

**XI. Ueber die an bestäubten und unreinen Spiegeln
sichtbare Interferenzerscheinung;**

von M. Sekulic,

Prof. zu Rokovac in Kroatien.

(Aus dem Kroatischen übersetzt.)

Anknüpfend an die in diesen Annalen Bd. 149, S. 126 gebrachte Notiz werde ich im folgenden die seit jener Zeit gemachten Wahrnehmungen beschreiben, eben so die Methode meiner Versuche. Ich operirte anfänglich mit zwei Lichtern, weil ich glaubte, durch die gröfsere Helligkeit die Intensität der Interferenzstreifen zu erhöhen; das zweite Licht mußte jedoch eine solche Lage haben, damit es keine Streifen warf; später überzeugte ich mich, dafs dieses zweite Licht überflüssig sey, weil die durch dasselbe hervorgebrachte Intensitätsverstärkung unbedeutend war, und weil dasselbe mich in vielen Fällen störte.

Die Herstellung des Spiegels für diese Versuche kann auf vielfache Art geschehen, jedoch sind zweierlei Herstellungsweisen wesentlich zu unterscheiden und zwar die Präparirung des Spiegels mit trockenem Staube oder mit fetten Substanzen. Die Präparirung des Spiegels mit Staub geschieht einfach dadurch, dafs man Staub von was immer für einem Körper in einem ganz kleinen Blasebalg anfüllt, die Düte mit Muselin zumacht, und dann gegen die Spiegelfläche bläst. Gut ist es den Spiegel vorher mit dem Conductor der Elektrisirmaschine zu berühren, damit das Glas ein wenig elektrisch werde; es bleibt dann der Staub besser daran haften.

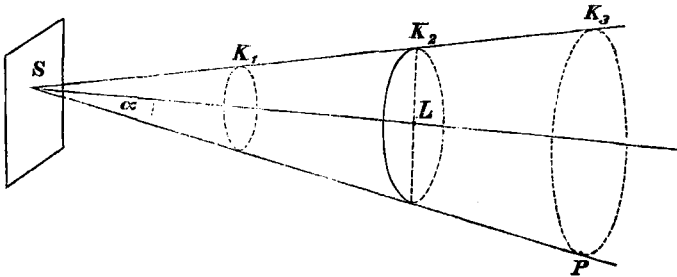
Mit fetten Substanzen wird der Spiegel vorbereitet, indem man weich gemachtes Fett mit einem Baumwollbauschen fein auf der Spiegelfläche vertheilt, und dann den Spiegel mit trockener Baumwolle in einer Richtung durch parallele Striche abzieht und zwar so lange bis er eine Politur zeigt, die ziemlich glänzend erscheint. Am besten

verfährt man dabei, wenn man Baumwolle um eine Glasröhre wickelt, und dann diese Röhre parallel mit sich selbst unter ziemlich starkem Drucke längs der Spiegelfläche einige Male abzieht.

Wir werden im Verlaufe unserer Versuche sehen, daß ein Unterschied zwischen den mit Staub und jenen mit Fett hergerichteten Spiegeln besteht, und daß dieser Unterschied eben einiges zur Aufklärung über die Erscheinung beiträgt.

A. Versuche mit bestaubten Spiegeln.

1. Wir wollen uns vorstellen, daß in der beistehenden Figur S den Spiegel und L das Licht einer Kerzen- oder



Petroleumlampe bedeute. Die Linie LS sey von der Lichtquelle normal auf die Spiegelfläche gezogen. Es ist gut, wenn das Licht vom Spiegel wenigstens 2 bis 3 Meter entfernt ist. Denkt man sich das Auge nahezu im Centrum des auf der Normale mit seiner Fläche senkrecht stehenden Kreises K_1 , so erscheinen im Spiegel kreisrunde prachtvolle Interferenzstreifen. Der Krümmungsmittelpunkt liegt im Spiegelbilde des Auges, also auch nahezu in der Normale. Die Breite der Streifen ist ein Maximum für den Beobachtungskreis K_1 . Entfernt sich das Auge in der Kreisfläche K_1 vom Mittelpunkte gegen den Umfang des Kreises, so werden die Interferenzstreifen immer schmaler und schmaler, je näher man dem Umfange des Kreises kommt; aus der Peripherie des Kreises gesehen,

verschwinden die Streifen ganz. Gleichzeitig mit dem Schmälerwerden der Ringe wächst der Krümmungshalbmesser. Durchwandert das Auge die ganze Kreisfläche K , so behält die Erscheinung im Ganzen denselben Charakter, die Krümmung ist gegen das Bild des Auges gekehrt. Die Breite der Streifen steht im umgekehrten Verhältnisse mit dem Radius des Beobachtungskreises K ; der Krümmungshalbmesser dagegen im geraden Verhältnisse.

2. Rückt der Beobachtungskreis näher dem Spiegel, so erscheinen die Ringe schmäler, rückt er weiter vom Spiegel, so werden die Streifen verhältnißmäßig breiter. Dieses gilt für alle Lagen des Beobachtungskreises, sey es vor oder hinter der Lichtquelle.

