

ausstrahlen. Die Wirkung, welche das erregende Licht auf die Molecüle ausübt, kann hier nur bedingt sein durch die Beschaffenheit der Aetherbewegung, welche in unmittelbarer Nähe des Molecüls stattfindet, gleichgültig, auf welchem Wege diese Bewegung dem Molecüle zugeführt worden sein mag. Die Möglichkeit, dass etwa die Richtung der einfallenden Strahlen die Erscheinungen mitbedinge, bleibt somit ausgeschlossen, und damit auch die Annahme, dass die Erscheinungen eine Function der Lage des auf den Richtungen des Strahles und der Schwingungen errichteten Perpendikels sein könnten. Es kann vielmehr nur die Neigung der Schwingungsrichtung zur Krystallaxe massgebend sein, und daraus folgt im Zusammenhang mit den Versuchsergebnissen, welche zeigen, dass die Lage der Normalen der Polarisationssebene zur Krystallaxe die Erscheinungen bestimmt, mit Nothwendigkeit, dass Schwingungsrichtung und Normale der Polarisationssebene zusammenfallen.

Erlangen, im August 1879.

IX. *Ueber eine kleine Abänderung des Bunsen'schen Fettfleckphotometers; von A. Toepler.*

Bei der photometrischen Beobachtung nach der Bunsen'schen Methode kommt es bekanntlich sehr auf die Beschaffenheit des Fettfleckpräparates an. Stark durchscheinende Stearinflecken, wie man sie auf nicht zu dickem Papier erhält, gestatten eine sehr genaue Einstellung. Sie haben jedoch die Eigenschaft, dass das Verschwinden des Fleckens nicht nur von den Abständen der Lichtquellen, sondern auch von der Stellung des Beobachters abhängt. Ist bei einem gewissen Winkel zwischen der Sehrichtung und der Ebene des Papierschirmes der Fleck zum Verschwinden gebracht, so kommt derselbe bei einer Aenderung

dieses Winkels wieder zum Vorschein. Bei dem Bunsen'schen Photometer ist die Unveränderlichkeit der Sehrichtung durch eine mit dem Papierschirme fest verbundene Schauöffnung gewahrt. Auf entsprechend dickerem Papier erhält man allerdings auch leicht Fettflecke, bei denen das Verschwinden von der Winkelstellung des Auges ganz unabhängig ist. Solche Präparate sind jedoch, soweit ich sie kenne, nicht die empfindlichsten.

Ich benutze seit einiger Zeit eine Vorrichtung, bei welcher der transparente Fleck nicht durch Befettung, sondern durch Verminderung der Papierdicke hervorgebracht wird. Eine solche Vorrichtung verhält sich etwas anders; ich will sie in Folgendem kurz beschreiben. Man lege zwischen zwei möglichst dünne, gleichmässig durchscheinende Blätter von Pergamentpapier (ungeleimtes Papier, welches durch Eintauchen in concentrirte Schwefelsäure durchscheinend gemacht ist), ein ebenso grosses Blatt von mässig starkem, gewöhnlichem Papier, welches in der Mitte eine glatt ausgeschnittene Kreisöffnung von 20 bis 25 mm Durchmesser besitzt. Diese drei Blätter werden ganz dicht aufeinander auf einem Rahmen straff ausgespannt oder zwischen ebenen, farblosen Glastafeln fest eingeschlossen. Man erhält auf diese Weise einen stark durchscheinenden Fleck auf weniger durchscheinendem Felde. Der Fleck ist scharf begrenzt und sieht einem gut präparirten Stearinflecken täuschend ähnlich. Wird eine solche Vorrichtung zwischen zwei Lichtquellen hin und her gerückt, bis der Kreisfleck verschwunden ist, so ändert sich das Aussehen des Schirmes bei veränderter Sehrichtung kaum. Allerdings bemerkt man bei genauer Betrachtung, dass der Fleck überhaupt nicht ganz unsichtbar wird, wenigstens ist dies bei den von mir benutzten Papiersorten der Fall. Der Fleck erscheint in der Uebergangsstellung im Vergleich mit seiner Umgebung schwach bläulich gefärbt. Dessenungeachtet lässt die Genauigkeit der Einstellung wohl kaum etwas zu wünschen übrig. Will man mit dem Schirm nach den für das Fettfleckphotometer in Vorschlag

gebrachten Methoden arbeiten, so braucht auf die Stellung des Beobachters höchstens ganz beiläufig Rücksicht genommen zu werden.

