Neigungen habe die Säule, gehörig gedreht, die Neutralisation bewirkt, als der Hauptschnitt des Krystalls mit der Polarisationsebene des ursprünglichen Strahls die Winkel α und β machte. Daraus schließt man, daß in diesen beiden Fällen die Proportionen des successiv in dem durchgelassenen Strahl enthaltenen polarisirten Lichts sich respective wie 1:2 verhalten.

Allein andererseits wird im ersten Fall das Licht des ordentlichen Strahls gemessen durch die Zahl, welche das Quadrat des Cosinus von α ausdrückt und das Licht des außerordentlichen Strahls durch die Einheit weniger diese Zahl. Diese letzte GröÙe abgezogen vom Quadrat des Cosinus giebt die Zahl, welche das Verhältniß des polarisirten Lichts anzeigt, weil das gesammte Licht gleich ist der Einheit. Dieselbe Rechnung bei dem Winkel β giebt eine ähnliche Zahl, und wenn das Gesetz des Cosinusquadrats richtig ist, so muß die erste dieser Zahlen die Hälfte der zweiten seyn.

IV. *Betrachtungen über ein von Hrn Talbot vorgeschlagenes photometrisches Princip; von Hrn. Plateau in Brüssel.*

(*Bulletin de l'acad. roy. des sciences et belles-lettres de Bruxelles* 1835, No. 2 p. 52 et No. 3 p. 89.)

Vor einiger Zeit hat Hr. Talbot ein sehr einfaches photometrisches Princip bekannt gemacht ¹⁾, das vieler nützlichen Anwendungen fähig ist. Allein er stützt dieß an sich richtige Princip auf, mir scheint, wenig beweisende Thatsachen, und deshalb will ich in diesem Aufsatz die Resultate von Versuchen mittheilen, die ich mei-

1) *Phil. Magazine, Ser. III Vol. V p. 321.* Siehe den Zusatz am Ende des gegenwärtigen Aufsatzes. P.

nerseits unternahm, ehe ich die Arbeit des Hrn. Talbot kannte, und die das nämliche Princip auf directe Weise begründen. Dießs Princip läßt sich folgendermaßen aufstellen:

» Wenn ein leuchtender Gegenstand regelmäfsig intermittirend auf das Auge wirkt und die successiven Momente seines Erscheinens so nahe an einander liegen, dafs das Auge sie nicht mehr unterscheiden kann, sondern eine ununterbrochene Empfindung erhält, so ist die scheinbare Helligkeit dieses Gegenstandes geschwächt in dem Verhältnifs der Summe der Erscheinungs- und Verschwindungsdauer zur blofsen Erscheinungsdauer.

Nehmen wir für jetzt das Princip als bewiesen an, und werfen, um es wohl zu begreifen und seine Wichtigkeit einzusehen, einen Blick auf einige, der sinnreichen Anwendungen, die Hr. Talbot davon gemacht hat.

Läfst man vor dem Auge eine weisse, mit einem schwarzen Sector bemalte Pappscheibe schnell rotiren, so entsteht bekanntlich eine graue Farbe. Offenbar befindet sich das Auge in Bezug auf jeglichen Punkt dieser grauen Fläche in den vom obigen Princip verlangten Umständen; denn dieser Punkt wird abwechselnd von einem weissen und von einem schwarzen Raum eingenommen, und er schickt folglich nach einem Punkt der Netzhaut ein regelmäfsig intermittirendes Licht. Die scheinbare Helligkeit der grauen Farbe wird sich demnach zu der des weissen Papiers verhalten wie die Durchgangsdauer des weissen Theils durch einen Punkt zur Durchgangsdauer des weissen und des schwarzen Theils durch denselben Punkt, oder, was auf dasselbe hinausläuft, wie die Winkelbreite des weissen Theils zum vollen Kreisumfang. Will man mit Hrn. Talbot den Dunkelheitsgrad und nicht den Helligkeitsgrad der grauen Farbe messen, so ersieht man aus dem Obigen, dafs dieser Dunkelheitsgrad proportional ist der Winkelbreite des schwarzen Sectors. Gibt man demnach diesem letzteren ver-

schiedene Winkelbreiten, so kann man, vom Weiß ab bis zum Schwarz, eine Reihe von Farben bilden, deren jede durch die Winkelbreite des ihr entsprechenden Sectors gemessen wird.

