

P
T
F

2808

Internationaler Ophthalmologenkongress

LUZERN — 1904

3541

Das Purkinje'sche Phänomen
und die Adaptation der Netzhaut

VON

Dr. MED. K. NOISZEWSKI

(DÜNABURG, RUSSLAND).

~~KSIĄZNICA
POLSKIEGO TOW. PSYCHOLOGICZNEGO~~

1/26 m...

LAUSANNE

Druck von Georg Bridel & Co



nr. inv. 3541

Handwritten signature or initials in black ink.

H-123320

Połączone Biblioteki WFIS UW, IFIS PAN i PTF

T.2808



29002808000000

~~KSIĄZNIKA
POLSKIEGO TOW. PSYCHOLOGICZNEGO~~

XLI

3541
M-h 3541

Das Purkinje'sche Phänomen und die Adaptation der Netzhaut

VON

DR. MED. K. NOISZEWSKI (DÜNABURG, RUSSLAND)

Seit PURKINJE¹ ist es bekannt, dass in der Dämmerung die rote Farbe uns viel dunkler erscheint als die blaue. In der Optik wird allgemein angenommen, dass diese Erscheinung nicht von der objektiven Zusammensetzung des Dämmerlichtes abhängt, sondern von der Eigenschaft der Netzhaut, bei ungenügender Beleuchtung für die blaue Farbe empfänglicher zu sein.

Noch im Jahre 1833 beobachtete BREWSTER² bei Untersuchung des Sonnenspektrums um die Mittagszeit und bei Sonnenaufgang und -Untergang dunkle Linien im Spektrum, welche um so deutlicher waren, je mehr sich die Sonnenscheibe dem Horizonte näherte. Im Jahre 1850 bestimmten BREWSTER und GLADSTONE³ genauer diese dunklen Linien und benannten sie die atmosphärischen, weil ihre

¹ *Zur Physiologie der Sinne*, Bd. 2, S. 109, 1829.

² *Transact. of the Royal Society of Edinburgh*, 1833.

³ *Philosoph. Transact. of the Royal Society of London*, vol. 150, MDCCCLX.

Deutlichkeit abhängig war von der Dicke der atmosphärischen Schicht, welche die Sonnenstrahlen durchdringen müssen. In der Tat ist nach JANSSEN¹ die Dicke der atmosphärischen Schicht, welche die Sonnenstrahlen bei Sonnenaufgang und -Untergang durchdringen, 15mal stärker als diejenige, welche dieselben Strahlen um die Mittagszeit durchdringen. ANGSTRÖM² untersuchte den Einfluss starken Frostes (27° C.) auf die Absorption des Sonnenlichtes durch die Atmosphäre. Bei ANGSTRÖM traten nur die Linien A, B, C₆ und δ deutlich hervor; alle übrigen Absorptionsstreifen waren deutlich entweder kaum zu bemerken oder gar nicht vorhanden.

ANGSTRÖM's Untersuchungen sind für uns von grosser Wichtigkeit, weil sich zur Zeit starker Fröste in der Atmosphäre sehr wenig Wasserdampf befindet und auf diese Weise der Einfluss des Wasserdampfes auf die Absorption des Sonnenlichtes fast ganz ausgeschlossen ist. Zu demselben Resultat kommen JEGEROW und HENNESSY. Obgleich diese Untersuchungen beweisen, dass das Sonnenlicht zur Zeit des Aufganges und Unterganges viele rote Strahlen verliert, so kann man die Abwesenheit der roten Strahlen nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang nicht allein durch die Absorption erklären.

Die Atmosphäre bricht die Strahlen des Sonnenspektrums nicht gleichmässig; am stärksten von allen werden von der Atmosphäre die violetten und blauen Strahlen gebrochen, am schwächsten die roten; und während die violetten und blauen Strahlen noch die Erdoberfläche erreichen, erreichen die roten dieselben nicht mehr, indem sie aus der Atmosphäre der Erde hinaustreten³.

Durch alle angeführten Beobachtungen angeregt, kam ich zu der Ueberzeugung, dass die Frage, ob die roten Strahlen in der Atmosphäre nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang wirklich fehlen, auf experimentellem Wege entschieden werden muss. Ich stellte drei Gruppen von Versuchen, nämlich:

¹ Etudes sur les raies telluriques du spectre solaire, *Annales de Chimie et Physique*, Paris, 1871, p. 275.

