber ist es, ob wir im täglichen Leben bei der in der Praxis gebräuchlichen Aufhängung und Verteilung der modernen Lampen und bei den üblichen Lichtstärken besondere Vorsichtsmaßregeln gegen die ultravioletten Strahlen dieser Lichtquellen zu treffen haben.

Die Ansicht der Augenärzte, ob die langwelligen ultravioletten Strahlen von 300—400  $\mu\mu$  — die kurzwelligen werden durch die immer vorhandenen Glasglocken völlig absorbiert — überhaupt schädlich sind, ist noch sehr geteilt.

Während Herr Dr. Schanz die Frage bejaht, ist es nach Herrn Prof. Birch-Hirschfeld nicht nötig, diese ultravioletten Strahlen größerer Wellenlänge vom Auge fernzuhalten. Derselbe hat auch festgestellt, daß die mit Glasglocke versehene Quarzlampe in normaler Aufhängehöhe als ungefährlich für das Auge und für die öffentliche Beleuchtung als geeignet anzusehen ist.

Nach Herrn Prof. Hertel in Jena ist es bei Wanderungen auf Schneefeldern vor allem die große Menge der sichtbaren, hauptsächlich der gelbgrünen Strahlen, welche ihrer Intensität wegen das Auge in hohem Maße reizt, das bißchen Ultraviolett macht daneben gar nichts aus. Dies erklärt auch die schützende Wirkung einer blauen Brille in solchen Fällen, also einer Brille, welche die ultravioletten Strahlen nur ganz unvollkommen zurückhält. Dieselbe Ansicht vertreten die Herren Dr. med. Seebrook und Prof. Dr. Best.

Nach dem heutigen Stande der medizinischen Wissenschaft ist es also zum mindesten verfrüht, das Auge peinlich vor jeder Wellenlänge unter  $400 \mu\mu$  schützen zu wollen! Dazu kommt die Tatsache, daß solche langwelligen ultravioletten Strahlen im zerstreuten Tageslicht ebenfalls vorhanden sind. Meine im 3. Teil beschriebenen Versuche ergaben, kurz zusammengefaßt, folgendes Resultat: „Werden die Lampen so angeordnet, daß sie für das Auge selbst verdeckt sind, daß aber auf den Arbeitstischen eine dem Tageslicht entsprechende Helligkeit erzielt wird, so gelangen bei künstlicher Beleuchtung weniger ultraviolette Strahlen in unser Auge als bei Tageslicht.“

Sie zeigten ferner, daß auch beim direkten Hineinsehen in eine Flammenbogenlampe von 2000 Kerzen aus 2 m Abstand weniger ultraviolettes Licht ins Auge gelangt als beim gleichlangen Betrachten (40 Sek.) einer von der Sonne beschienenen grauen Sandsteinplatte! Wenn wir dann noch bedenken, wie ungeheuer groß die Menge des ultravioletten Lichtes ist, welches den Tag über in unser Auge gelangt — erreicht doch die Flächenhelligkeit am hellen Tage oft Tausende von Meterkerzen, während die abendliche Beleuchtung von Arbeitsplätzen einige hundert Meterkerzen nie übersteigt —, so müssen wir die oben gestellte Frage wie folgt beantworten:

„Solange wir uns nicht durch grüne Fensterscheiben gegen das Tageslicht schützen — so lange ist auch ein Schutz gegen die ultravioletten Strahlen des künstlichen Lichtes in keiner Weise zu rechtfertigen, und die Furcht vor diesen Strahlen ist unter normalen Verhältnissen durchaus unbegründet.“