Versetzt man eine schwarze Scheibe, die mit sectorenförmigen Löchern versehen ist, so daß die stehendbleibenden Theile eine Reihe dunkler unter sich gleicher Sektoren bilden, eben so in schnelle Rotation und betrachtet durch dieses Instrument einen leuchtenden Gegenstand, so wird dessen Helligkeit, gemäß dem obigen Princip, verringert werden in dem Verhältniß der Summe der Winkelbreiten einer Oeffnung und eines dunkeln Sectors zur Winkelbreite einer Oeffnung. Und daraus ist leicht zu folgern, daß der Grad der Verdunklung des Gegenstandes gemessen wird durch das Verhältniß der Summe der Winkelbreiten der schwarzen Sektoren zum ganzen Kreisumfang. Sind z. B. zwölf dunkle Sektoren vorhanden, jeder von fünf Grad, so wird die Verdunklung des durch eine solche Scheibe betrachteten Gegenstandes gemessen werden durch das Verhältniß 12 Mal 5 oder 60 zu 360. Durch dieses Mittel kann man also die scheinbare Helligkeit eines sehr glänzenden Gegenstandes, z. B. die einer Flamme, in jedem beliebigen Verhältniß schwächen und dann mit einer andern schon gemessenen Helligkeit vergleichen.

Man kann auch das Bild des leuchtenden Gegenstandes mit einem rasch rotirenden Spiegel auffangen, so daß dieses Bild eine Kreisbewegung bekommt. Es nimmt dann scheinbar die Figur eines zusammenhängenden Ringes an, dessen Helligkeit gemessen wird durch das Verhältniß der wirklichen Breite des Bildes zu dem Kreisumfang, den es beschreibt. Ist der leuchtende Gegenstand z. B. die Sonne, und ein zweckmäßig aufgestellter Spiegel macht das Bild derselben einen größten Kreis der Himmelskugel beschreiben, so wird der centrale Theil dieses Bildes seinen scheinbaren Glanz im Verhältniß

von 360° zum Winkel-Durchmesser der Sonne, d. h. von 720:1, verringern. Die erzeugte Lichtzone hat also in ihrer Mitte einen 720 Mal schwächeren Glanz als das Sonnenbild, welches der nämliche Spiegel in Ruhe reflectiren würde.

In den Anwendungen, die Hr. Talbot von diesem Princip gemacht, werde ich ihn nicht weiter folgen, sondern will zum Beweise dieses Princip's übergehen. Hr. Talbot stützt sich dabei auf folgende Betrachtungen.

»Wenn man im Finstern eine glühende Kohle im Kreise herumführt, so erblickt das Auge einen zusammenhängenden Lichttring, und empfängt von diesem Ring genau dieselbe Menge Licht, welche es von der kleinen Oberfläche der ruhenden Kohle empfangen würde. Denn wenn der Ring mehr Licht in das Auge sendete, müßte er auch mehr nach irgend einer andern Richtung senden, und so würde das Zimmer von der bewegten Kohle stärker erleuchtet seyn als von der ruhenden. Wenn also die gesammte Menge des Lichts sich gleich geblieben ist, muß die scheinbare Intensität desselben sich in demselben Verhältniß verringern als die scheinbare Fläche des leuchtenden Gegenstandes vergrößert worden ist. Daraus ergibt sich das besagte Princip ganz natürlich.«

