

U. STEFANI. **Comment se comporte le muscle sphincter de l'iris à la suite de l'atropinisation de l'oeil.** *Arch. ital. de biologie* 37, 65—73. 1902.

Wird Hunden während 8—70 Tagen ein Auge atropinisiert, so zieht sich nach dem Tode (durch schnelles Verbluten) die Pupille des Atropinauges stärker zusammen, wie die Pupille des nicht atropinisierten Auges. Letztere erweitert sich zunächst, um sich dann meist wieder ein wenig zu verengern. Die gleichzeitig eintretende Verengerung der Pupille des Atropinauges ist immer stärker, wie die der normalen Pupille; das Verhältnis kann 1:2 betragen. Die Pupille eines nur kurze Zeit atropinisierten Auges verhält sich hingegen wie die des normalen. Nach beiderseitiger Sympathikusdurchschneidung verengt sich die normale Pupille postmortal mehr, als die des kurz oder lang atropinisierten Auges. Ist eine Pupille seit kurzem, die andere länger atropinisiert, so zieht sich ebenfalls nach doppelter Sympathikusdurchschneidung erstere kaum, letztere stark zurück. Nikotin ist auf die postmortale Pupillenbewegung ohne Einfluss. — Die Unterschiede zwischen kürzer und länger atropinisierter Pupille beruhen nicht auf Abschwächung der Atropinwirkung bei längerer Anwendung, weil sich nach dieser Lichteinfall oder Reizung der Ciliarnerven als unwirksam erwiesen. Die postmortalen Bewegungen der Pupillen hängen ab von der Gewebselastizität, von der eigenen Tätigkeit des Dilatators, sowie des Konstriktors. Für gewöhnlich überwiegen die beiden ersten die Pupille erweiternden Kräfte; nach längerer Atropinisierung ist hingegen die Wirkung der dritten Kraft vermehrt. Verf. schließt aus seinen Versuchen, daß Atropin keine lähmende Wirkung direkt auf den Sphinktermuskel ausübt, sondern vielmehr den tonischen Einfluss der Ciliarnerven verhindert, und dadurch die Kraft des Sphinkters erhöht. W. TRENDLENBURG (Freiburg i. Br.).

U. STEFANI. **Si l'atropinisation de l'oeil entraîne des modifications dans les cellules du ganglion ciliaire.** *Arch. ital. de biologie* 37, 155—156. 1902.

Nach maximaler über viele (bis 70) Tage sich erstreckender Atropinisierung eines Auges wurden bei Hunden und Katzen die Ganglienzellen des entsprechenden Ciliarganglion nach der NISSL-Methode untersucht. Entgegen dem Verhalten bei Iridektomie zeigen die Ganglienzellen nach Atropinisierung des entsprechenden Auges keine Chromolyse. Es bilden sich nur langsam leichte Veränderungen aus, in geringerer Färbbarkeit bestehend, sowie in Volumvermehrung des ganzen Zellprotoplasmas.

W. TRENDLENBURG (Freiburg i. Br.).

OTTO LUMMER. **Die Ziele der Leuchttechnik.** Experimentalvortrag, gehalten am 19. März 1902 am Gesellschaftsabend des Elektrotechnischen Vereins zu Berlin. *Elektrotechnische Zeitschrift* 23 (35 u. 36). 1902.

Der Gegenstand des LUMMERschen Experimentalvortrages beansprucht in vielfacher Beziehung ganz hervorragendes Interesse. Ist es des Physikers besondere Aufgabe, die verschiedenen Energiesorten einer Strahlung, die sichtbaren, wie die unsichtbaren, nach Maß und Zahl zu ordnen und die Abhängigkeit der Zusammensetzung des Gemisches der Energiestrahlen von verschiedenen Variablen, z. B. der Temperatur oder der chemischen Zusammensetzung der energieaussendenden Substanz zu studieren, so sucht

sich der Physiologe die Eigenschaften der Strahlung aus, welche eine physiologische Wirkung, eine „spezifische Erregung“ hervorzurufen im stande sind. Da für eine sachgemäße Bearbeitung physiologischer Probleme die Kenntnis der in Betracht kommenden physikalischen Gesetze natürlich die Voraussetzung bildet, so wird der Inhalt des LUMMERSchen Vortrages jeden Physiologen, insbesondere jeden physiologisch-optisch arbeitenden, auf das lebhafteste interessieren. Man wird kaum wieder die neuesten Anschauungen und Ergebnisse des behandelten physikalischen Gebietes so anschaulich und in so enger Fühlung mit den Fragen der physiologischen Optik abgehandelt finden und so mag es manchem willkommen sein, wenn über diese im ganzen mehr physikalische Materie in dieser Zeitschrift ein eingehenderes Referat geliefert wird.