² Le spectre normal du soleil, 1868, p. 40.

³ NOISZEWSKI, *Now. Lek.* 1901; *Wiestnik oftal.* 1901, S. 604—609; *Post. okul.*, Nr. 1, 1902; *Sitzungsbericht der physikalischen Sektion der physiko-chemischen Gesellschaft in Petersburg*, 12. Februar 1902; *Post. okul.* H. 1, 2, 3, 4 und 6, 1902.

1. Versuche mit dem GLAN'schen Spektrophotometer ;
2. Versuche mit dem Chromoskop und
3. Versuche mit Bromsilberpapierstreifen.

I. Nachdem ich mich durch viele Versuche davon überzeugt hatte, dass nach Sonnenuntergang der rote Teil des Spektrums dunkel wird, während der violette und der blaue Teil noch hell bleiben, richtete ich in einem ganz dunkeln Zimmer den Spalt des Kollimators auf die Flamme einer Stearinkerze, indem ich den Abstand zwischen der Flamme und dem Spalt des Kollimators so lange vergrösserte, bis die rote Farbe aus dem Spektrum der Flamme verschwunden war. Es ergab sich, dass man noch in einer Entfernung von drei Metern vom Spalt des Kollimators die rote Farbe im Spektrum des Lichtes einer Stearinkerze unterscheiden konnte ; dagegen war es bei diesem Abstand der Flamme des Lichtes vom Spalt des Kollimators ganz unmöglich, gewöhnlichen Druck zu lesen. Dass das Dunkelwerden des roten Teiles des Sonnenspektrums in der Dämmerung nicht von der ungenügenden Beleuchtung abhängt, ist schon daraus ersichtlich, dass ich, ungeachtet der Verdunkelung des roten Teiles des Sonnenspektrums in der Dämmerung, gewöhnlichen Druck in der Entfernung vom Fenster, in welchem sich der Spalt des Kollimators befand, frei lesen konnte.

Sehr instruktiv ist folgender Versuch, in welchem zwei Spektren mit einander verglichen werden ; das Sonnenspektrum und das Spektrum der Flamme eines Stearinlichtes. Durch den oberen Spalt des Kollimators gelangte Tageslicht in das Spektrophotometer, durch den unteren Spalt das Licht von der Flamme einer Stearinkerze. Die Intensität der roten Farbe in beiden Spektren wurde durch eine Wendung des NICOL'schen Prismas ausgeglichen. So lange die Sonne noch über dem Horizonte stand, war der Unterschied in der Intensität beider Spektren ein geringer, jedoch gleich nach dem Sonnenuntergang fing der rote Teil des Sonnenspektrums an, sich zu verdunkeln und zwar so, dass um 3 Uhr 58 Minuten (Petersburg, 10. Januar 1902) vom roten Teil des Spektrums keine Spur übrig blieb.

Die Hypothese, welche das PURKINJE'sche Phänomen für eine subjektive Erscheinung hält, findet eine Hauptunterstützung in der Tatsache, dass die blaue Farbe uns heller als die rote nicht nur während

der astronomischen Dämmerung, sondern auch am Tage bei künstlich erzeugtem Dämmerlicht erscheint.

Als Dämmerung bezeichnet man gewöhnlich nur die astronomische Dämmerung, d. h. den Zeitraum vom Untergange der Sonne an bis zum Erscheinen kleinster Sterne, wenn die Sonne sich schon 18° unterhalb des Horizontes befindet.

Aber es gibt nicht nur eine Abend- und Morgendämmerung, sondern es kann auch eine Dämmerung am Tage erzeugt werden, z. B. in einem künstlich verdunkelten Zimmer; ausserdem tritt die Dämmerung bei jeder ungenügenden Beleuchtung ein, z. B. das Dämmerlicht einer Petroleumlampe, das Dämmerlicht einer glühenden Kohle.