In Folgendem gebe ich einige Zahlen, welche einer kurzen, auf meine Veranlassung von Hrn. Dr. Möhlau ausgeführten Beobachtungsreihe entnommen sind. Die einfache Versuchsmethode gewährt einen raschen Ueberblick über die in Rede stehenden Verhältnisse. In der Verbindungslinie zweier aus demselben Leitungsrohr gespeister Gasflammen *A* und *B*, welche den constanten Abstand 170 cm hatten, wurde der Fleck wie oben zum Verschwinden gebracht, wobei die Schirmebene stets senkrecht zur Richtung *AB* stand. Der Beobachter befand sich in einer durch *A* senkrecht zu *AB* gelegten Ebene und zwar in verschiedenen Abständen von *A*, welche in der Tabelle als „Seitenabstände des Beobachters“ bezeichnet sind. Da mit beiden Augen beobachtet wurde, so beziehen sich diese Seitenabstände auf die Mitte zwischen beiden Augen. Bei jeder Stellung des Beobachters wurden rasch nacheinander je 12 Einstellungen gemacht. Gemessen wurde jedesmal die Entfernung des Schirmes von der Lichtquelle *A*. Die Tabelle gibt die Mittelwerthe in Centimetern, zugleich zu jedem Beobachtungssatz den Werth des mittlern Fehlers der einzelnen Beobachtung, ebenfalls in Centimetern¹⁾:

Seitenabstand d. Beobachters	Schirmabstand Mittel	Mittlerer Fehler
20 cm	78,43 cm	0,35 cm
30 „	78,50 „	0,22 „
50 „	79,43 „	0,25 „
70 „	79,31 „	0,30 „
90 „	79,84 „	0,11 „

Die Schirmabstände nehmen bei wachsendem Neigungswinkel der Schrichtung kaum merklich zu; die kleinen Unterschiede könnten ebensowohl aus Aenderungen in den Gasflammen erklärt werden, da zu deren Regulirung keine

1) Die Wurzel aus dem Quotienten der Fehlerquadratsumme durch die um Eins verminderte Anzahl der Beobachtungen.

besonderen Vorsichtsmaassregeln getroffen waren. Sämmtliche Beobachtungen zusammengefasst ergaben als mittleren Fehler der einzelnen Einstellung 0,251 cm. Hieraus berechnet sich leicht der Fehler, welcher bei der Bestimmung der Lichtstärke begangen wird. Nennt man die Lichtstärken von B und A beziehungsweise 1 und L , die Abstände des Schirmes von den Lichtquellen beziehungsweise r_1 und r , so ist:

$$L = k \frac{r^2}{r_1^2},$$

wobei k eine von der Beschaffenheit des Schirmes abhängige Constante ist. Bezeichnet ΔL den Zuwachs der Lichtstärke, wenn r um Δr wächst, während zugleich r_1 um dasselbe Δr abnimmt, so findet man leicht, dass:

$$\frac{\Delta L}{L} = 2 \left(\frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta r}{r_1} \right).$$

Setzt man für Δr , r und r_1 beziehungsweise die Werthe 0,251, ferner 79,5 und 90,5 cm, so bedeutet $\frac{\Delta L}{L}$ den photometrischen Fehler der einzelnen Beobachtung in obiger Reihe, ausgedrückt in aliquoten Theilen der zu messenden Lichtstärke. Der Werth ist ungefähr $\frac{1}{34}$ und liegt innerhalb derjenigen Grenzen, innerhalb deren die photometrische Unterscheidung eine individuelle Sache ist.¹⁾ Für mein Auge fand ich auf obige Weise den Einstellungsfehler 0,27 cm.

