

lungen waren, bilden die zwei ersten der vier Gruppen, die sich ergeben, wenn man an den Grenzen des Meridianquadranten den Ausdruck $ax_4 + bx_2 + c$ der Reihe nach bezüglich gleich $+x_1$ und $+x_4$, $-x_1$ und $-x_4$, $-x_1$ und $+x_4$, $+x_1$ und $-x_4$ setzt. In den zwei übrigen Gruppen sind die ringförmigen Begränzungsflächen rotirender Flüssigkeiten enthalten, deren Discussion wir in einer späteren Mittheilung zu liefern beabsichtigen.

IV. *Ueber den die Flamme eines Lichtes umgebenden Hof; sowie Beiträge zu: „Unempfindlichkeit der Netzhaut in der Nähe starker Lichteindrücke,“ Mondhöfe, „Löwe'sche Ringe“ etc.; von H. Meyer,*

Lehrer an d. Handels-Anstalt in Leipzig.

1. Betrachtet man eine Lichtquelle, z. B. die Flamme eines gewöhnlichen Kerzenlichts, etwas aufmerksamer, so wird man, die Lichtquelle mag in- oder ausserhalb der deutlichen Sehweite sich befinden, um die Flamme deutlich einen Lichthof wahrnehmen. Bei flüchtiger Beobachtung tritt namentlich ein die Lichtquelle zunächst umgebender und mit derselben gleichfarbiger (also bei gelber Farbe der Lichtquelle gelber) Ring hervor, der aufsen von einem rothen Ringe eingeschlossen wird; bei aufmerksamerem Betrachten der Lichtquelle läßt sich jedoch ausserdem noch ein blaugrüner und äußerer rother Ring deutlich unterscheiden. Diese Ringe werden, soweit meine Versuche reichen, von allen Beobachtern wahrgenommen, nachdem sie auf das Vorhandenseyn dieser Ringe aufmerksam gemacht sind.

Einige Angaben über diese Ringe finden sich bereits: *Philosoph. Transact.* 1796 p. 259 v. Brougham.

Gehler's physik. Wörterbuch Bd. V von Brandes.

Pogg. Ann. 1833 Bd. XXVII, S. 480. von Brewster und Purkinje.

Pogg. Ann. 1854 Bd. XCII, S. 324. von Poggendorff; und über ähnliche Erscheinungen:

Pogg. Ann. Bd. LXXXII, S. 129 von Wallmårk.

2. Betrachte ich die Flamme eines gewöhnlichen Stearinlichtes, so kann ich sowohl mit bloßem Auge, innerhalb und außerhalb der deutlichen Sehweite (da mein Auge in ziemlich hohem Grade kurzsichtig ist), als auch durch die Brille deutlich um die Flamme einen Lichthof unterscheiden, dessen Durchmesser um so größer wird, je größer die Entfernung zwischen dem Auge und der Lichtquelle ist. In dem Grade, als der Durchmesser des Hofes zunimmt, wird derselbe aber auch lichtschwächer, so daß derselbe in größerer Entfernung kaum noch deutlich zu unterscheiden ist. Dieser Hof ist zunächst der Lichtquelle von gleicher Farbe mit derselben, also gelb, dann wieder roth, dann kommt ein ins Grünblau fallender Ring und dieser wird wieder von einem rothen Ringe umgeben. Je weiter nach außen der farbige Ring liegt, um so lichtschwächer ist derselbe; der mit der Flamme gleichfarbige (gelbe) und erste rothe Ring sind ziemlich intensiv, die anderen Ringe weit weniger; das Roth des äußersten Ringes ist nicht recht rein, es ist mehr braunroth. Zwischen diesem äußeren Roth und dem Grünblau ist ein gelber Streifen deutlich *nicht* wahrnehmbar, doch scheint allerdings das Roth in der Nähe des grünblauen Ringes etwas mehr ins Gelbe zu fallen. In einer Entfernung von 1 bis 4 Ellen sind alle diese Ringe ganz deutlich zu unterscheiden, bei größerer Entfernung wurden aus Mangel an Helligkeit namentlich die äußeren Ringe undeutlich und die Farben derselben schwer mit Sicherheit zu bestimmen. Bei größerer oder kleinerer Lichtquelle oder veränderter Intensität der Lichtquelle werden natürlich diese Zahlen andere.

Auch über den äußeren rothen Ring hinaus ist noch Licht vorhanden, wie man deutlich fühlt und daraus her-

vorgeht, daß ein nicht zu heller Gegenstand in diesem Raume nicht deutlich wahrgenommen wird, doch kann man die Farbe dieses Lichtes nicht mehr unterscheiden, auch läßt sich die äußere Gränze nicht angeben; der Eindruck wird nach außen immer schwächer.

3. Um einige nähere Angaben über die Entfernung der Ringe von der Lichtquelle und die Zunahme der Halbmesser mit der Entfernung zu erlangen, wurden folgende Versuche angestellt:

1) Es wurde ein Licht hinter einen Schirm gestellt, in welchem sich eine $\frac{1}{8}$ Zoll im Durchmesser haltende Oeffnung befand, und dieser leuchtende Punkt aus 7 Fuß Entfernung beobachtet. Zum Messen der Winkel, um welche die einzelnen Ringe des Hofes von der Lichtquelle abweichen, wurde ein Gradbogen von 16 Zoll Halbmesser benutzt, in dessen Mitte ein Lineal drehend befestigt war. Dabei ergab sich:

Abstand der äußeren Peripherie des inneren rothen Ringes von der Lichtquelle 2° .

Abstand der äußeren Peripherie des blaugrünen Ringes von der Lichtquelle 3 bis 5° .

2) Da die auf diese Weise erlangten Resultate zu unsicher ausfielen, so wurde der Versuch dahin abgeändert, daß von dem Schirm ein über denselben hinausreichendes Lineal langsam nach außen geschoben wurde, bis es an dem zu messenden Ring ankam, was man an dem über den Schirm hinausragenden, also sichtbaren Theile mit ziemlicher Sicherheit beurtheilen konnte. Dabei wurde *zugleich mit beiden Augen* beobachtet, weil bei Anwendung nur eines Auges der Lichthof weit schwächer an Licht sich darstellt, die Erscheinung selbst aber dieselbe ist, ob man mit einem oder mit beiden Augen zugleich beobachtet.

Bei 9 Fuß Entfernung ($=e$) ergab sich so:

für die äußere Gränze des inneren Roth der Abstand ($=a$) $= 2\frac{1}{2}$ Zoll,

für die äußere Gränze des Blaugrün der Abstand ($=a$) $= 4\frac{1}{4}$ Zoll.

Hieraus berechnet sich nach $\tan \alpha = \frac{a}{e}$:

Der Abstand der äußeren Peripherie des inneren Roth $\alpha_{ii} = 1^\circ 20'$,
 Der Abstand der äußeren Peripherie des Grünblau $\alpha_{iii} = 2^\circ 16'$.

Die Intensität der Ringe ist bei dieser Entfernung und dieser Größe und Intensität der Lichtquelle sehr gering, deshalb dieser Versuch weniger sicher.