---

Wenn wir so gefunden haben, daß es unnötig ist, durch Zylinder und Glocken aus grünem Glase die Augen gegen das ultraviolette Licht zu schützen, und wenn wir gesehen haben, daß diese Strahlen unter gewöhnlichen Lebensbedingungen für die Menschheit vollkommen belanglos sind, dann ist noch die Frage zu beantworten: Wie kommt es denn aber, daß wir beim Tageslicht viel länger ungestört zu arbeiten vermögen als beim Lampenlicht? Die Tatsache, daß die Augen beim Lampenlicht früher ermüden als am Tage, wird wohl niemand bestreiten. Einen Hinweis zur Antwort auf diese Frage bietet uns die indirekte oder halbindirekte Beleuchtung durch Bogenlampen. Bei dieser Art der Beleuchtung wird das Licht der Lampen ganz oder zum größten Teil an die weißgestrichene Zimmerdecke geworfen und gelangt erst von hier durch diffuse Reflexion zu den Arbeitsplätzen. Man erhält so eine gleichmäßige Beleuchtung des ganzen Raumes, welche dem Tageslicht ähnlich ist. Bei dieser vollkommensten Art der Innenbeleuchtung wird auch längeres Arbeiten, wie mir von verschiedenen Seiten bestätigt wurde, durchaus nicht unangenehm empfunden; ja, es ist der Wechsel von Tageslicht und künstlicher Beleuchtung kaum zu bemerken. Die zu dieser indirekten Beleuchtung erforderlichen Lampen müssen natürlich recht lichtstark sein; es kommt daher vorläufig wohl nur Bogenlicht oder intensives Gasglühlicht in Frage, und es ist natürlich unmöglich, kleinere Wohnräume mit solchen Intensivlampen zu beleuchten — jedenfalls können wir aber aus dieser indirekten Beleuchtung schließen, in welcher Weise die Innenbeleuchtung zu gestalten ist, um eine das Auge möglichst wenig ermüdende Wirkung zu erzielen.

Erstens soll der Abstand von einer starken Lichtquelle (als solche ist z. B. schon ein Gasglühlichtbrenner zu bezeichnen) genügend groß sein; eine unnötig große Flächenhelligkeit auf den Arbeitsplätzen ist zu vermeiden. Prof. Cohn hat im Jahre 1885 festgestellt, daß das menschliche Auge bei 60 Meterkerzen ohne Akkommodationsanstrengung etwa so gut wie bei Tage sehen kann. Ist nun auch unser heute schon verwöhntes Auge mit diesen 60 Meterkerzen nicht ganz zufrieden, so sollte die künstliche Beleuchtung auf dem Arbeitsplatz meiner Ansicht nach 120 Meterkerzen niemals übersteigen. Was unter diesen Beleuchtungsangaben zu verstehen ist, kann man sich leicht klarmachen, wenn man eine Zeitung in 1 m Abstand von einem normalen, stehenden Glühstrumpf, und zwar senkrecht zur Achse des Glühkörpers, betrachtet. Man hat in diesem Falle auf der Papierfläche eine Helligkeit von 70—80 Meterkerzen. Im Abstand von 80 cm steigt dieselbe auf 117 Meterkerzen, während man in 50 cm Abstand schon 300 Meterkerzen erhält.

Zweitens müssen alle Lampen so angeordnet werden, daß das Auge nicht geblendet wird. Bei niedrighängenden Lampen oder bei Stehlampen soll z. B. der Glühkörper, sei es Gas oder elektrisches Licht, für das Auge völlig verdeckt sein.

Und drittens soll der ganze Raum möglichst gut erleuchtet sein, damit der Gegensatz zwischen dem hellen Arbeitsplatz und der Umgebung so gering wie möglich wird. Hat man also eine Stehlampe auf dem Schreibtisch, so soll das Zimmer, wenn irgend angängig, durch eine zweite, hochhängende Lampe beleuchtet sein, oder es soll, wenn eine Hängelampe für Petroleum oder Gas benutzt wird, diese mit einer großen, weißen Glocke versehen sein, welche einerseits die Tischfläche gleichmäßig beleuchtet, und welche andererseits möglichst viel diffuses Licht ins Zimmer gelangen läßt.

Wer in der angedeuteten Weise dafür sorgt, daß schroffe Übergänge zwischen Hell und Dunkel vermieden werden, daß eine Blendung des Auges nicht eintreten kann, und daß endlich die Beleuchtung auf dem Arbeitsplatz nicht übertrieben groß ist, der braucht keine ultravioletten Strahlen zu fürchten, er hat für sein Auge in denkbar bester Weise gesorgt. Ist dagegen das Auge gezwungen, sich bald an eine intensiv helle Schreibtischlampe, bald an den auch noch hellen Arbeitsplatz

und dann wieder an die absolute Dunkelheit des Zimmers anzupassen, so verursacht dies Unbehagen oder Ermüdung des Auges. Gegen derartige Beschwerden werden auch grüne Euphos-Zylinder und -Glocken unter Umständen mit Vorteil verwendet werden, und das grüne Licht mag manchem Auge angenehm sein — aber darüber muß man sich klar sein: eine solche Glocke ist angenehm, weil sie grün ist, nicht, weil sie ultraviolette Strahlen absorbiert.

