

(Aus der physikalischen Abteilung des physiologischen Instituts in Berlin.)

## Über die Bleichung des Sehpurpurs durch Licht verschiedener Wellenlänge.

Von

W. NAGEL und H. PIPER.

Hinsichtlich der Bleichung des Sehpurpurs durch Licht, insbesondere hinsichtlich der Farbenskala, die der Purpur bei der Bleichung durchläuft, liegen in der Literatur widersprechende Angaben vor. Nach den Beobachtungen KÜHNES<sup>1</sup> geht die Farbe im allgemeinen aus Karminrot oder Purpurrot durch ein gelbliches Rot und Chamois in Gelb, dann in Weiß über, in anderen Fällen aber durch blasses Lila direkt in Weiß. Welche der beiden Farbenskalen im einzelnen Fall durchlaufen wird, hängt nach KÜHNE von der Wellenlänge des bleichenden Lichtes ab. Schon BOLL<sup>2</sup> hatte angegeben, daß rotes Licht den Purpur gegen bräunlich hin verfärbt, blaues gegen lila. KÜHNE bezeichnete die Wirkung langwelliger Strahlen als ein „Verschießen“ der Purpurfarbe, die der kurzwelligen als „Abblassen“.

Diesen bestimmten Angaben stehen die nicht minder bestimmten Ergebnisse von E. KÖTTGEN und G. ABELSDORFF<sup>3</sup> entgegen. Diese Autoren massen am ungebleichten Purpur mehrerer Tierarten die Absorption für die Strahlen verschiedener Wellenlänge. Dieselbe Messung wiederholten sie mit Sehpurpurlösungen, die in verschieden starkem Maße in gemischtem Licht aus-

<sup>1</sup> Untersuchungen aus dem Physiologischen Institut in Heidelberg, und: HERMANN'S Handbuch der Physiologie III.

<sup>2</sup> Ber. Akad. Wissensch. Berlin 1879, und *Arch. f. Anat. u. Physiologie* 1877.

<sup>3</sup> *Diese Zeitschrift* 12, 1896, 161.

gebleicht waren. Das Absorptionsmaximum blieb dabei an derselben Stelle des Spektrums, die Absorption nahm in allen Teilen des Spektrums gleichmäßig ab.

Dies entspricht einem Abblässen ohne Farbentonänderung. Aber auch bei Ausbleichung in blauem und gelbem Lichte fanden KÖTTGEN und ABELSDORFF keine Verschiebung der Absorptionskurven im Spektrum während der Bleichung.

KÜHNE hatte aus der Änderung des Farbentones bei der Bleichung den Schluß gezogen, es entstehe durch die Zersetzung des Purpurs ein gelber, weniger schnell bleichbarer Farbstoff, das Sehgelb. Wie der Sehpurpur durch grünes, so sollte das Sehgelb hauptsächlich durch blaues Licht am meisten angegriffen werden, d. h. jeder Farbstoff durch die Lichtart, die er am stärksten absorbiert.

Wie man sieht, ist die Annahme eines Sehgelb keineswegs eine notwendige Konsequenz der tatsächlichen Beobachtungen KÜHNES. Die Angaben über verschiedene Bleichungsskala in verschiedenfarbigem Lichte könnten sehr wohl zu recht bestehen, ohne zur Hypothese eines Sehgelb zu zwingen. Es ist ja die Stufe des Gelb in der Bleichungsskala rein willkürlich herausgegriffen und als besonderer Begriff „Sehgelb“ festgelegt. Mit dem gleichen Rechte könnte man von einem „Sehorange“ und „Sehlila“ sprechen.

Dafs KÜHNE bei der Festlegung gerade des Sehgelb von einer ganz bestimmten (wenn auch unseres Wissens nirgends bestimmt ausgesprochenen) theoretischen Voraussetzung ausging, wird besonders wahrscheinlich durch die Prägung des Begriffes „Schweifs“ für das farblose Endstadium einer völligen Bleichung. KÜHNE mag doch wohl zeitweilig die Möglichkeit erwogen haben, dafs in diesen drei „Sehstoffen“ die HERINGSchen drei Sehsubstanzen repräsentiert sein könnten. BOLL andererseits könnte der Gedanke vorgeschwebt haben, die Netzhaut nähme etwa die Farbe des Reizlichtes an und es möchte sich unter günstigen Bedingungen so etwas wie eine farbige Photographie auf der Netzhaut bilden.