Zum beiläufigen Vergleich folgen noch die Mittelwerthe aus zwei Reihen von Einstellungen, welche unter denselben Versuchsbedingungen mit einem Oel- und einem Stearinleck ausgeführt wurden. Beide Präparate hatten ungefähr gleiche Transparenz mit dem Pergamentpapier-schirm. Die erste Reihe stammt von Dr. Möhlau, die zweite von mir. Der Oelfleck konnte wegen des ver-

1) Der Helligkeitsunterschied, welcher an ruhenden Flächen noch wahrgenommen zu werden pflegt, schwankt für verschiedene Personen nach Bouguier und Fechner zwischen $\frac{1}{64}$ und $\frac{1}{100}$, nach Masson zwischen $\frac{1}{30}$ und $\frac{1}{120}$; s. Helmholtz, physiolog. Optik, p. 311.

waschenen Randes nur bei sehr geneigter Sehrichtung benutzt werden:

Seitenabstand d. Beobachters	Einstellungen	
	Oelfleck	Stearin
30 cm	—	81,2 cm
50 „	85,9 cm	85,6 „
70 „	90,8 „	88,5 „
90 „	94,6 „	90,0 „
Mittl. Fehler d. Lichtstärke	$\frac{1}{49}$	$\frac{1}{80}$

Der Vergleich der beiden Tabellen zeigt, dass der Einfluss der Sehrichtung auf die Einstellung am wenigsten bei dem Pergamentschirm zu bemerken war. Bei diesem ist die Lichtemission für den Fleck und seine Umgebung jedenfalls sehr nahe ein und dieselbe Function des Emissionswinkels. Dieses Verhalten dürfte hauptsächlich aus dem Umstande erklärlich sein, dass im Innern des Kreisfleckes das Licht nacheinander vier unebene Oberflächen einer im übrigen sehr durchlässigen Substanz zu durchdringen hat und dabei ebenso oft zerstreut wird. Auch mag der Umstand mitwirken, dass die Lichtemission über das ganze Feld des Schirmes von gleichbeschaffener Oberfläche geschieht, was streng genommen bei Fettflecken nicht stattfindet.

Die letzteren Zahlen wurden übrigens durch Beobachtung mit einem Auge erhalten, da die Fettflecken nicht genau gleichzeitig für beide Augen verschwanden. Der mittlere Fehler beim Stearinfleck bezieht sich auf den Seitenabstand 50 cm, woselbst der Einstellungsfehler 0,266 cm betrug. Der Pergamentpapierschirm dürfte also in Bezug auf die Empfindlichkeit dem Stearinfleck nahe kommen. Ich will nicht bezweifeln, dass durch Innehaltung aller Vorsichtsmaassregeln noch bessere photometrische Einstellungen, als die obigen, erzielt werden können, muss jedoch bemerken, dass ich Stearinflecke auf dickerem Papier unempfindlicher finde. Ist das Papier so dick, dass die Einstellung ebenso wenig von der Stellung des Beobachters

beeinflusst wird, als es bei dem Pergamentschirm der Fall war, so verschwindet der Fleck zwar absolut, aber innerhalb eines merklichen Spielraumes. Ich fand den mittlern Fehler fast doppelt so gross als oben.

Endlich will ich noch erwähnen, dass mir bei den in Rede stehenden photometrischen Vorrichtungen die Einstellung mit beiden Augen, wo sie überhaupt zulässig ist, ein wenig genauer zu sein scheint, als die mit einem Auge. Unter den gleichen Versuchsbedingungen angestellte Beobachtungen mit dem beschriebenen Schirm ergaben durchgehends einen etwas grössern mittlern Fehler mit einem als mit beiden Augen. Der Unterschied ist gering und mag in den entoptischen Gesichtswahrnehmungen seine Erklärung finden, welche beim Fixiren heller Flächen — wenn auch meistens unbeachtet — im Sehfelde auftreten. Solche entoptische Helligkeitsunterschiede scheinen mir das binoculare Sehen weniger als das monoculare zu beeinträchtigen.

**X. Ueber die Brechung der Schallwellen;
von K. H. Schellbach und E. E. Boehm.**

Nachdem es gelungen war, die Reflexion des Schalles durch Kohlenstaubfiguren objectiv darzustellen¹⁾, wurde der Versuch gemacht, die Brechung des Schalles mit denselben Mitteln nachzuweisen. Wir benutzten zunächst einen von den bekannten käuflichen Luftballons aus Goldschlägerhaut und füllten denselben mit Kohlensäure. Die grosse Anzahl von Versuchen, die wir mit diesem und mehreren kugelförmigen Ballons aus Collodium und Gummi anstellten, zeigten übereinstimmend, dass sich die Wirkung der Funkenwellen noch in ziemlich grosser Entfernung von der Schallquelle deutlich durch einen solchen Ballon in

1) Wied. Ann. VII. p. 1. 1879.