Diese Schlusssfolge scheint mir wenig beweisend. Denn welche Beziehung giebt es zwischen der Zimmer-Beleuchtung, welche aus der continuirlichen Action des Lichts der Kohle entspringt und der Helligkeit irgend eines Punkts des scheinbaren Ringes, einer Helligkeit, die aus einer Reihe successiver Eindrücke auf einen und denselben Punkt der Netzhaut hervorgeht? Die totale Lichtmenge, welche zum Auge gelangt, bleibt zwar sich gleich, die Kohle mag in Bewegung oder Ruhe seyn; allein im ersten Fall wirkt dieß Licht successiv auf verschiedene Punkte der Netzhaut, und man kann daher a priori nichts über das Resultat einer solchen Wirkung schließen. Uebrigens scheint Hrn. Talbot selbst dieser Versuch

nicht conclusiv, und er nimmt ein anderes Argument von der Thatsache her, daß die Farbe, welche eine weiße, mit einem schwarzen Sector versehene Scheibe durch Rotation erzeugt, sich genau gleich bleibt vom Mittelpunkt bis zum Umfang. Und in der That, da in jedem Abstand vom Mittelpunkt das Verhältniß zwischen der Vorübergangsdauer des weißen und des schwarzen Theils das nämliche ist, so folgt aus dem in Rede stehenden Princip, daß auch die Farbe die nämliche bleiben muß. Allein diese Thatsache beweist bloß, daß die erzeugte Farbe nur von dem obigen Verhältniß abhängt, nicht aber, daß sie durch dieses Verhältniß gemessen wird. Die scheinbare Helligkeit könnte durch das Quadrat oder durch irgend eine andere Function dieses Verhältnisses gemessen werden, und dennoch würde offenbar die Farbe vom Mittelpunkt bis zum Umfang die nämliche seyn.

Ich will nun in wenigen Worten die Ergebnisse meiner Versuche angeben. Ich habe gesucht einen directen Vergleich anzustellen zwischen der Farbe von weißem Papier und der einer Scheibe aus demselben Papier, welche eine gewisse Anzahl schwarzer Sektoren von bestimmter Breite besaß. Zu dem Ende stellte ich die rotirende Scheibe und das weiße Papier in ungleichen Abständen von der Flamme Einer Kerze auf, und veränderte einen der Abstände so lange bis die scheinbare Helligkeit beider Gegenstände gleich war. Dann maß ich die beiden Abstände, und, wie leicht zu ersehen, gab mir nun das directe Verhältniß ihrer Quadrate das gesuchte Verhältniß beider Farben. In der That kommt die Aufgabe darauf zurück, das Verhältniß der Farben beider Gegenstände in der Voraussetzung zu bestimmen, daß sie gleiche Entfernung von der Flamme besitzen. Nun würde die Helligkeit des weißen Papiers in dem Abstände, wo sie der der Scheibe gleich erscheint, sich zu seiner Helligkeit für gleichen Abstand mit der Scheibe verhalten wie das Quadrat dieses letzteren Abstands zum Quadrat des

ersteren. Daraus folgt offenbar, daß, wenn Papier und Scheibe gleichen Abstand haben, die Helligkeit der letzteren sich zu der des ersteren verhält wie das Quadrat dieses Abstands, zum Quadrat desjenigen, welchen man dem Papier geben müßte, um seine Helligkeit der der Scheibe gleich zu machen. Diese Beobachtungen sind vieler Genauigkeit fähig, weil man die rotirende Scheibe und das weiße Papier, wenn man sie auf der nämlichen Seite der Flamme aufstellt, so betrachten kann, daß sich die erstere auf das letztere projecirt, und dann wird ein sehr geringer Unterschied in der Helligkeit merkbar. Wenn indeß dieser Versuch genügende Resultate geben soll, sind folgende Vorsichtsmaßregeln nöthig.

1) Die Abstände müssen ziemlich groß seyn, damit die Dimensionen der Flamme keinen Einfluß haben, denn der Satz von den Quadraten der Abstände setzt einen Lichtpunkt und keinen leuchtenden Körper voraus.

2) Man darf nur einen Punkt des Scheibenrandes vergleichen mit demjenigen Punkt des weißen Papiers, neben welchem der erstere sich projecirt, und man muß die beiden Gegenstände so aufstellen, daß ihre Flächen senkrecht sind gegen die Strahlen, welche von der Flamme zu diesen beiden Punkten gehen.

3) Natürlich muß man die Lichtflamme durch einen Schirm für das Auge verdecken, und überdieß auf alle mögliche Weise dafür sorgen, daß die beiden zu vergleichenden Gegenstände nur allein von der Flamme Licht erhalten.