Derartige grüne Gläser soll man meiner Ansicht nach aber nur bei erkrankten Augen verwenden, denn obgleich die grüne Farbe anfänglich für das Auge angenehm ist, wird das Verweilen im grün beleuchteten Raume allmählich unangenehm drückend; außerdem leidet das Farbenunterscheidungsvermögen beträchtlich, und endlich geht ein großer Teil des erzeugten Lichtes — beim Euphosglas nach meinen Messungen 20 bis 30 Prozent — wieder verloren!

Aus allen angeführten Gründen soll man sich die schönen Erfolge, welche das Beleuchtungswesen in den letzten Jahren zu verzeichnen hat, nicht durch die Furcht vor dem ultravioletten Licht und durch grüne Glasglocken und Zylinder wieder verkümmern lassen! Daß in vielen Fällen, z. B. zu Reklamezwecken vor Schaufenstern, eine unsinnige Lichtverschwendung getrieben wird, welche oft geradezu eine Vergewaltigung des Auges darstellt, ist sicher. Daraus darf man aber der Beleuchtungstechnik im allgemeinen keinen Vorwurf machen und nun die alten Öl- und Petroleumlampen zurückwünschen. Das Ziel der Beleuchtungstechnik muß vielmehr sein, immer hellere und billigere Lichtquellen zu schaffen, damit bei voller Abblendung der intensiven Leuchtkörper eine gleichmäßige, möglichst diffuse, dem Tageslicht ähnliche Beleuchtung der Innenräume zu erzielen ist.

Zum genaueren Studium der Frage des ultravioletten Lichtes seien u. a. folgende Schriften erwähnt.

### 1. Allgemeines:

- S. P. Thompson: „Über sichtbares und unsichtbares Licht“. Halle 1898, Verlag Wilh. Knapp.
- Prof. Dr. L. Weber: „Die Beleuchtung.“ Handbuch der Hygiene, Bd. 4. Jena 1895, Verlag G. Fischer.
- Dr.-Ing. L. Bloch: „Grundzüge der Beleuchtungstechnik.“ Berlin 1907, Verlag Jul. Springer.
- Prof. Dr. A. Jesionek: „Lichtbiologie.“ Braunschweig 1910, Verlag Vieweg & Sohn.

### 2. Für und gegen die Verwendung von Euphos-Schutzglocken:

- San.-Rat Dr. Schanz und Dr.-Ing. Stockhausen: „Wie schützen wir unsere Augen vor der Einwirkung der ultravioletten Strahlen unserer künstlichen Lichtquellen?“ v. Graefes Archiv für Ophthalmologie 1908, S. 49–74.
- Dieselben: „Über die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf das Auge.“ v. Graefes Archiv für Ophthalmologie 1908, S. 452–62.
- Prof. F. Best: „Über die praktische Tragweite der Schädigungen des Auges durch leuchtende und ultraviolette Strahlen.“ Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 1909, S. 521–36.
- Prof. Birch-Hirschfeld: „Zur Beurteilung der Schädigungen des Auges durch ultraviolettes Licht.“ Zeitschrift für Augenheilkunde 1909, H. 5, sowie weitere Abhandlungen in derselben Zeitschrift.
- Oberarzt Dr. A. Vogt: „Kritik der Abhandlungen und Vorträge der Herren Schanz und Stockhausen über die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf das Auge u. s. w.“ Archiv für Augenheilkunde 1909, S. 344–73.
- Dr.-Ing. W. Voege: „Ist durch das ultraviolette Licht der modernen künstlichen Lichtquellen eine Schädigung des Auges zu befürchten?“<sup>1)</sup> Elektrotechnische Zeitschrift 1908, S. 779, Heft 33.
- Derselbe: „Über den Schutz des Auges gegen die Einwirkung der ultravioletten Strahlen unserer künstlichen Lichtquellen.“<sup>1)</sup> Elektrotechnische Zeitschrift 1909, S. 51, Heft 22.

---

<sup>1)</sup> Aus diesen Aufsätzen sind die Figuren 3 bis 7 sowie ein Teil des Textes im 3. Abschnitt entnommen worden.