3) In 2 Fufs Entfernung gab derselbe leuchtende Punkt:
 Von Mitte der Lichtquelle bis Ende des Gelb $\frac{5}{8}$ Zoll
 " " " " " " " Blaugrün $1\frac{1}{2}$ "
 wonach folgt:

$$\alpha_i = 1^\circ 29'$$

$$\alpha_{iii} = 3^\circ 34'.$$

4) In 4 Fufs Entfernung ergab sich:
 Von Mitte der Lichtquelle bis Ende des Gelb $\frac{7}{8}$ bis 1 Zoll
 " " " " " " " Blaugrün $2\frac{1}{2}$ "
 woraus folgt:

$$\alpha_i = 1^\circ 10'$$

$$\alpha_{iii} = 2^\circ 59'.$$

5) Um die Intensität des Hofes zu vergrößern, wurde derselbe Versuch mit der Flamme eines gewöhnlichen Kerzenlichtes *ohne Schirm* wiederholt. Hierbei ergab sich bei einer Entfernung von 2 Fufs 2 Zoll:

Von Mitte des Lichts bis Ende der Flamme $\frac{1}{8}$ Zoll
 " " " " " äußere Gränze des Gelb $\frac{5}{8}$ "
 Von Mitte d. Lichts bis äußere Gränze d. Roth 1 Zoll
 " " " " " " " Blaugrün $1\frac{5}{8}$ "
 " " " " " " " äufs. Roth $2\frac{1}{4}$ "

wonach sich berechnet:

Von Mitte des Lichts bis Ende der Flamme $\alpha = 0^\circ 17'$
 Von Mitte des Lichts bis äußere Gränze
 des Gelb $\alpha_i = 1^\circ 22'$
 Von Mitte des Lichts bis äußere Gränze
 des Roth $\alpha_{ii} = 2^\circ 12'$

Von Mitte des Lichts bis äußere Gränze

des Blaugrün $\alpha_{iii} = 3^{\circ} 34'$

Von Mitte des Lichts bis äußere Gränze

des äußeren Roth $\alpha_{iiii} = 4^{\circ} 57'$

6) Derselbe Versuch gab beim Wiederholen, wobei die Durchmesser abgenommen wurden:

Durchmesser des Lichts	$\frac{3}{8}$ Zoll
„ der äußeren Peripherie des Gelb	$1\frac{1}{2}$ „
„ „ „ „ „ Roth	$2\frac{1}{2}$ „
„ „ „ „ „ Blaugrün	$3\frac{7}{8}$ „
„ „ „ „ „ äufs. Roth	$4\frac{3}{4}$ „

wornach folgt

$$\alpha = 0^{\circ} 25'$$

$$\alpha_i = 1 \quad 22$$

$$\alpha_{ii} = 2 \quad 29$$

$$\alpha_{iii} = 4 \quad 15$$

$$\alpha_{iiii} = 5 \quad 13.$$

7) In einer Entfernung $= 3$ Fufs ergab sich:

Von Mitte des Lichts bis Ende des Roth $1\frac{3}{4}$ Zoll

„ „ „ „ „ „ „ Blaugrün 3 „

woraus folgt:

$$\alpha_{ii} = 2^{\circ} 47'$$

$$\alpha_{iii} = 4 \quad 46.$$

8) Die Flamme eines Stearinlichtes wurde aus der Entfernung von 8 Fufs beobachtet; das Messen erfolgte wie bei 2):

Von Mitte des Lichtes bis Ende des Gelb $2\frac{1}{4}$ Zoll

„ „ „ „ „ äufs. Periph. d. Roth $3\frac{5}{8}$ „

„ „ „ „ „ „ „ Blaugrün $7\frac{1}{2}$ „

„ „ „ „ „ „ „ äufs. Roth $9\frac{1}{4}$ „

Hiernach berechnet sich:

$$\alpha_i = 1^{\circ} 20'$$

$$\alpha_{ii} = 2 \quad 10$$

$$\alpha_{iii} = 4 \quad 28$$

$$\alpha_{iiii} = 5 \quad 30.$$

Die Versuche von 5 bis 8 sind der gröfseren Deutlichkeit wegen, mit der sich die farbigen Ringe darstellten,

und dadurch, daß bei denselben der Schirm entbehrt werden konnte, genauer als die früheren.

Die bei diesen Versuchen mögliche Genauigkeit ist im Allgemeinen keine große, obgleich sich die einzelnen farbigen Ringe ziemlich scharf abgränzen, weil die ganze Erscheinung immer ziemlich lichtschwach ist und, um die Augen nicht zu sehr anzustrengen, die Versuche schnell ausgeführt werden müssen. Sämmtliche Beobachtungen, 1 bis 8, sind durch die Brille angestellt. Ohne Brille ist wie schon erwähnt, für meine ziemlich kurzsichtigen Augen die Erscheinung in- und außerhalb der deutlichen Sehweite fast ganz dieselbe, nur wird sie in größerer Entfernung zu lichtschwach.

9) Ein *ohne Brille* in gleicher Weise wie oben mit der Flamme eines Stearinlichtes angestellter Versuch ergab folgendes Resultat:

Entfernung von der Lichtquelle 3 Fufs:

Abstand der äusseren Gränze des inneren Roth von der Mitte der Lichtquelle $1\frac{1}{4}''$,

Abstand der äusseren Gränze des Grünblau von der Mitte der Lichtquelle $2\frac{1}{4}'$,

Abstand der äusseren Gränze des äusseren Roth von der Mitte der Lichtquelle $3''$,

woraus sich berechnet

$$\alpha_{II} = 2^{\circ} \quad 1'$$

$$\alpha_{III} = 3 \quad 34$$

$$\alpha_{IV} = 4 \quad 46.$$

In größerer Entfernung lassen sich wohl die Farben noch unterscheiden, werden jedoch zu lichtschwach zu einer Messung; auch wird bei hinreichend großer Entfernung das Gelb von der vergrößerten Scheibe der Lichtquelle überdeckt und erscheint diese daher sogleich mit einem Ringe von rothem Lichte umgeben.

4. Hr. Dr. Knop, welcher die Güte hatte, die Versuche in der bei 5, 6 u. s. w. beschriebenen Weise zu wiederholen, erhielt folgende Resultate:

von Licht außerhalb des äußeren rothen Ringes bestätigt, wie im Eingange näher angegeben.

5. Hr. Misselbacher, welcher ein gutes Auge besitzt, fand die Aufeinanderfolge der Farben von der Lichtquelle aus folgend: Grün, Roth, Violett, Blaugrün, Roth. Die Messung ergab bei 3 Fufs 8 Zoll Entfernung:

Von Mitte der Lichtflamme bis äußeren Gränze des inneren Roth $1\frac{3}{8}$ '';

Von Mitte der Lichtflamme bis äußeren Gränze des äußeren Roth $3\frac{1}{2}$ '';

woraus sich berechnet:

$$\alpha_{II} = 1^{\circ} 47'$$

$$\alpha_{III} = 4^{\circ} 33'.$$

In kleinerer Entfernung als 3 Fufs 8 Zoll treten die Farben nicht scharf genug zu einer Messung auseinander; bei größerer Entfernung wurden die Ringe zu lichtschwach, um die Farbengränzen noch deutlich angeben zu können.

6. Richtet man das Auge auf die Ringe, so bleiben diese unverändert, werden aber deutlicher, indem jetzt die Farben auf den empfindlicheren mittleren Theil der Netzhaut fallen. Sieht man nach der Mitte der Flamme, so ist der Theil des Ringes linker Hand vom Beobachter stets deutlicher als der Theil rechts.

Nach längerem scharfen Betrachten des rechter Hand liegenden Theiles wurde der dem inneren rothen Ringe zunächst liegende Theil des blaugrünen Ringes intensiver grün, und ziemlich in der Mitte des blaugrünen Streifens folgte auf den so eben erwähnten intensiven grünen Ring ein gelbes und rothes Bändchen; da diese Erscheinung jedoch nur nach längerer Anstrengung des Auges eintrat, so können auch Contrastwirkungen hierzu die Veranlassung gegeben haben, wie denn auch Nachbilder beim Wegwenden des Auges dann stets sehr deutlich auftreten.