Nun muß zufolge des am Anfange dieses Aufsatzes dargelegten Princip's die scheinbare Helligkeit der Scheibe sich zu der des Papiers verhalten wie die Vorübergangsdauer eines weißen Sectors zur Vorübergangsdauer eines weißen und eines schwarzen Sectors; oder was dasselbe ist, wie die Winkelbreite eines weißen Sectors zur Summe der Winkelbreiten eines weißen und schwarzen Sectors, oder endlich, was auch noch dasselbe ist, wie die Breite

sämmtlicher weißer Sektoren zum ganzen Kreisumfang. Wenn also das besagte Princip richtig ist, muß das obige Verhältniß gleich seyn dem Verhältniß zwischen den Quadraten der Abstände der Scheibe und des weißen Papiers von der Flamme.

Jetzt die Resultate, welche ich durch diese Methode erhielt.

1) Weiße und schwarze Sektoren gleich breit.

Millimeter.

Abstand des Scheibenrandes von der Mitte der Flamme	400
Abstand des entsprechenden Punktes auf dem weißen Papier von der Mitte der Flamme	557
Verhältniß der Quadrate dieser Abstände	0,5157
Verhältniß zwischen der Summe der Winkelbreiten der weißen Sektoren zum ganzen Kreisumfang	0,5000
Unterschied zwischen den beiden vorhergehenden Zahlen	+0,0157

Wenn mithin die scheinbare Helligkeit des weißen Papiers $= 1$ ist, wird die der rotirenden Scheibe, befindlich in derselben Entfernung gedacht, seyn $= 0,5157$ oder sehr nahe gleich ein halb. Nun verhielt sich die Summe der Winkelbreiten der weißen Sektoren zum Kreisumfang wie 1:2, also mißt die letztere Verhältniß sehr annähernd die Farbe einer solchen Scheibe.

2) Breite der weißen Sektoren zu der der schwarzen wie 1:2.

	1. Vers. Millim.	2. Vers. Millim.
Abstand des Scheibenrandes	400	400
Abstand des entsprechenden Punktes auf dem weißen Papier	680	687
Verhältniß zwischen den Quadraten dieser Abstände	0,3460	0,3390

	1. Vers. Millim.	2. Vers. Millim.
Verhältniß der Summe der Breiten d. weifs. Sektoren zum Kreisumfang	0,3333	0,3333
Unterschied	+ 0,0127	+ 0,0057

3) Breite der weissen Sektoren zu der der schwarzen
wie 7:1.

	1. Vers. Millim.	2. Vers. Millim.
Abstand des Scheibenrandes	608	611
Abstand des entsprechenden Punkts auf dem weissen Papier	651	651
Verhältniß zwischen den Quadraten dieser Abstände	0,8722	8809
Verhältniß der Summe der Breiten der weissen Sektoren zum Kreis- umfang	0,8750	0,8750
Unterschied	— 0,0028	+ 0,0059

Die Unterschiede zwischen den Resultaten dieser Versuche und denen, welche das Princip liefert, sind, glaube ich, so gering, daß man nicht anstehen kann, dies Princip als durch obige Resultate hinlänglich bewiesen anzusehen.

Zusatz. Zur Vervollständigung der vorstehenden Notiz stehe hier aus den Aufsatz des Hrn. Talbot noch Einiges über die Anwendungen, welche derselbe von seiner photometrischen Methode gemacht hat.

Um nach dieser Methode die Helligkeit eines Körpers zu messen, oder mit dem Grau zu vergleichen, welches eine weisse, mit einem schwarzen Sector bemalte Scheibe bei schneller Rotation liefert, müßte man offenbar ausserordentlich viele Scheiben vorrätig haben, welche, was das Verhältniß der Fläche des schwarzen Sektors (oder der schwarzen Sektoren, falls ihrer mehrere da sind) zur gesammten Oberfläche der Scheibe betrifft, alle möglichen Fälle darböten. Da dieses aber unausführbar ist,

so hat Hr. Talbot eine Scheibe construiert, welche für sich allein, wenn man sie in Rotation versetzt, von ihrem Mittelpunkt an bis zum Umfang alle möglichen Abstufungen vom Schwarz bis zum Weiß in einer dem Abstände vom Mittelpunkt proportionalen Fortschreitung darbietet.