Betrachten wir zuerst die wichtigsten physikalischen Strahlungsgesetze, so ist der Ausgangspunkt in der bekannten Tatsache gegeben, daß bei spektraler Zerlegung eines Strahlungsgemisches nur ein verhältnismäßig geringer Bereich von Wellenlängen, nämlich die von 400—700 $\mu\mu$ das Auge spezifisch zu erregen im stande ist, daß dagegen sowohl die ultraroten (Wärme-)Wellen wie auch die ultravioletten Strahlen wohl durch geeignete physikalische Apparate, Thermometer, Bolometer, photographische Platte etc., die langwelligen Strahlen auch durch den Temperatursinn, nicht aber durch das Sehorgan nachgewiesen werden können. Will man die gesamte Energie einer „Temperaturstrahlung“ nach Wellenlängen und Intensität, d. h. qualitativ und quantitativ messend bestimmen, so sind Meßapparate nötig, welche nicht auf Strahlen bestimmter Wellenlänge selektiv wie das Auge, sondern für alle Wellenlängen gleichmäßig empfindlich, d. h. in allen Spektralorten proportional der auftreffenden Energie reagieren. Ein brauchbares, höchst empfindliches Meßinstrument derart ist das von LUMMER angegebene Bolometer, welches nach dem Prinzip der Thermosäulen konstruiert ist. Ferner muß bei der spektralen Zerlegung des Strahlungsgemisches, d. h. bei der Ordnung der gemischten Energiestrahlen nach ihren Wellenlängen ein Prisma verwendet werden, welches alle Strahlen gar nicht oder gleichmäßig, nicht aber selektiv absorbiert. Wasser und Glas lassen zwar die Lichtstrahlen ungeschwächt durch, absorbieren aber sowohl im ultraroten, wie im ultravioletten Spektralgebiet die Energiestrahlen selektiv und sind deshalb für Energiemessungen unbrauchbar; dagegen genügen Prismen aus Flußspat oder Sylvin den angegebenen Forderungen und sind deshalb für Zwecke der Energiebestimmung wohl verwendbar. Zerlegt man also mit einem solchen Prisma ein Strahlungsgemisch und führt das Bolometer von Ort zu Ort durch das Spektrum, so mißt man an jedem Spektralort die Energie der auf das Bolometer treffenden Strahlen und kann sich durch kurvenmäßige Darstellung (Energie als Funktion der Wellenlänge) die Energieverteilung im Spektrum der betreffenden Strahlungsquelle veranschaulichen.

Die Grundlage aller physikalischen Betrachtungen über die Temperaturstrahlung bildet das Gesetz KIRCHHOFFS, in welchem über die Abhängigkeit der Energiestahlung von Temperatur und Wellenlänge ausgesagt wird, daß ein Körper bei jeder Temperatur diejenigen Wellensorten emittiert, welche er bei derselben Temperatur absorbiert, und daß das Verhältnis von

Emissions- und Absorptionsvermögen bezogen auf die gleiche Temperatur und die gleiche Wellenlänge für alle Körper dasselbe ist. $\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = \text{const.}$

Demnach ist die qualitative Zusammensetzung eines Strahlungsgemisches abhängig 1. von der Beschaffenheit der emittierenden Substanz und 2. von der Höhe der Temperatur. In Bezug auf den letzten Faktor, die Temperatur, ergeben sich sogleich zwei weitere Gesetze, von denen insbesondere das zweite Interesse beansprucht: 1. die Strahlungsenergie steigt mit der Temperatur des glühenden Körpers rasch an, 2. die spektrale Verteilung der Energie ändert sich mit der Temperatur so, daß bei Erhöhung der Temperatur die Intensität der kürzeren Wellen schneller zunimmt als die der langen.

Diese beiden qualitativen Gesetze enthalten in sich die Frage nach quantitativen Bestimmungen, nämlich ad 1: um wieviel steigt die Strahlungsenergie bei bestimmter Steigerung der Temperatur des emittierenden Körpers? und ad 2: um einen wie großen Spektralbereich (Bereich von Wellenlängen) verschiebt sich das Energiemaximum bei bestimmter Temperatursteigerung nach dem kurzwelligen Spektralende hin?