Mattes Licht läßt die Ringe weniger gut wahrnehmen; die erhellte Glocke einer Astrallampe zeigte, selbst wenn das Auge auf den Rand derselben gerichtet wurde, nur einen gelben nach außen röthlich werdenden Schein; das

Blaugrün war fast nicht wahrzunehmen, man fühlt selbst in ziemlich bedeutendem Abstände von der Lichtquelle, dafs noch Licht da ist, ohne aber die Farben deutlich unterscheiden zu können.

7. Auch der Mond zeigt bei *klarem* Himmel deutlich diese Ringe, und kann man unter günstigen Verhältnissen selbst das äufserste Roth noch wahrnehmen. Besonders gut ist zu dieser Beobachtung die Zeit geeignet, wenn der Mond ungefähr das erste Viertel erreicht hat; wesentlich ist ferner ein ganz klarer, dunkler Grund, also möglichst *reine* Luft. Bei Vollmond kann man wegen der am ganzen Himmel eintretenden gröfseren Helligkeit nur die inneren Ringe deutlich wahrnehmen; selbst der innere rothe Ring ist ziemlich lichtschwach. Bei einem bei Vollmond angestellten Versuche ergaben sich in einer Entfernung von $20\frac{1}{4}''$ vom Auge folgende Abstände:

Durchmesser der äufseren Peripherie des gelben Ringes	$1\frac{1}{4}''$
Durchmesser der äufseren Peripherie des inneren rothen Ringes	$1\frac{7}{8}''$;

woraus folgt:

$$\alpha_i = 1^0 45'$$

$$\alpha_u = 2 37.$$

Bei einem zweiten Versuche in der folgenden Nacht ergab sich in einer Entfernung von $19\frac{1}{2}''$ vom Auge:

Durchmesser des gelben Ringes	$1\frac{1}{8}''$
Durchmesser der äufseren Peripherie des inneren rothen Ringes	$1\frac{1}{2}''$
Durchmesser der gelben hellen Mondscheibe mit der durch die sph. Abweichung bedingten Vergröfserung	$\frac{3}{8}''$
Durchmesser der Mondscheibe ohne den durch die sph. Abweichung bedingten Ring	$\frac{3}{16}$;

woraus folgt:

$$\alpha = 16' \text{ oder } 33',$$

je nachdem die durch die sph. Abweichung bedingte Vergröfserung nicht oder mitgerechnet wird.

$$\alpha_1 = 1^\circ 39'$$

$$\alpha_{II} = 2^\circ 13'.$$

Diese Werthe kommen ziemlich mit den bei Versuch 5) und 6) erhaltenen überein, bei welchen der scheinbare Durchmesser der Lichtquelle ziemlich derselbe war.

Dafs die Ursache dieses Hofes nicht in der Atmosphäre, sondern im Auge zu suchen ist, läfst sich dadurch nachweisen, dafs wenn man mit einem Blatt Papier in $\frac{1}{2}$ bis 2 Fufs Abstand vom Auge seitlich hereingeht, bis die Mitte der Lichtquelle verdeckt ist, so sieht man den Hof auf der Fläche des Papiers. Vergl. 11.

An Sternen und selbst an der Venus konnte ein derartiger Hof nicht beobachtet werden.

8. Bringt man in den Laden eines halbdunklen Zimmers eine kleine Oeffnung an, durch welche das Tageslicht einfällt, so läfst sich der Hof ebenfalls wahrnehmen; die helle Oeffnung erscheint mit einem je nach der Entfernung und Gröfse der Oeffnung verschieden grofsen und verschieden intensiven Hof von *weissem* Lichte umgeben. Die farbigen Ringe liefsen sich nicht wahrnehmen, man fühlte den Eindruck weiteren Lichtes, konnte aber die Farben nicht bestimmen, wozu allerdings auch der Umstand wesentlich beitrug, dafs das Zimmer noch ziemlich hell war, indem es noch von einer anderen Seite Licht bekam.

9. Bei Berücksichtigung der überhaupt nur möglichen geringen Genauigkeit der beobachteten Winkelwerthe läfst sich aus obigen Versuchen schliessen:

- 1) Die Gröfse des Lichthofes hängt von der Gröfse der Lichtquelle nur in so weit ab, als bei gröfserer Lichtquelle die scheinbaren Durchmesser der Ringe um den scheinbaren Durchmesser der Lichtquelle vergrößert werden. Die Intensität der farbigen Ringe bei gleichem Abstande der Lichtquelle vom Auge ist jedoch bei gröfserer Lichtquelle eine bedeutend gröfsere.
- 2) Die Gröfse des Netzhautbildes, welches dem Hof entspricht, ist *von der Entfernung ziemlich unabhängig*.

Der Hof wird nur scheinbar größer, indem man sich weiter von dem Gegenstande entfernt.

10. Um den Einfluss verschieden farbigen Lichtes zu finden, wurde in dem Schirm eine Oeffnung von $\frac{1}{4}$ " Durchmesser angebracht, ein brennendes Licht dahinter gestellt und verschiedene farbige Gläser vor die Oeffnung gehalten. Die Beobachtung geschah in einer Entfernung von 2 Fufs.

Bei allen Farben zeigte sich dann zunächst um die Lichtquelle ein hellerer Kreis, welcher wieder von einem weit weniger intensiven, jedoch ausen ebenfalls ziemlich scharf abgränzenden Ringe eingeschlossen wird. Die Durchmesser dieser Ringe sind bei allen Farben *ziemlich gleich*: der Durchmesser des inneren Kreises beträgt $1\frac{1}{4}$ "; der Durchmesser der äufseren Peripherie des umschliessenden Ringes etwa 4", woraus sich für den halben Winkel berechnet:

$$\alpha_i = 1^\circ 22'$$

$$\alpha_{au} = 4^\circ 46'.$$

Diese Werthe stimmen fast genau mit den oben erhaltenen überein und beweisen, dafs der innerste gelbe Ring nur deshalb gelb erscheint, weil in der Farbe der Lichtquelle das Gelb vorherrscht; *es ist unzerlegtes Licht*, wie auch die Versuche mit weifsem Licht bestätigten.

Betrachtet man die Flamme eines Kerzenlichtes aus 2 Fufs Entfernung und hält abwechselnd vor die Flamme ein buntes Glas, so kann man deutlich wahrnehmen, dafs durch das grüne Glas die Stellen, die vorher der innere und äufserer rothe Ring einnahmen, fast ganz dunkel werden, während beim Sehen durch das rothe Glas diese Stellen deutlich gefärbt sich darstellen; doch ist im letzteren Falle der erst blaugrüne Ring nicht dunkel, sondern zeigt ebenfalls rothes Licht. — Hält man vor die Lichtquelle einen bunten Glasstreifen, der nur eben breit genug ist, um die Lichtflamme zu verdecken, so wird sogleich auch der Hof gefärbt, ein Beweis, dafs die Ursache des Hofes nicht in der die Lichtquelle zunächst umgebenden Luft zu suchen ist, wie auch die unter 11) angeführten Versuche darthun.

11. Hält man unmittelbar vor das Auge eine Oeffnung von 0,24 Zoll Durchmesser und sieht nach der Flamme eines gewöhnlichen Kerzenlichtes, so bleibt die Erscheinung völlig unverändert, indem, wie wir später zeigen werden, die vor die Hornhaut gehaltene Oeffnung, welche die Größe der Pupille beim Sehen nach einem leuchtenden Punkte entspricht, 0,16 Zoll beträgt; ist der Durchmesser der unmittelbar vor das Auge gehaltenen Oeffnung aber nur 0,12 Zoll und weniger, so werden die äußeren farbigen Ringe ziemlich schwach und nur der gelbe Hof und innere rothe Rand bleiben deutlich sichtbar.