Es ist nämlich eine weiße Scheibe auf die in Fig. 12 Taf. II abgebildete Art schwarz bemalt, nämlich so, daß die schwarze Fläche einerseits von einem Radius der Scheibe und andererseits von einer *archimedischen Spirale* begrenzt wird. Wenn man die Winkel (von dem senkrechten Radius abwärts nach der Linken gezählt) mit ω bezeichnet und den Fahrstrich der Curve mit ρ (den Radius der Scheibe dabei zur Einheit genommen), so hat man für diese Curve die Gleichung:

$$\omega = 360 \cdot \rho,$$

wodurch, wie man sieht, die verlangte Bedingung erfüllt ist. Denn nachdem man die Helligkeit eines Körpers gleich gefunden hat der Helligkeit der rotirenden Scheibe in irgend einem Abstand von ihrem Mittelpunkt, so braucht man nur diesen Abstand zu messen, um dadurch auch sogleich die diesem Abstände proportionale Helligkeit des Körpers (in Bezug zur Helligkeit des Weiß der Scheibe) zu erhalten.

Man kann auch den dunkeln Raum ausschneiden, und die Scheibe, die natürlich von einer undurchsichtigen Substanz gemacht seyn muß, vor einem Licht von constanter und bekannter Helligkeit rotiren lassen. Dann erscheint das Weiß natürlich schwarz und die ganze Helligkeits-Abstufung ist umgekehrt; sonst bleibt alles gleich.

Hr. Talbot hat das Instrument auch dahin verändert, daß er dem von der Spirale eingeschlossenen Raum und dem übrigen Theil der Scheibe andere Farben als die schwarze oder weiße giebt, wobei er dann den ersten aus einem besonderen Stück Papier schneidet und auf die mit der Grundfarbe bemalte Scheibe legt. Nimmt

man z. B. den Spiralraum blau und die Scheibe gelb, so erhält man bei Rotation der Scheibe nahe am Mittelpunkt reines Blau, nahe am Umfang reines Gelb, und zwischen beiden irgendwo eine neutrale Farbe (wie sich Hr. T. ausdrückt). Der Abstand dieser neutralen Farbe vom Mittelpunkt ist nach der Intensität der componirenden Farben verschieden, und giebt, wenn er gemessen wird, das Verhältniß an, nach welchen die letzteren die neutrale Farbe gebildet haben ¹⁾).

Ein anderes von Hrn. Talbot vorgeschlagenes Mittel, variable Verdunklungen hervorzubringen, besteht darin, daß man zwei Scheiben von Pappe oder Metall, die eine beliebige aber gleiche Anzahl sectorenförmiger Ausschnitte enthalten, vor einer leuchtenden oder erleuchteten Fläche um eine gemeinschaftliche Axe rotiren läßt. Hat jede Scheibe z. B. 18 Ausschnitte von 10° , so wird, da $10^\circ \times 18 = 180^\circ =$ der halben Scheibenfläche, der leuchtende Körper um die Hälfte verdunkelt, sobald die Ausschnitte beider Scheiben genau coincidiren; jede größere Verdunklung läßt sich dann durch Verschiebung der einen, zu dem Ende auf der Axe drehbar gemachten Scheibe erlangen, da dadurch die Ausschnitte für den Durchgang des Lichts in jedem beliebigen Verhältniß schmaler gemacht werden können.

Ein drittes, von Hrn. T. empfohlenes Mittel beruht auf der Anwendung eines *rotirenden Spiegels*, mit welchem man das Bild eines leuchtenden Gegenstandes rasch im Kreise herumführt. Ist das Auge so gestellt, daß es bei jedem ganzen Umlauf des Spiegels einmal von den reflectirten Strahlen getroffen wird, und hat die Rotation eine solche Schnelligkeit, daß es die Unterbrechungen des Lichts nicht wahrnimmt, so wird es ein stetiges Bild vom leuchtenden Gegenstand erblicken, dessen Helligkeit

1) Zur Anstellung derartiger Versuche würde offenbar der Bussolt'sche Kreisels (Annal. Bd. XXXII S. 656) ein ganz vortreffliches Hülfsmittel darbieten.