Es liegt auf der Hand, dafs die Ergebnisse der sehr sorgfältigen Arbeit von KÖTTGEN und ABELSDORFF der Hypothese das Sehgelb den Boden entziehen müssen, sobald man annimmt, dafs das, was für eine Sehpurpurlösung gilt, auch für den Sehpurpur in situ, in der Netzhaut selbst gilt. Nach KÜHNE ist das im allgemeinen der Fall. Immerhin aber schien es wünschens-

wert, an ganzen Netzhäuten neue Beobachtungen anzustellen, bei denen das Augenmerk ganz speziell auf die bei der Bleichung durchlaufene Farbenskala zu richten war.

Der eine von uns (N.) hatte schon vor längerer Zeit Gelegenheit, an den Netzhäuten einiger Schleiereulen (*Strix flammea* L.) die Ausbleichung im diffusen Tageslicht zu beobachten.<sup>1</sup> Hier, wie bei den Raubvögeln überhaupt, ist es sehr leicht, die ganze Netzhaut völlig pigmentfrei dem Auge zu entnehmen. Sie zeigt ein kräftiges Rosarot, das im hellen Tageslicht in wenigen Minuten zur Farblosigkeit ausbleicht. Weder farbentüchtige Beobachter, noch der eine von uns (N.), der Dichromat ist, konnten bei der Bleichung eine Abweichung der Farbe nach der Seite des Gelbrot oder des Lila hin bemerken, die Farbe blich einfach im selben Tone aus. Da die Purpurfarbe gerade dieser Netzhäute für den Dichromaten dem neutralen Grau gleicht, hätte für seinen Farbensinn die Abweichung nach dem Bläulichen oder Gelblichen hin ganz besonders auffällig sein müssen.

Der andere von uns (P.)<sup>2</sup> führte späterhin eine systematische Untersuchungsreihe mit Froschnetzhäuten aus, die in flachen Porzellanschalen unter geeigneten Lichtfiltern in verschiedenfarbigem Lichte gebleicht wurden, unter fortgesetzter Kontrolle des entstehenden Farbtones. Es ergab sich nichts, was zur Stütze der BOLL-KÜHNESchen Angaben hätte dienen können. Alle Netzhäute blichen in der gleichen Farbenfolge aus, nur ungleich schnell, weil es nicht gelang, die Bleichlichter völlig dämmerungsgleich zu machen, was nach TRENDLENBURGS neuen Untersuchungen<sup>3</sup> die Bedingung für äquivalente Bleichungswirkung wäre.

Wir haben dann noch weitere Versuche mit den wegen ihres ungewöhnlich großen Purpurgehaltes und ihrer farblosen Ausbleichung hierfür so besonders geeigneten Eulennetzhäuten angestellt. Zur Verwendung kamen folgende Arten: Waldkauz, Steinkauz, Walddohreule.

Bei allen diesen Eulen fanden wir keine so rein purpurne Färbung wie bei der Schleiereule, sondern ein kräftiges Karminrot, eine Übergangsstufe zwischen Purpur und (spektralem) Rot, für das Auge des Dichromaten (Deuteranopen) also noch eine

<sup>1</sup> NAGELS Handbuch der Physiologie des Menschen III, 1905, 98.

<sup>2</sup> Ebenda, S. 99.

<sup>3</sup> Diese Zeitschrift 37, 1905, 1.

„warme“ Farbe. Eine solche blieb nun auch während der Bleichung stets bestehen, niemals, auch nicht bei Bleichung durch blaues oder weißes Licht schlug die Farbe ins Lila („kalte“ Farbe) um.