Hält man mitten vor das Auge (kurzsichtiges Auge in etwa 2 Fuß Entfernung vom Lichte) einen 0,05 Zoll breiten Papierstreifen, so wird die Erscheinung nicht geändert, ist der Streifen aber 0',12 breit, so verschwindet der ganze Hof, während die Ränder des Lichtes, allerdings geschwächt, noch sichtbar sind.

Geht man unmittelbar vor dem Auge mit einem Blatt Papier seitwärts zwischen Auge und Licht herein, so bleibt die Erscheinung so lange ziemlich unverändert, bis die Mitte des Lichts verdeckt ist, dann verschwindet auf beiden Seiten zugleich zunächst der äußere rothe Rand und bei wenig weiterem Hineinschieben auch der innerste rothe und gelbe Ring. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß, ehe der Papierstreif die Mitte der Lichtquelle verdecken kann, der Streif schon ziemlich die ganze Pupille verdecken muß und nun noch einige seitlich hereinfallende Strahlen das geschwächte Bild des halben Lichts erzeugen. Dieses noch sichtbare halbe Licht erscheint natürlich in der Zerstreuungsfläche, die sich am Rand des Papiers bildet.

Hat man das Blatt bis ziemlich zum Verschwinden des gelben Hofes heringeschoben, so kann man in demselben sehr deutlich enge Interferenzstreifen wahrnehmen (auch mit kurzsichtigem Auge). Auf die an den Rändern des Papiers entstehenden Farben ist natürlich jetzt keine Rück-

sicht genommen, da wir auf diese Erscheinungen in einer späteren Abhandlung eingehen wollen.

Die so eben näher beschriebenen Versuche sind weniger sicher und leichter eine Täuschung bei demselben möglich, als bei den früher angegebenen, da sie nicht mit beiden Augen zugleich angestellt werden können, die Intensität des Hofes aber bedeutend abnimmt, sobald man das eine Auge schließt.

Hält man in größerer Entfernung vom Auge zwischen Auge und Flamme einen mit einer Oeffnung versehenen Schirm, so stellt sich auf diesem der Hof dar; er wird *scheinbar* um so kleiner, je mehr man den Schirm dem Auge nähert.

12. Dafs die Ursache dieses Lichthofes im Auge zu suchen ist, bedarf keiner weiteren Ausführung; auch dafs derselbe von Licht erzeugt wird, welches von der Lichtquelle ausgeht und im Auge abgelenkt wird, ist nicht in Zweifel gezogen worden; es bliebe also nur noch zu entscheiden, *wie* dieser Hof im Auge gebildet wird, ob wir es mit einer blofsen Ablenkung und Zerlegung der Lichtstrahlen durch Brechung (Cartesius und Newton), mit einer Beugungserscheinung (Brougham und Brandes), mit einer im Auge stattfindenden Reflexion an der concaven Oberfläche der Krystalllinse oder an der Cornea (Brewster) zu thun haben.

Das Resultat der folgenden Untersuchung ist, dafs die Ursache sowohl des gelben Hofes als auch der farbigen Ringe in einer Beugung des Lichts beim Durchgang durch ein enges Netz zu suchen ist; dennoch wollen wir auch auf die Erklärung durch Brechung etwas näher eingehen, da sie in Bezug *auf den gelben Hof* allerdings zu Resultaten führt, die mit den obigen Versuchen gut übereinstimmen.

Die dritte Ansicht widerlegt sich sofort durch die Versuche von selbst und brauchen wir auf dieselbe nicht näher einzugehen.

13. Nehmen wir an, die Oberfläche der Conjunctiva sey mit kleinen Wassertröpfchen bedeckt, so werden die in der Richtung des Radius eines jeden Tröpfchens auffallenden Lichtstrahlen beim Eintritt in das Auge nicht abgelenkt, sondern gehen, wenn wir von der Ablenkung durch die Linse jetzt absehen, ungebrochen bis zur Netzhaut und erzeugen hier einen nur von der Gröfse der Pupille abhängigen, somit von der Entfernung der Lichtquelle ziemlich unabhängigen, mit der Lichtquelle gleichfarbigen Kreis.

Beträgt der Durchmesser der Pupille 5^{mm} und nehmen wir für den Abstand des Durchkreuzungspunktes von der Netzhaut 15^{mm} an, so müfste hiernach der gelbe Hof $\alpha = 9\frac{1}{2}^{\circ}$ betragen; selbst wenn wir für den Durchmesser der Pupille nur $3^{\text{mm}},4$ annehmen (wie sich derselbe aus einer deshalb besonders angestellten Rechnung ergab), wird $\alpha = 6^{\circ} 27'$. Dabei ist eben auf die Zusammenziehung, welche die parallel auf die Linse auffallenden Strahlen beim Durchgange durch dieselbe erleiden, noch nicht Rücksicht genommen: Der Brechungsexponent der Linse ist $1,539^1)$, der des Augenwassers $1,337$, der der Glasfeuchtigkeit $1,339$; nehmen wir für den Brechungsexponent der beiden letzteren Mittel im Durchschnitt $1,338$ an, so ist der Brechungsexponent zwischen der Linse und den dieselbe umgebenden Flüssigkeiten $n = \frac{1,539}{1,338} = 1,1502$ und sonach ergibt sich für die Brennweite der Linse

$$p = \frac{r \cdot r_1}{(n-1)(r+r_1)} = \frac{5 \cdot 7}{0,1502} = 19,4^{\text{mm}} 2).$$

1) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie.

2) Es ist hierbei die Dicke der Linse ($=d$) vernachlässigt; bei Berücksichtigung derselben wird, wenn r und r_1 die beiden Krümmungshalbmesser, a die Entfernung des leuchtenden Punktes von der vorderen (r) und α die des Bildes von der hinteren Linsenfläche (r_1) und n den Brechungsexponent bezeichnet, für von dem Centralstrahl nicht bedeutend abweichende Strahlen:

$$-(n-1)(r+r_1) + \frac{r \cdot r_1}{a} + \frac{r \cdot r_1}{\alpha} =$$

$$\frac{d}{n} \left[-(n-1)^2 + \frac{r_1(n-1)}{\alpha} + \frac{r}{a}(n-1) - \frac{r \cdot r_1}{a \cdot \alpha} \right],$$

Die parallel auffallenden Strahlen vereinigen sich also in $19^{\text{mm}},4$ Entfernung hinter der Linse, erzeugen also auf der nur 15^{mm} abstehenden Netzhaut von der $3^{\text{mm}},4$ im Durchmesser haltenden Pupille ein Bild $= \frac{4,4 \cdot 3,4}{19,4} = 0,7711$; wonach

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{0,7711}{2 \cdot 15} = 0,0257 \quad \text{und}$$

$\alpha_i = 1^\circ 28'$ folgt; ein Werth, der mit dem Resultat des Versuches ($1\frac{1}{2}^\circ$ cc.) ziemlich genau übereinstimmt ¹⁾.

d. i. für $a = \infty$:

$$\alpha = p = \frac{rr_1 - dr_1 \frac{n-1}{n}}{(n-1)(r_1 + r) - \frac{d(n-1)^2}{n}};$$

für $\alpha = \infty$ wird

$$a = p_1 = \frac{r \cdot r_1 - dr \frac{n-1}{n}}{(n-1)(r_1 + r) - \frac{d(n-1)^2}{n}}.$$

Setzen wir die Dicke d der Linse $= 5^{\text{mm}}$, so ergibt sich hiernach für obigen Fall $\alpha = p = 18^{\text{mm}},6$, also ein von obigem nicht bedeutend abweichender Werth; ist der leuchtende Punkt der Lichtquelle sehr nahe, so werden bedeutendere Differenzen dadurch bedingt.