sich zur Helligkeit des Gegenstandes verhält, wie der Kreisumfang zur Winkelbreite dieses Gegenstandes, abgesehen dabei von der durch die Reflexion veranlaßten Lichtschwächung, die natürlich verschieden ist nach dem Winkel unter welchem das Auge die Strahlen von dem Spiegel empfängt. Da die Sonne etwa einen halben Grad im Durchmesser besitzt, so würde sie eine Lichtzone erzeugen, deren Helligkeit in der Mitte sich zur Helligkeit des Sonnenbildes verhielte wie 0,5 zu 360, also 720 Mal geringer wäre ¹⁾). Die Helligkeit dieser Lichtzone würde indess noch viel zu groß seyn, um sie mit der Helligkeit irgend eines leuchtenden Körpers auf der Erde vergleichen zu können. Deshalb schlägt Hr. T. vor, die so erzeugte Lichtzone nochmals auf angezeigte Art zu schwächen, entweder durch einen zweiten rotirenden Spiegel oder durch Rotation einer mit Oeffnungen versehenen undurchsichtigen Scheibe. Da die Helligkeit der ersten Zone von der Mitte aus abnimmt, so muß man dabei mittelst eines Diaphragma den mittleren Theil derselben abgränzen, so daß nur Licht von diesem auf die Scheibe oder den zweiten Spiegel fallen kann.

Endlich bemerkt Hr. Talbot noch, daß das von ihm vorgeschlagene photometrische Princip zur *Messung hoher Temperaturen* angewandt werden könne. Er meint, wenn man ein Thermometer auf dem Umfange eines Rades befestigte, so daß es bei schneller Rotation dieses Rades auf die Dauer irgend eines Bruchtheils der Rotationszeit, z. B. während eines Hundertel derselben, dem Einfluß der hohen Temperatur eines benachbarten Körpers, z. B. einer glühenden Kanonenkugel, ausgesetzt wäre, und man sähe dabei das Thermometer 5° steigen — oder wenn man Thermometer und glühende Kugel in Ruhe ließe, und zwischen beiden eine durchbrochene

1) Von der Mitte aus ist die Helligkeit des Bildes natürlich geringer im Verhältniß der dem Abstände von der Mitte entsprechenden Sehne eines Kreises zum Durchmesser desselben.

Scheibe, an der die ausgeschnittenen Theile sich zu den stehen gebliebenen wie 1 zu 100 verhielten, in Rotation versetzte, und man nähme dabei eine gleiche Temperaturerhöhung gewahr — so würde man schliessen können, daß das Thermometer, im ersten Fall bei Ruhe in dem der Kugel zunächst liegenden Punkte, und im zweiten Fall bei Abwesenheit der rotirenden Scheibe, um 500° gestiegen wäre.

Dieser Grundgedanke ist gewiß recht sinnreich, aber es fehlt unstreitig noch viel daran, ihn zur Ausmittlung der Temperatur glühender Körper anwenden zu können.

P.

V. *Ueber das Verhalten von Kohle gegen das Licht; von Degen,*

Professor an der polytechnischen Schule in Stuttgart.

Legt man ein größeres Stück gut gebrannter Tannenkohle auf eine Schicht glühender Kohlen in einem Windofen und verschließt dann alle Oeffnungen, so daß bloß ganz wenig Luft unter den Rost dringen kann, so geschieht die Verbrennung dieses Stücks bloß durch Zersetzung von Kohlensäure, und man findet nach dem Erlöschen des Feuers, daß das, was dann noch übrig ist, sich ganz oder theilweise in eine Masse aufgelöst hat, die aus lauter Fasern besteht, welche fast gar keinen Zusammenhang mehr unter einander haben.

Betrachtet man diese Fasern unter einem Mikroskop (ich bediente mich hiezu eines Plössl'schen), so findet man, daß sie runde Gefäße sind. Sie sind bald mehr, bald weniger durchsichtig, und ihre Farbe im durchgehenden Licht ist gelbbraun. Ihre Dicke ist im Verhältniß zu ihrem Durchmesser sehr unbeträchtlich, was