Mit dem PURKINJE'schen Phänomen experimentierend, fand ich, dass dies Phänomen am Tage im verdunkelten Zimmer bei weitem nicht so deutlich hervortritt, als zur Zeit der astronomischen Dämmerung; beim Dämmerlicht einer Petroleumlampe oder einer Stearinkerze erscheint das PURKINJE'sche Phänomen noch schwächer und *beim Dämmerlicht einer glühenden Kohle* ist dies Phänomen umgekehrt: *die rote Farbe erscheint hell, die blaue fast schwarz.*

II. Mit Hülfe des Chromoskops lässt sich leicht nachweisen, dass das PURKINJE'sche Phänomen unabhängig von der Adaptationsfähigkeit ist. Das Chromoskop ist ein mit den Farben des Sonnenspektrums tragender Wolle bewickeltes Stück Kartonpapier.

Die rote Farbe der Wolle entspricht dem roten Teil des Sonnenspektrums bei B, die gelbe der Wolle der gelben des Spektrums bei D, die grüne zwischen F und G, die violette bei H¹. Wenn man während der Dämmerung nach dem Untergange der Sonne das Chromoskop zwischen dem Fenster und dem Lichte einer Petroleumlampe hält, so kann man sich leicht überzeugen, dass *auf der zum Fenster gerichteten Seite die rote Wolle dunkel, die blaue hell erscheint, auf der zur Lampe gekehrten Seite hingegen erscheint die rote Wolle hell, die blaue dunkel.* Da man dies Experiment im Verlauf einer Sekunde einige Mal wiederholen kann, die Netzhaut jedoch nur nach längerer Zeit, nämlich nach $\frac{1}{5}$ bis 20 Minuten, sich zu adaptieren fähig ist, ist man zur Annahme berechtigt, dass *das*

¹ NOISZEWSKI, *Post. Okul.*, H. 6, 1902.

PURKINJE'sche Phänomen nicht von Adaptationsfähigkeit der Netzhaut abhängig ist.

Die Helligkeit sollte nicht durch eine Zahl von Meterkerzen bezeichnet werden, sondern durch eine Berechnung der im Lichte des betreffenden Leuchtkörpers sich befindenden roten, gelben, blauen und violetten physiologischen Einheiten. Gegenwärtig gilt als Helligkeitseinheit die Helligkeit einer Stearinkerze, deren Durchmesser 20 mm. und die Höhe ihrer Flamme 50 mm. beträgt, auf einer in der Entfernung von 1 Meter von der Flamme befindlichen weissen Fläche erhalten. Aber nach diesem Lichtmass ist man im Stande, nur die Helligkeit der der Stearinkerze gleichartigen Leuchtkörper zu berechnen. Beim Vergleichen der Helligkeit der Stearinmeterkerze mit derjenigen des Tageslichtes gelangen wir zu der Ueberzeugung, dass zwischen dem Fenster (Tageslicht) und der Stearinkerze keine Stelle aufzufinden ist, wo der Fettfleck auf weissem Papier (Photometer) unsichtbar wird, denn der Fleck wird stets, von der Seite des Tageslichtes gesehen, als bläulich, von der Seite der Stearinkerze aus als gelblich erscheinen.

Bestimmung einer Einheit für Farbenempfindung.

Stellen wir eine Stearinmeterkerze am Ende eines langen und ganz dunklen Korridors auf und entfernen uns mit dem Chromoskop in der Hand soweit von der Flamme der Kerze, dass die rote Wolle des Chromoskops auch nach der längsten Adaptation schwarz erscheint. Die Entfernung beträgt für eine sehr grosse Anzahl Augen 20 m. Die Helligkeit einer Meterkerze in der Entfernung von 20 m. ist gleich $(\frac{1}{20})^2 = \frac{1}{400}$ einer Meterkerze.

Daraus wird uns klar, dass die Helligkeit, bei welcher die rote Wolle des Chromoskops uns schwarz erscheint, als Farbenhelligkeitseinheit benutzt werden kann.

Sind wir nun im Besitze einer Einheit für die Farbenhelligkeit der roten Farbe einer Stearinmeterkerze, so können wir sie leicht benutzen, um zu bestimmen, wieviel Helligkeitseinheiten blauer Farbe auf eine Helligkeitseinheit der roten Farbe in einer Stearinmeterkerze sich finden.