1) Der Durchmesser der Pupille als $3^{\text{mm}},4$ ergab sich aus folgender Betrachtung:

Bei einem in der Abhandlung »Ueber die sphärische Abweichung des menschlichen Auges« näher beschriebenen Versuche (Pogg. Ann. Bd. LXXXIX. S. 565) ergab sich der größte Abstand zweier Oeffnungen, durch welche noch gleichzeitig Licht in das Auge gelangte, $= 8,04718^{\text{mm}}$; hieraus folgt, da der Krümmungshalbmesser der Cornea $= 8^{\text{mm}}$ beträgt (Fig. 3, Taf. III):

$$\sin i = \frac{1,8872}{8} = 0,2359$$

$$i = 13^\circ 3'$$

$$\sin r = 0,75 \cdot \sin i = 0,7077$$

$$r = 10^\circ 12'$$

$$\text{und} \quad d = 2^\circ 51'.$$

Ferner ist

$$AR = \frac{8 \cdot \sin r}{\sin d} = \frac{8 \cdot 0,1769}{0,0497} = 28^{\text{mm}},5$$

und somit, der Abstand der Pupille von der Hornhaut $CD = 3^{\text{mm}}$ angenommen,

Außer dem Centralstrahl fallen aber auf jedes Wassertöpfchen noch andere Strahlen, welche sich, wie sodann näher gezeigt werden wird, in einer Entfernung von ungefähr 4 Halbmessern hinter der Vorderfläche des Tropfens vereinigen. Ist der Halbmesser der jedenfalls sehr flachen Tröpfchen gleich dem Krümmungshalbmesser der Cornea, so werden sich diese Strahlen ungefähr auf der Netzhaut vereinigen und dort ein neues, seitwärts gelegenes Bild der Lichtquelle verursachen; ist der Halbmesser kleiner, so wird, ähnlich wie beim kurzsichtigen Auge, ein Zerstreungskreis der Ferne, im entgegengesetzten Fall ein Zerstreungskreis der Nähe entstehen, und dadurch eine Vergrößerung eintreten.

Untersuchen wir nun noch, ob sich auf diese Weise auch die farbigen Ringe ableiten lassen:

Bezeichnet A (Fig. 4, Taf. III) ein Bündel paralleler Lichtstrahlen, B den Wassertropfen, so wird für den Brechungsexponent des rothen Lichts $= 1,33$:

$$\sin r = \frac{1}{1,33} \cdot \sin i = 0,75 \cdot \sin i$$

und $d = i - r$ d. i.

für	i	r	und	d
	1	0° 44' 59",9		0° 15' 0",1
	10	7 28 59,6		2 31 0,4
	20	14 51 48		5 8 12
	30	22 1 27,5		7 58 32,5
		u. s. w.		
	90	48° 35'		41° 25'

Für den Brechungsexponent des violetten Lichtes $= 1,34$:

$$\sin r = \frac{1}{1,34} \cdot \sin i = 0,746 \cdot \sin i,$$

$d = i - r$, d. i.

$$AC = 33^{\text{mm}},5$$

$$AE = AB + 8 \cdot \cos i = 36,2936;$$

also der Halbmesser der Pupille $= \frac{33,5 \cdot 1,8872}{36,2936} = 1^{\text{mm}},7$, Durchmesser der Pupille $= 3^{\text{mm}},4$.

<i>i.</i>	<i>r.</i>	<i>d.</i>
1	0° 44' 45",5	0° 15' 14",5
10	7 26 35	2 33 25
20	14 46 56	5 13 4
30	21 54 2,7	8 5 57,3
u. s. w.		
90	48° 14'	41° 36'

Bezeichnet ferner x den Abstand des Durchschnittspunktes der Mittellinie mit dem gebrochenen Strahl von dem Mittelpunkt des Tropfens, dessen Halbmesser $= R$ sey, so ist:

$$x = \frac{R \cdot \sin r}{\sin d}$$

d. i. für $i = 1^\circ$

$$x = \frac{0,0131}{0,0043} \cdot R = 3 R \text{ circa}$$

für $i = 20^\circ$

$$x = \frac{0,2565}{0,0900} \cdot R = 2,85 R$$

oder für Violett:

$$x = \frac{0,2552}{0,0910} \cdot R = 2,80 \cdot R$$

für $i = 90^\circ$

$$x = \frac{0,75}{0,6615} = 1,13 R$$

für Violett

$$x = \frac{0,746}{0,6639} = 1,12 \dots R.$$

Eine Vergleichung dieser Zahlen zeigt sofort, daß so große farbige Ringe, wie sie durch die Versuche sich ergeben, auf diese Weise nicht gebildet werden können; es reicht also die prismatische Farbenzerlegung zur Erklärung der farbigen Ringe nicht hin, selbst wenn wir von der Reihenfolge der Farben absehen, welche Brougham gegen die Erklärung von Cartesius und Newton geltend macht, welche letztere den Hof von Runzeln herleiten, die sich auf der Oberfläche des Auges bilden, wenn dasselbe geschlossen und dann geöffnet wird.

14. Lassen sich, wie so eben gezeigt, auch die farbigen Ringe durch Ablenkung des Lichts von auf der Oberfläche

des Auges vorhandenen Wassertheilchen (oder Runzeln) nicht erklären, so stimmten doch die für den gelben Schirm berechneten Werthe gut mit den bei den Versuchen erhaltenen Resultaten überein und fragt sich daher zunächst, ob wir wirklich die Existenz solcher Wassertröpfchen auf der Oberfläche des Auges annehmen können. Dafs einzelne gröfsere und kleinere Wassertröpfchen und Wasserstreifen auf dem Auge vorhanden sind, dafs sich beim Oeffnen und Schliessen des Augenlieds eine ungleichförmige Vertheilung der das Auge bedeckenden Schicht von Fett und Wasser herstellt, kann ein Beobachter mit kurzsichtigen Augen sehr gut wahrnehmen, wenn er am Tage nach einer entfernten hellen Lichtlinie sieht; er bemerkt im verbreiterten Bilde des hellen Streifens eine Anzahl hellere Streifen, welche ihre Lage mit dem Oeffnen und Schliessen des Auges verändern. Dafs aber hierzu wirklich die zwischen Fettparthieen sich anhäufende Thränenfeuchtigkeit die Veranlassung giebt, läfst sich leicht durch Bestreichen einer Glasfläche mit wenig Fett und Wasser nachweisen, indem man beim Sehen durch dieselbe ganz dieselbe Erscheinung nur in weit stärkerem Grade wahrnimmt. Bringt man innerhalb der deutlichen Sehweite einen kleinen hellen Punkt, so kann man im vergrößerten Bilde desselben deutlich einzelne kleine Tröpfchen wahrnehmen, die ihre Lage beim Bewegen des Augenlieds ändern. Es ist also die Annahme, dafs die die Oberfläche des Auges bedeckende Schicht von Fett und Wasser nicht in allen Stellen denselben Krümmungsmittelpunkt als die Cornea habe, sondern dafs er zum Theil seitwärts liegt, wohl zu rechtfertigen. Demnach scheint diese Erklärung auch für den gelben Theil des Hofes nicht ausreichend.

1) Das gelbe Licht ist viel gleichförmiger als es durch einzelne Tröpfchen und ihre sich überdeckenden Zerstreuungskreise erzeugt werden würde, da schon *ein* leuchtender Punkt innerhalb der deutlichen Sehweite eine mehrfach von Interferenzen unterbrochene Fläche giebt.