In Bezug auf beide Fragen leitet das Studium der Strahlungseigentümlichkeiten des sogenannten „schwarzen Körpers“ zu einer befriedigenden Antwort hin. Der „schwarze Körper“, dessen begriffliche Einführung schon von KIRCHHOFF herrührt, dessen experimentelle Verwirklichung aber diesem Forscher noch nicht gelang, ist ein Körper, der alle auftreffenden Strahlen absorbiert, und nichts reflektiert oder durchläßt. Der schwarze Körper absorbiert maximal, emittiert also auch maximal, er ist also der absolut maximale Energiestrahler und liefert durch den Ausschluß der komplizierenden Reflexion und Durchlässigkeit den einfachsten Fall einer Strahlung. Die experimentelle Darstellung der schwarzen Strahlung gelang LUMMER. „Erhitzt man eine mit einer kleinen Öffnung versehene Hohlkugel auf eine überall gleichmäßige Temperatur, so dringt aus der Öffnung die dieser Temperatur entsprechende schwarze Strahlung“. Es verschwinden also im Inneren eines gleichtemperierten Hohlraumes die Strahlungsunterschiede der verschiedensten Körper, wie LUMMER durch einige außerordentlich anschauliche, hier aber nicht näher wiederzugebende Experimente demonstriert.

Mißt man nun bolometrisch die spektrale Verteilung der verschiedenwelligen Energiemengen der schwarzen Strahlung bei verschiedenen Temperaturen, so zeigt sich, daß angefangen von -160° bis annähernd $+2000^\circ$ weitaus der größte Teil der Energie im ultraroten, also nicht sichtbaren Spektralgebiet liegt; für Beleuchtungszwecke ist also die schwarze Strahlung viel zu unökonomisch. Kommt man nun auf die erste der oben formulierten quantitativen Fragen zurück, um wieviel die Energieemission bei Steigerung der Temperatur von Grad zu Grad zunimmt, so ist aus den Messungen das Gesetz zu abstrahieren: Die Energie der schwarzen Strahlung nimmt zu proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur, das Energiemaximum aber wächst proportional der fünften Potenz der absoluten Temperatur, und das

Produkt aus der absoluten Temperatur und der Wellenlänge, bei welcher die Energie ihr Maximum hat, ist konstant.

Ist also das Gesetz des Energiezuwachses mit der Temperatur für den einfachsten Fall, den schwarzen Körper, d. h. für den alles absorbierenden, nichts reflektierenden maximalen Strahler gefunden, so ist es jetzt weiter von großem Interesse, in ähnlicher Weise für einen minimalen, also möglichst viel reflektierenden und wenig absorbierenden Strahler die Gesetzmäßigkeiten festzulegen; auf diese Weise hat man die Strahlungsmöglichkeiten der anderen, Energie emittierenden Körper zwischen zwei Extreme eingeengt. Als geeigneten Minimalstrahler fand LUMMER das spiegelnde Platin, welches in der Tat so stark die auftreffende Energie reflektiert, wie es bisher bei keinem anderen Körper beobachtet wurde. Hier ergibt sich das Gesetz, daß die Emission proportional der fünften Potenz der absoluten Temperatur zunimmt. Auch bei diesem Körper liegt das Energiemaximum im ultraroten Gebiet, ist aber dem sichtbaren Spektralbereich erheblich näher gerückt, als es bei der schwarzen Strahlung der Fall war. Zwischen diesen Extremen würden demnach alle als Leuchtörper verwendeten Temperaturstrahler, Kohle, Gas etc., liegen.

In dem Gesetz, daß das Produkt aus der absoluten Temperatur und der Wellenlänge, bei welcher die Energie ihr Maximum hat, konstant sei, ist zugleich die Antwort auf die zweite oben formulierte Frage abzuleiten, um wieviel das Energiemaximum sich nach dem brechbaren Spektralende bei Zunahme der Temperatur verschiebt. Hier gilt nun auch die Umkehrung, daß man aus der Lage des Energiemaximums die absolute Temperatur eines „Temperaturstrahlers“ berechnen kann, und in der Tat ist diese Beziehung mit Erfolg benutzt worden, nicht nur um die Temperaturen der verschiedensten irdischen Lichtquellen zu ermitteln, sondern auch um die der Sonne und der Fixsterne festzustellen.