Stellen wir eine Stearinmeterkerze in einem Zimmer auf in einer solchen Entfernung von der Schwelle eines anderen Zimmers (beide Räume müssen gänzlich verdunkelt sein), dass im zweiten Zimmer schon in der Entfernung von einem Meter von der Schwelle die rote Wolle des Chromoskops schwarz erscheint oder mit anderen Worten, dass das Chromoskop nur von $\frac{1}{400}$ Teil einer Stearinmeterkerze belichtet ist. Nach genügender Adaptation zu dieser Beleuchtung können wir bemerken, dass die blaue Wolle des Chromoskops in dieser Entfernung uns noch hell erscheint und nur dann, wenn wir uns mit dem Chromoskop 3 m. von der Schwelle entfernen, eine ebenso dunkle Färbung wie die rote annimmt.

Aus diesem Experiment folgt, dass im Lichte einer Stearinmeterkerze auf jede physiologische Einheit der roten Helligkeit 9 physiologische Einheiten blauer Helligkeit sich finden.

Durch folgendes Experiment suchte ich das Verhältnis der roten Helligkeit zu der blauen im Tageslichte festzustellen.

Das nach Westen gerichtete Fenster eines langen und dunkeln Korridors war verdeckt, und zwar so, dass nur ein so grosser Spalt übrig gelassen ward, dass die rote Wolle des Chromoskops schon in der Entfernung von einem Meter vom Fenster schwarz erschien. Danach entfernte ich mich mit dem Chromoskop so weit, bis auch dessen blaue Wolle ebenso schwarz wurde.

Es erwies sich, dass ich zu diesem Zwecke mich 16 m. vom Fenster entfernen musste. Aus diesem Experiment lässt sich schliessen, dass im Tageslicht um die Mittagszeit auf jede Einheit der roten Helligkeit $16^2 = 256$ Einheiten blauer Helligkeit sich finden.

Indem ich dieses Experiment am Abend zur Zeit der Dämmerung, als die rote Wolle des Chromoskops schon in der Entfernung von einem Meter vom Fenster (nicht verdeckt) schwarz erschien, wiederholte, konnte ich mich überzeugen, dass in der Entfernung von 16 m. die blaue Wolle des Chromoskops noch immer hell war; und nur dann (viel später), wenn die rote Wolle 1 cm. vom Fenster entfernt, kaum mehr als rote zu erkennen war, schien die blaue schwarz in der Entfernung von 16 m. vom Fenster. Daraus folgt, dass auf jede physiologische Einheit der roten Helligkeit beim Eintritt der Dämmerung $1600 \text{ cm}^2 = 2,560,000$ physiologische Einheiten blauer Helligkeit sich finden.

Hier aber tritt von selbst ein scheinbar schwerwiegender Einwand auf: wenn tatsächlich in der Dämmerung die blauen und violetten Strahlen so sehr vorherrschen, weshalb führt das Photographieren in jener Tageszeit zu so schlechten Resultaten. Gewöhnlich wird letztere Tatsache durch den Mangel von chemisch wirkenden Strahlen bei Abendbeleuchtung erklärt.

Wenn gleich das Verhältnis der Menge der blauen Strahlen zur Menge der roten sich während der Dämmerung zu Gunsten der blauen in dem Grade ändert, dass die roten fast gänzlich fehlen, so ist nichtsdestoweniger die Gesamtmenge der Strahlen in der Dämmerung geringer als die Gesamtmenge der Strahlen am Mittage, ebenso ist die Menge der chemisch wirkenden blauen und violetten Strahlen in der Dämmerung vermindert.

III. Um festzustellen, wann die Menge der chemisch wirkenden Strahlen grösser ist, ob während astronomischer Dämmerung oder zur Mittagszeit bei künstlich erzeugtem Dämmerlicht, legte ich in Kouverts Streifen Bromsilberpapier auf die Weise, dass das Licht nur auf den oberen Teil der Streifen wirkte. Am Tage bei künstlich erzeugtem Dämmerlicht ist die Menge der chemisch wirkenden Strahlen so gering, dass sogar nach zweistündiger Beleuchtung die Streifen des Bromsilberpapiers nicht dunkel wurden. Hingegen die Streifen der Einwirkung des astronomischen Dämmerlichtes ausgesetzt, wurden dunkel schon nach 10 Minuten.