2) Nehmen wir an, dafs jedes Tröpfchen einen gröfseren Zerstreuungskreis giebt, so stimmt der berechnete Werth

nicht mehr genau mit dem Versuche überein; nehmen wir aber an, daß jedes Tröpfchen nur einen kleinen Zerstreuungskreis verursacht, so müssen wir eine sehr große Anzahl ziemlich eng zusammenstehender Tröpfchen voraussetzen, welche wohl der Deutlichkeit des Sehens Eintrag thun dürften.

3) Die unter 11. zusammengestellten Versuche, namentlich die beim seitlichen Hereingehen mit einem Blatt Papier erhaltenen Resultate, stimmen nicht gut mit dieser Erklärung überein.

4) Da die Größe der Zerstreuungskreise von der Nähe oder Ferne der Lichtquelle abhängt, so müßte die Größe des gelben Hofes von der Entfernung der Lichtquelle abhängig seyn, was den Versuchen nach nicht der Fall ist.

15. Die bereits von Brougham und Brandes zur Erklärung der farbigen Ringe ausgesprochene Ansicht, daß sie die Folgen der Beugung des Lichts beim Durchgange durch ein enges Netz seyen, wird sofort zur Gewißheit, wenn man die große Ähnlichkeit in Betracht zieht, welche der Lichthof mit der Beugungserscheinung besitzt, welche man beobachtet, wenn man eine ganz reine Glasfläche schwach anhaucht und durch dieselbe gegen eine mehr oder weniger entfernte Lichtquelle sieht.

Betrachtet man die Flamme eines ungefähr 8 Fuß entfernten Kerzenlichtes durch eine schwach angehauchte, unmittelbar vor das Auge gehaltene Glasplatte, so erscheint das Licht mit einer Reihe von Ringen umgeben, die den bereits beschriebenen ganz ähnlich sind, nur sind die Farben weit intensiver und schöner. Zunächst der Lichtquelle folgt ein dunkler Ring, hierauf Blaugrün bis Grün, dann Gelbroth und Roth. Behaucht man dieselbe Stelle schnell hintereinander mehrmals, so sieht man um diesen ersten Farbenkreis noch einen zweiten, der dieselben Farben in gleicher Aufeinanderfolge, aber viel schwächer zeigt; deutlich abgegränzt unterscheidet man in demselben nur noch Blaugrün und Roth.

Behaucht man sehr stark, so wird der dunkle Raum

um das Licht ziemlich klein, darauf folgt ein intensiv grüner Ring, hierauf Roth, dann wieder Grün und wieder Roth; nach aufsen ist ein gelber, durch das Licht der Wassertheilchen verursachter Schein wahrzunehmen. Diese Erscheinung ändert sich aber sofort mit dem ziemlich schnell eintretenden Vergehen des Beschlags; der innerste intensiv grüne Ring geht in einen scharf abgegränzten intensiv rothen Ring über u. s. w., zuletzt tritt wieder ein *schwächerer* grünlicher Ring ein, der jedoch nicht mehr so scharf begränzt und auch etwas weiter von der Lichtquelle entfernt ist, indem der dunkle Raum um die Lichtquelle bei dem Farbenwechsel der Ringe immer größer wird. In gleichem Maasse ändern sich auch die Farben der weiter nach aufsen liegenden Ringe; hat der mittelste Ring die letzte grünliche Färbung erreicht, so ist die Reihenfolge der farbigen Ringe die zuerst angegebene. Zuweilen erhält man bei sehr starkem Beschlage den innersten Ring auch schön blau und selbst violett. Der Verlauf dieser Erscheinungen ist jedoch nicht immer derselbe, namentlich das letzte innen grüne Ringsystem fehlt nicht selten.

In dieser bisher beschriebenen Weise gelingt der Versuch nur, wenn man vorher die Glasfläche scharf mit einem Tuche abreibt; außerdem werden bei längerem oder mehrfachem Behauchen die Wassertröpfchen zu groß. Dieses Abreiben ist auch nach mehrfachem Behauchen zu wiederholen. Je größer die Wassertröpfchen werden, um so mehr treten in den farbigen Ringen radial nach aufsen gerichtete gelbe (die Farbe des Lichtes, bei weißem Lichte also weiße) Streifen auf; die ganze Scheibe mit Ausnahme des der Lichtquelle zunächst liegenden dunklen Theiles, erscheint mit gelbem Lichte überzogen, in welchem an einzelnen Stellen wieder kleine, durch Interferenz erzeugte, rothe Stellen wahrzunehmen sind. Werden die Tröpfchen noch größer, so wird auch der mittelste erste dunkle Theil mit gelben Punkten u. s. w. gefüllt; die farbige Ringerscheinung verschwindet fast ganz.

Auf die Erklärung dieser Erscheinung haben wir nicht

nöthig näher einzugehen, es sind die durch Beugung des Lichts beim Durchgange durch *viele kleine neben einander liegende Oeffnungen erzeugten Farbenringe*, wie sie auch durch ein feines Drahtnetz, durch eine mit feinem Staube (z. B. *semen lycopodii*) bestreute Fläche u. s. w. erzeugt werden (Siehe Müller — Pouillet Lehrb. d. Physik S. 523 bis 528). Auch das Wechseln der Farben bei den durch mehrfaches Anhauchen *stark beschlagenen* Flächen erklärt sich ziemlich leicht. Beim allmählichen Verschwinden des Beschlages werden die Zwischenräume zwischen den anfangs verhältnißmäfsig ziemlich grofsen Wassertröpfchen gröfser, die Tröpfchen, also die Entfernung der beugenden Oeffnungen von einander, aber kleiner; demnach mufs auch die Beugungserscheinung selbst sich ändern, da die Breite der farbigen Ringe, ihr Abstand von einander, und ihre Intensität wesentlich von der Kleinheit der Oeffnungen und ihrem gegenseitigen Abstände von einander abhängen.

Hält man die behauchte Fläche in die deutliche Sehweite, adaptirt das Auge aber nach der Lichtquelle, so bleiben die Ringe fast ganz unverändert; accomodirt man aber das Auge der Entfernung der behauchten Fläche, so können diese Beugungsbilder nicht mehr eintreten, da sich die von der beugenden Oeffnung ausgehenden Strahlen in einem Punkte der Netzhaut vereinigen. Bei einer nur schwach beschlagenen Fläche ist es jedoch nicht leicht, das Auge der Fläche zu accomodiren.

Wie bereits erwähnt, gelingen diese Versuche nur mit ganz reinen Flächen; ist die Fläche im geringsten fettig, so entstehen durch das Behauchen keine Beugungserscheinungen.

Eine mittelst eines Stückchens Papier oder auch mit wenig Fett eingeriebene Fläche zeigt durch die so gebildeten feinen Fettlinien ebenfalls eine Menge Interferenzstreifen; allein es ist die Erscheinung, wie sie durch ein Gitter und nicht durch ein Netz beobachtet wird.

Die beim Sehen durch eine schwach beschlagene Glas-

platte erzeugten Farbenringe hat man auch zuweilen wahrzunehmen Gelegenheit, wenn man durch eine ganz schwach beschlagene Fensterscheibe nach einer Straßsenlaterne o. dgl. sieht; ist der Beschlag stärker, so nimmt man nur noch den durch die Wassertröpfchen erzeugten gelben Schein, aber nicht mehr die Beugungserscheinung wahr. Ein so feiner Beschlag tritt aber in der Regel nur dann ein, wenn kurz vorher die Fensterscheiben abgerieben wurden, wie auch bereits bei obigen Versuchen gezeigt.