Als wesentliche Prinzipien, auf deren Verwirklichung eine ökonomische Beleuchtungstechnik hinarbeiten hat, sind den bisher gegebenen Erörterungen zwei Sätze zu entnehmen: 1. es sind Körper ausfindig zu machen, welche bereits bei möglichst niedriger Temperatur das Maximum der emittierten Energiestrahlung nahezu oder ganz im sichtbaren Spektralbereich haben (das ist bei der Sonne der Fall), 2. die Temperatur der Strahler ist möglichst zu steigern, weil die emittierte Energie dabei in äußerst günstigem Prozentsatz zunimmt (vierte bis fünfte Potenz) und weil das Energiemaximum dadurch dem sichtbaren Spektralbereich näher gerückt wird.

Betrachtet man jetzt das Auge unter Berücksichtigung der eben entwickelten Strahlungsgesetze, so ist in erster Linie der Satz zu betonen, daß unser Auge kein Bolometer ist, daß es also durchaus nicht quantitativ proportional der auftreffenden Energie reagiert. Es ist vielmehr ein verhältnismäßig sehr geringer Bereich von Wellenlängen, auf welche das Sehorgan „selektiv“ antwortet, d. h. physiologisch ausgedrückt, welche den adäquaten Reiz dieses Sinnesorganes bilden. Damit nicht genug, arbeitet das Auge nicht einmal wie ein Instrument, welches unter allen Umständen auf die einmal ausgesuchten, wirksamen Strahler gleichmäßig und pro-

portional deren Intensität reagiert. Im Gegenteil für das Auge haben dieselben Strahlen je nach dem Adaptationszustande ganz verschiedene Reizwerte, und diese Tatsache hat zu der anatomisch und physiologisch wohl begründeten Annahme geführt, daß die Netzhaut zwei wesentlich verschieden reagierende Apparate enthält, den „Hellapparat“, als dessen anatomisches Substrat die Zapfen, und den „Dunkelapparat“ als dessen anatomisches Substrat die Stäbchen zu betrachten sind. Der erste Apparat reagiert selektiv am stärksten auf Energiestrahlen von etwa $580\ \mu\mu$ Wellenlänge, der zweite auf solche von etwa $500\ \mu\mu$; der erste ist durch rotes Licht erregbar, der zweite nicht, der erste vermittelt Farbenempfindungen, der zweite nur die Empfindung farbloser Helligkeit etc.

Es ist von besonderem Interesse, zu bemerken, daß hier zum ersten Male ein Physiker von seinem Standpunkt aus die in der Stäbchenhypothese niedergelegten Schlußfolgerungen für zwingend erklärt.

Bei der Untersuchung der Energiestrahler als Lichtquellen tritt nun die Photometrie in ihr Recht, eine Meßmethode, welche speziell für unser Sehorgan und für die spezifisch wirksamen, als Licht empfundenen Energiestrahler zugeschnitten ist, also im eigentlichen Sinne des Wortes eine physiologische Meßmethode ist. An das BUNSENSCHE Fettfleckphotometer brauche ich nur zu erinnern, auf die vollkommenen „LUMMERSCHEN Gleichheits- und Kontrastphotometer“, welche die Fehler auf $\frac{1}{4}\%$ einschränken, soll aber besonders auch an dieser Stelle wieder aufmerksam gemacht werden. Die Photometrie lehrt, daß auch die als Licht empfundenen Energiestrahlen hinsichtlich ihrer Intensität abhängig sind 1. von der Natur der emittierenden Substanz und 2. von der Temperatur derselben. Es zeigt sich auch hier, daß bei Zunahme der Temperatur die kurzwelligen Strahlen mehr an Energie gewinnen, als die langwelligen, daher z. B. der Übergang der Rotglut in Weißglut bei stärkerer Erhitzung der glühenden Substanz.

Hatten wir bisher gefunden, daß die Energie der Gesamtstrahlung proportional zur vierten bis fünften Potenz und die Energie des Maximums mit der fünften Potenz der absoluten Temperatur zunimmt, so zeigt sich jetzt, daß die als Licht empfundene Energie noch bedeutend schneller mit der Temperatur ansteigt. Bei Rotglut schreitet z. B. die Helligkeit des Platins proportional zur dreißigsten, bei Weißglut immer noch zur vierzehnten Potenz der Temperatur fort. Besonders erheblich ist die Intensitätszunahme der blauen Lichtstrahlen, und man hat die Gesetzmäßigkeiten dieser Helligkeitssteigerung benutzt, um durch photometrische Messungen Aufschluß über die Temperatur glühender Substanzen zu gewinnen (Pyrometer).