Im einzelnen bestanden erhebliche Unterschiede zwischen den Netzhäuten der verschiedenen Arten und Individuen nicht, namentlich nicht hinsichtlich der Farbe der ungebleichten Netzhaut. Während der Bleichung traten dagegen mehrfach zwar unerhebliche aber doch sicher erkennbare Differenzen auf, und zwar in dem Sinne, daß einzelne Netzhäute genau in ihrem ursprünglichen Farbenton bleibend verblästen, andere dagegen sich ein wenig gegen Orange hin verfärbten. Aber, und das ist das wesentliche, diese Differenzen ließen keine gesetzmäßige Abhängigkeit von der Qualität des Reizlichtes erkennen, wie es nach den Erfahrungen von BOLL und KÜHNE zu erwarten gewesen wäre. Ein Zufall mag es gewesen sein, daß bei einem Bleichungsversuch mit 4 Netzhäuten des Waldkauzes hinter Lichtfiltern ein Ergebnis erhalten wurde, das dem BOLL-KÜHNEschen gerade entgegengesetzt war: die eine der Netzhäute war unbedeckt geblieben, bleichte also in diffusem Tageslicht; sie wurde von den vier entschieden am deutlichsten gelblich rot und schließlichsch geradezu gelb. Bei einer zweiten Netzhaut, die hinter Kupferacetatlösung (also in violetter, blauem und grünem Lichte) bleichte, war ebenfalls eine gewisse Verfärbung in gleichem Sinne zu erkennen, doch entschieden schwächer, die Netzhäute 3 und 4, in reinem Grün bzw. in Orange und Rot bleichend, blieben am meisten in ihrem ursprünglichen Farbenton.

Weitere Versuche wurden mit spektralem Lichte gemacht. Mit einer Bogenlampe als Lichtquelle wurde ein objektives Spektrum auf die Ebene eines Tisches entworfen, und 3 bis 4 Eulennetzhäute in kleinen Porzellannäpfchen in die verschiedenen Farben des Spektrums verteilt. Über die Näpfchen waren Pappröhren gestellt, die den Einfall falschen Seitenlichtes verhinderten. Vor Beginn des Versuches wurden die purpurhaltigen Netzhäute in gedämpftem Tageslichte besichtigt, und ebenso von Zeit zu Zeit, nachdem die farbigen Lichter eingewirkt hatten. Um in den verschiedenen Spektralregionen doch ein annähernd gleiches Tempo der Bleichung zu erhalten, deckten wir die Näpfchen, die in besonders stark bleichendem

Lichte standen (blau, vor allem grün) zeitweise zu, während die Netzhaut im rotorange dauernd unbedeckt blieb. Ist es auch kaum möglich, das Tempo genau gleich zu erhalten, so kann man doch die Bleichung insoweit regulieren, daß die einzelnen Bleichungsstadien noch vergleichbar bleiben.

Alle diese Versuche ergaben das übereinstimmende Resultat, daß die Netzhäute in rotorange, grün und blau in der gleichen Weise, nur verschieden schnell, ausbleichen, dabei meistens, so weit sich das beurteilen läßt, im gleichen Farbenton bleiben. Daß ab und zu eine Netzhaut einmal etwas mehr sich gegen orange hin verfärbt und auffallend lange in diesem Tone bleibt, ist unbestreitbar; ob das aber der Fall ist, oder nicht, das hängt entschieden nicht von der Wellenlänge des Bleichungslichtes ab, sondern von anderen unbekannten Umständen.

Endlich führten wir analoge Versuche auch mit Froschnetzhäuten aus, wiederum mit dem gleichen Ergebnis: keine Abhängigkeit der durchlaufenen Farbenskala von der Farbe des spektralen Bleichlichtes.

Wir können hiernach in dem Verhalten der in farbigem Licht bleichenden purpurhaltigen Netzhäute keine Stütze für die Annahme KÜHNES finden, derzufolge neben dem Sehpurpur noch ein Sehgelb vorhanden wäre, das sich von jenem typisch durch die größere Empfindlichkeit gegen die stark brechbaren Lichter unterscheiden sollte. Nicht ausgeschlossen ist es natürlich, daß die Zersetzung des Sehpurpurs in verschiedener Weise vor sich gehen kann und auch verschieden gefärbte Zersetzungsprodukte entstehen können. Hierfür ist aber die Wellenlänge des Bleichlichtes ohne Belang.

*(Eingegangen am 22. Januar 1905.)*

---