Bestreut man eine Fläche mit feinem Staube, z. B. *semen lycopodii*, und hält dieselbe zwischen das Auge und die Flamme eines Lichts, so sind, wie bekannt, Beugungserscheinungen ebenfalls wahrzunehmen, nur sind die farbigen Ringe viel schmaler und man kann mehrere (3 bis 4) solcher farbigen Ringsysteme (grün, gelb, roth) in gleichen Abständen unterscheiden, getrennt durch dunkle Zwischenräume. Der Raum unmittelbar um die Lichtquelle ist jedoch nicht dunkel, sondern mit ziemlich intensivem, gelbem Lichte (Farbe des Lichts) erfüllt, welches mit einem rothen Rande umsäumt ist. Die Ursache der Verschiedenheit dieser Erscheinung von der, die eine behauchte Fläche zeigt, liegt wahrscheinlich in größeren Zwischenräumen zwischen den einzelnen Samentheilchen, wodurch die farbigen Kreise weit schmäler ausfallen müssen. Da die Lichtquelle kein Punkt ist, sondern ziemliche Ausdehnung besitzt, so fallen die innersten Ringe der den einzelnen Punkten der Lichtquelle zukommenden Beugungsringe aufeinander und erzeugen beim Ueberdecken weißes, oder wenn schon in der Lichtquelle das Gelb überwiegt, gelbes Licht. Auch die ungleiche Gröfse des Abstandes der einzelnen Samentheilchen ist dabei von Einfluß.

Auf gleiche Weise, wie bei der mit *semen lycopodii* bestreuten Fläche entsteht wahrscheinlich auch der innere, mit der Lichtquelle gleichfarbige Theil des um die Flamme eines Lichtes wahrnehmbaren Lichthofes durch Ueberdecken der innersten Beugungsringe. Ist die Lichtquelle sehr klein oder sehr entfernt, so dürfte auch im Auge zunächst des

hellen Punktes sich ein dunkler Raum zeigen, ähnlich wie beim Sehen durch die behauchte Glasplatte; allein bei grosser Entfernung oder sehr kleiner Lichtquelle wird die ganze Erscheinung zu lichtschwach und ist daher eine bestimmte Entscheidung weniger leicht; auch kann die ungleiche Grösse der beugenden Oeffnungen von Einfluss seyn.

Figur 667 S. 527 in Müller - Pouillet Lehrb. d. Phys. giebt die Beugungserscheinung an, wie sie durch enge Gitter bei entfernter Lichtquelle gebildet wird; bei ausgedehnter Lichtquelle werden die innersten Streifen sich z. Th. überdecken und weifs geben, während der zweite, dunkle Streifen vorzugsweise Roth zeigen mufs. Durch dieses Ueberdecken wird auch das Unreine der um das Licht sichtbaren farbigen Ringe, das beinahe gänzliche Fehlen des zweiten dunklen Zwischenraumes u. s. w. vollkommen erklärt.

Auch die Intensitätsverhältnisse dieser Ringe stimmen mit der Erklärung durch Beugung vollkommen überein; der die Lichtquelle zunächst umgebende gelbe Schein ist der hellste; wenig nach steht der folgende rothe Ring; der blaugrüne und äufsere rothe Ring besitzen nur eine weit geringere Intensität. — Bei mattem Lichte (Glocke der Studirlampe) kann man nur den gelben, aufsen röthlich werdenden Schein wahrnehmen; der blaugrüne und äufsere rothe Ring läfst sich nicht mehr unterscheiden; man fühlt, dafs noch Licht da ist, kann aber die Farbe nicht mehr bestimmen. Dafs das im Auge entstehende Bild des Hofes von der Entfernung der Lichtquelle unabhängig ist, stimmt ebenfalls mit der Erklärung durch Beugung überein.

16. Ist hiernit bewiesen, dafs wir in dem Lichthof eine Beugungserscheinung vor uns haben, so fragt es sich zunächst, wie entsteht diese Beugung im Auge?

Eine Beugung am Rande der Pupille kann es nicht seyn; die Pupille ist viel zu gros, um breite Farbstreifen erzeugen zu können, wie eine einfache Rechnung sofort zeigt; die ziemlich bedeutende Breite der farbigen Streifen

zeigt vielmehr darauf hin, daß es ein ziemlich *enges* Netz ist, durch welches der Hof bedingt wird.

Ist $CD = e$ (Fig. 5, Taf. III) die GröÙe der beugenden Oeffnung, der Abstand der Oeffnung von der das Bild aufnehmenden Fläche $= h$, und die Entfernung $BA = g$, so ist die Differenz

$$BD - BC = d = \frac{g \cdot e}{h} - \frac{1}{h^3} \left(\frac{g^3 e}{2} + \frac{g e^3}{8} \right) + \dots$$

oder annähernd:

$$g = \frac{d \cdot h}{e}.$$

Es ist also annähernd g und h proportional, woraus folgt, daß die gleichfarbigen Ringe bei verschiedener Entfernung von AB fast in eine gerade Linie fallen.

Bei der Beugung durch ein Gitter tritt, vorausgesetzt, daß die Zwischenräume gleiche GröÙe mit den Oeffnungen haben, eine bestimmte Farbe bei $d = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}$ u. s. w., der betreffenden Wellenlänge auf, d. i. für Roth bei

$$d = 0,0006897 \cdot \frac{1}{2} \text{ mm.}$$

Setzen wir den Durchmesser einer Masche des Netzes $= e$, und nehmen für die Entfernung h der Netzhaut von dem beugenden Netze den mittleren Abstand der vorderen Linsekkapsel ($18 \frac{1}{2} \text{ mm}$) und der Cornea ($22 \frac{1}{2} \text{ mm}$) d. i. 20 mm an, so wird

$$g = \frac{9,0006897 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20}{e} = \frac{0,006897}{e}.$$

Der Winkel, um welchen die äußere Gränze des inneren Roth von der Lichtquelle abweicht, betrug im Mittel 2° , der Winkel des äußeren Roth 5° ; der letztere Werth ist wahrscheinlich zu klein, da die äußere Gränze weniger leicht zu bestimmen war; wir können daher für die Abweichung der mittleren Theile des inneren Roth $12 \frac{2}{3}^\circ$ und des äußeren Roth 5° annehmen.

Hiernach berechnet sich der Halbmesser des Netzhautbildes des inneren rothen Ringes, da der Kreuzungspunkt 15 mm von der Netzhaut entfernt liegt,

$$\begin{aligned} g &= 15 \text{ tg } 1^\circ 40' \text{ mm} \\ &= 15 \cdot 0,0291 = 0,4365. \end{aligned}$$

Somit bestimmt sich die Gröfse der Maschen des Netzes durch die Gleichung

$$0,4365 = \frac{0,006897}{e}$$

$$e = \frac{0,006897}{0,4365} = 0,0158^{\text{mm}}.$$

Die bei dieser Rechnung zu Grunde gelegte Annahme, dafs die Maschen genau eben so grofs als die dunkeln oder doch das Licht anders brechenden Zwischenräume seyen, wird allerdings nicht statthaben und können dadurch Aenderungen bedingt werden. Auch ist auf die veränderte Wellenlänge in den Mitteln des Auges nicht Rücksicht genommen.