Alle diese Erörterungen treffen nur zu, solange es sich um „Temperaturstrahler“ handelt. Keins der abgeleiteten Gesetze beansprucht Gültigkeit für die zweite Klasse der lichtaussendenden Strahler, die „lumineszierenden“ Substanzen. In die Reihe dieser noch ganz unaufgeklärten physikalischen Erscheinungen gehören die von GEISSLERSCHEN Röhren ausgehenden Lichtstrahlen, das Fluoreszenzlicht etc. Diese kommen dem technisch-ökonomischen Ideal sehr nahe, Licht auszusenden ohne Wärmebildung, sind

aber weder in wissenschaftlicher noch in technischer Richtung hinreichend durchgearbeitet, um einer verständlichen Erörterung zugänglich zu sein.

H. PIPER (Berlin).

M. CAMILLE KRAFT. **Études expérimentales sur l'échelle des couleurs d'interférence.** *Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie* 1902, 310—354.

Die Arbeit wurde unternommen, um mit möglichster Genauigkeit die Spektralbezirke der einzelnen Farben nach Wellenlänge und -Zahl festzustellen. Eine solche Untersuchung erschien besonders erwünscht im Hinblick auf die bezüglichen Differenzen zwischen den Farbentafeln WERTHEIMS und ROLLETS, welche mit verschiedenen Lichtquellen arbeiteten und beide gewisse Fehlerquellen, namentlich physiologischer Natur, nicht vermieden hatten.

Die physikalische Versuchsanordnung gestattete in den mit ROWLAND'schem Gitter und BIOTS Kompensator erzeugten Interferenzspektren den Spektralort jeder beliebigen Wellenlänge mit ausgezeichneter Exaktheit zu bestimmen. Die Lichtquellen wurden variiert; als solche dienten: das von gleichmäßig weißgraubedecktem und von tiefblauem heiterem Himmel reflektierte Sonnenlicht, Auerlicht, Argandlicht, ferner Glühlampen- und Bogenlicht. Sämtliche Lichter kamen in möglichst großer Intensität bei den Versuchen in Anwendung.

Bei sämtlichen Messungen wurde das Auge im Zustand guter Dunkeladaptation erhalten.

Die Ergebnisse, auf welche der Autor das Hauptgewicht legt, sind folgende: Die Farbenverteilung im Spektrum wechselt in außerordentlich auffälligem Maße je nach der verwendeten Lichtquelle. Ein bestimmter Farbenbezirk, z. B. das Grün kann bei Verwendung verschiedener Lichtquellen im einen Fall im Bereich dieser, im anderen Fall aber ganz anderer Wellenlängen liegen derart, daß mit dem Wechsel des Lichtes der betreffende Bezirk in toto nach dem einen oder anderen Ende des Spektrums hin um einen auffälligen Betrag verschoben erscheint. Auch die Ausdehnung des Spektralbezirks einer bestimmten Farbe erweist sich mit dem Wechsel der Lichtquelle als variabel. Endlich nehmen auch die komplementären Farbenpaare in den Spektren verschiedener Lichtquellen verschiedene Orte ein.

Man ersieht aus dem Bericht, daß die physikalischen Versuchsbedingungen in der vorliegenden Untersuchung mit ausgezeichneter Exaktheit berücksichtigt und als Variable studiert worden sind; von den physiologischen aber kann man das nicht sagen. Die Untersuchungen, bei welchen das Farbenurteil in erster Linie eine Rolle spielt, wurden sämtlich bei guter Dunkeladaptation vorgenommen, mit der Begründung, daß bei einer solchen eine einigermaßen gleiche Stimmung des Sehorganes für alle Messungen am besten garantiert sei. Daß aber gerade für das Studium der reinen Farbenempfindungen der Zustand der Dunkeladaptation als durchaus ungeeignet bezeichnet werden muß, ist dem Autor unbekannt. Die Untersuchungen von v. KRIES, KÖNIG und HERING und ihrer Schüler sind nicht berücksichtigt. Durch deren Arbeiten ist gezeigt worden, daß mit dem Wechsel des Adaptationszustandes die relativen Reizwerte