Brougham nimmt als Ursache der Beugung die feinen undurchsichtigen Fasern an, welche die Haut auf der Cornea bilden; Brandes erklärt diese Erscheinung durch feine, undurchsichtige Verdichtungen, die auf der Haut des Auges befindlich seyen; wie die Versuche mit der befeuchteten Glasplatte zeigen, ist es jedoch keinesweges nöthig, dafs die beugenden Oeffnungen durch undurchsichtige Zwischenräume getrennt seyen, es ist nur erforderlich, dafs die Zwischenräume das Licht anders brechen; es ist also ebenso gut auch möglich, dafs die Beugung durch die das Auge bedeckende Schicht von Fett und Wasser, durch die Structur des die Cornea bedeckenden Theils der Bindehaut, durch die vordere Linsenkapsel, durch die unter der vorderen Linsenkapsel befindliche Zellenlage (Morgagni'sche Feuchtigkeit), durch die Structur der Linse etc., oder durch mehrere dieser Ursachen zugleich bedingt werde.

Die das Auge bedeckende Feuchtigkeitsschicht dürfte bei der erforderlichen Kleinheit der Oeffnungen weniger als Ursache anzunehmen seyn, auch müfste man dann von der Zeit abhängige Veränderungen der Halbmesser der Ringe etc. erwarten, welche, soweit die Versuche reichen, nicht eintreten. — Der Umstand, dafs nach dem Schließen und Klemmen des Auges die Ringe lebhafter hervortreten sollen, wie Cartesius angiebt, scheint für den

Einfluß der Hornhaut zu sprechen, liegt aber vielleicht nur in der größeren Empfänglichkeit des Auges, nachdem es einige Zeit geschlossen war. Die Structur der vorderen Linsenkapsel zeigt, selbst wenn wir annehmen wollten, daß das in den ersten Lebensmonaten vorhandene Adernetz auch im höheren Alter, in welchem es nicht mehr zu finden ist, noch Einfluß durch verschiedene Brechbarkeit oder andere äußere, zu große Maschen (s. Abbildung in Arnoldi *tabulae anatomicae*). Eine nähere Bestimmung der Ursache bleibt den Anatomen und Physiologen überlassen; vielleicht, daß die bei krankhaften Zuständen des Auges eintretenden Erscheinungen auf die Ursache der auch im gesunden Auge vorhandenen Beugungserscheinung hinführen, da (wie auch bei der befeuchteten Glasfläche gezeigt) eine Aenderung der Größe der Zwischenräume etc. auch eine wesentliche Aenderung der Beugungserscheinung selbst bedingen muß.

17. Wie bereits in 7. erwähnt, beobachtet man diesen Lichthof auch bei reinem, vom Sonnenlicht nicht mehr erhellten Himmel am Mond, der bei reinem Himmel um den Mond wahrnehmbare Hof ist also, wenigstens in vielen Fällen, *keine* in der Luft erzeugte Beugungserscheinung, sondern im Auge des Beobachters begründet. Inwieweit auch andere ähnliche Erscheinungen hierher zu rechnen sind, muß weiteren Beobachtungen vorbehalten bleiben.

Daß die von Brewster und Purkinje aufgeführte braune Lichtmasse ¹⁾, innerhalb welcher die Adern der Netzhaut zum Vorschein kommen sollen, und welche Brewster durch von der innern concaven Oberfläche der KrySTALLINSE oder durch die Cornea auf die Netzhaut reflectirtes Licht erklärt, mit dem gelben und inneren rothen Ringe des Hofes zusammenfällt, ist bereits oben angedeutet.

Bei dem in 8. aufgeführten, mit Tageslicht angestellten Versuche und allen ähnlichen Fällen (namentlich, wenn das Zimmer nicht ganz dunkel und man dadurch die äu-

1) Pogg. Ann. Bd. 27, S. 496.

fseren farbigen Ringe zu unterscheiden verhindert ist), scheint es, als sende die Umgebung der Oeffnung Licht aus, oder als werde das Licht in der Luft reflectirt und so die Umgebung miterhellt; auch hiervon ist also die Ursache in der Beugung des Lichtes im Auge zu suchen.

Auch die Thatsache, dafs, wenn ein Theil der Netzhaut durch starkes Licht gereizt wird, der anliegende Theil der Netzhaut seine Empfindlichkeit verliert, erklärt sich durch den soeben betrachteten Lichthof vollständig. »Die Unempfindlichkeit erreicht ihr Maximum dicht bei dem erleuchteten Fleck, und nimmt mit der Entfernung von diesem ab. Mäfsig erleuchtete Gegenstände verschwinden wirklich in der Nähe der stark erleuchteten Portion, und Körper von lebhaften Farben werden nicht nur all ihres Glanzes beraubt, sondern auch in ihren Farben verändert« ¹⁾. Ein besonderer Nachweis der *vollständigen* Erklärung dieser Erscheinung durch den Lichthof ist sicher überflüssig, und haben wir also die Erklärung dieser Thatsache nicht in einer Ausbreitung des Lichteindrucks auf die Netzhaut durch Mittheilung zu suchen, sondern in der im Auge stattfindenden Beugung des Lichts.

Dieser Lichthof ist demnach die Ursache, weshalb ein Gegenstand in der Nähe eines helleren dunkler erscheint, als er es in der That ist, weshalb man auf einem, gegen das Tageslicht gehaltenen, beschriebenen Blatte Papier die Schrift nicht lesen kann, während doch die auf dem Blatte selbst vorhandene Helligkeit hierzu vollkommen ausreichte etc. In gleicher Weise wird dieser Hof bei vielen Erscheinungen der farbigen Nachbilder, Complementar- und Contrastfarben von Einflufs seyn, namentlich was die Erscheinungen auf den vom farbigen Lichte nicht direct getroffenen Stellen betrifft, zumal da dieser Hof zum Theil eine andere Färbung besitzt. Ueberhaupt wird er in manchen Fällen zu beachten seyn, in denen man sein Auftreten bisher aufser Acht gelassen hat.

18. Dieser Hof scheint auch die Erklärung der Löwe-

1) Brewster in Pogg Ann. 1833. XXVII.

schen Ringe ¹⁾ zu geben, in soweit sich aus der Beschreibung derselben urtheilen läßt, da ich dieselben selbst wahrzunehmen nicht Gelegenheit hatte. »Sieht man durch eine ganz klare, seladongrüne Auflösung von Chromchlorid in Wasser gegen einen hellen Grund, so stellen sich dem Auge genau in der Sehrichtung auf dem grünen Grunde violette Ringe dar und zwar stets von scheinbar gleicher Gröfse, man mag durch cylindrische oder von Ebenen begränzte Glasflaschen hindurchsehen; man mag sie nahe vor das Auge halten oder sie in der Entfernung des deutlichen Sehens dem Auge darbieten. — Auflösungen von Chromalaun etc. zeigten analoge Erscheinungen; beim Chromalaun neigte sich die Farbe der Ringe in das Indigblaue. — Kupferchlorid, essigsames Kupfer etc. geben keine Ringe, sondern in der Sehaxe einen etwas lebhafter gefärbten, helleren Fleck.« »Die Auflösung von Kupferoxyd in Aetzammoniak geht in den dicksten Stellen in Violett über, indem sie den reinen, violetten Strahl in allen Dicken durchläßt. Hier erscheinen die Ringe dunkler, blau, etwas ins Violette geneigt.« »Die Projection des Ringes auf einer durch das blaue Mittel betrachteten Fenstertafel läßt eine ziemlich entsprechende Messung zu und ergiebt die Winkelgröfse des Ringes = $4^{\circ} 50'$.«

V. *Erfahrungen über Umwandlungen von Eisen- erzen; von E. F. Glocker.*

Die grofse Aufmerksamkeit, welche man in neuerer Zeit den Veränderungen und Umwandlungen widmet, denen die Mineralien und Gesteine sowohl im Innern der Erde als an ihrer Oberfläche ausgesetzt sind, hat bereits über

1) Pogg. Ann. Bd. 70, S. 403 (1847) und Bd. 88, S. 451 oder Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1852. Bd. 9, S. 240.