3. Denkt man sich einen zweiten Beobachtungskreis K_1 durch das Licht selbst ebenfalls senkrecht zur Normale gezogen, und läßt das Auge wieder die ganze Kreisfläche durchwandern, so bemerkt man folgendes:

- a. Steht das Auge nahezu in der Richtung der Normale, also im Mittelpunkte des Beobachtungskreises, d. h. sieht man von der nächsten Nähe durch das Licht durch, so erscheinen die Interferenzstreifen sehr breit, der Krümmungshalbmesser sehr klein. Der Krümmungsmittelpunkt liegt in der Normale, also auch im Augbilde.
- b. Entfernt sich das Auge vom Mittelpunkte des Kreises gegen den Umfang, so vergrößert sich der gegen die Normale gerichtete Krümmungsradius wie im Kreise K_1 . Rückt man noch weiter gegen den Umfang, so wird man einen Punkt finden, wo die Krümmung der Streifen sowohl gegen die Normale als auch von derselben sich bildet. In diesem Falle bilden die mittleren Streifen gerade Linien, die Randstreifen sind entgegengesetzt gekrümmt, und zwar zum Theil gegen die Normale, zum Theil gegen das Bild des Auges. Es scheint, daß die Streifen Hyperbeln bilden.

4. Entfernt sich das Auge vom Lichte gegen den Kreis K_3 , so ist die Krümmung in allen Positionen des Auges in dieser Kreisfläche immer gegen die Normale gerichtet und der Krümmungsmittelpunkt liegt in derselben; die Streifen werden um so breiter, je weiter der Beobachtungskreis von der Lichtquelle entfernt wird, so ist es nicht schwer einen Punkt zu finden, wo die Streifen so breit werden, daß nur eine einzige Farbe die ganze Spiegelfläche bedeckt. Sonst sind alle Verhältnisse wie in den bereits beschriebenen Positionen des Auges.

5. Bildet sich einmal ein vollkommen kreisförmiges Centrum der Ringe, sey es im Augpunkte, sey es in der Normale, so genügt die geringste Verschiebung des Auges, um alle Spectralfarben der Reihe nach durch das Centrum durchlaufen zu sehen.

6. Die Streifen stehen vertical, wenn Auge und Licht in einer Horizontalen sind; ist das Auge und das Licht in einer Vertikalen, so stehen die Streifen horizontal, also immer senkrecht auf der Verbindungslinie des Aug- und Lichtbildes. Ist das Auge in der Normale, so schliessen sich um die Normale vollkommen geschlossene Kreise.

7. Entfernt sich das Auge von der Normale in was immer für einer Stellung, so ziehen sich die Streifen immer mehr zusammen, bis sie endlich im Umfange des Kegels K_3PS verschwinden. Ich suchte nun den Winkel, den die Kegelkante mit der Normale bildet und fand ihn $6^\circ 34,5'$. Es ist einleuchtend, daß die Auffindung dieses Winkels ohne bewaffnetes Auge eine subjective Sache ist.

B. Versuche mit befetteten Spiegeln.

8. Bestreicht man den Spiegel mit einem Fette, am besten mit Glycerin, und zerreibt die Flüssigkeit mit einem Baumwollenbauschen durch parallele Striche, wie schon anfangs gesagt wurde, so entsteht vom Lichte aus senkrecht auf die Strichrichtung ein weißer intensiver Streifen, in welchem mehrere farbige Bilder des Lichtes erscheinen.

Sind die Striche vollkommen parallel gezogen, und die Glycerinbelegung noch frisch, so scheint der Spiegel rein zu seyn, und man bemerkt weiter nichts als die eben erwähnten farbigen Lichtbilder wie auf einem geritzten Gitter. Nach einer kurzen Zeit verliert die Glycerinbelegung ihren Glanz, sie erscheint etwas matt, und mit dem Mattwerden entstehen auch gleich unsere runden Interferenzstreifen, welche jene farbigen Lichtbilder genau durchschneiden. Je deutlicher die Ringe hervortreten, desto unregelmäßiger wird jener horizontale lichte Streifen; nach einiger Zeit sind die Ringe vollkommen ausgebildet, jener lichte Streifen kaum mehr unterscheidbar.

Zur Ergründung der Ursache dieser Veränderung stellte ich einen frisch mit Glycerin belegten Spiegel unter das Mikroskop, und liefs das Licht auf den Spiegel fallen, und von demselben durch die Mikroskopröhre in das Auge reflectiren. Bei frisch präparirtem Spiegel sieht man Längenfurchen und Längenhügel von Glycerin längs der Spiegelfläche; nach und nach beginnen die Hügel oder die Glycerinfäden zu reißen, und sich in kleine Tröpfchen auflösen. Es ist also klar, dafs die Erscheinung, so lange jene Fäden ganz sind, ganz gleich ist wie an geritzten Glasplatten, sowie aber die Tropfenbildung beginnt, hört die Wirkung des Parallelgitters auf, es bildet sich ein Kreisgitter in Folge der gleichmäßigen Vertheilung der das Licht beugenden Masse, auch ist einleuchtend, dafs jeder Punkt der Spiegelfläche zum Centrum des Kreisgitters werden kann.

C. Vervollständigung der Versuchsmethode.

9. Um die Streifen in ihrer grössten Vollkommenheit beobachten zu können, ist man in den verschiedenen Positionen, welche das Auge einnehmen muß, durch die Lichtquelle und durch den eigenen Kopf gehindert, deswegen habe ich meine Versuchsmethode folgenderweise hergerichtet.

Es wurde nämlich der analysirende schwarze Spiegel vom Nörreberg'schen Polarisationsapparate aus seinem Rahmen herausgenommen, und dafür ein Silberspiegel in den Rahmen eingelegt, mit der spiegelnden Silberfläche gegen den Bodenspiegel des Apparates gekehrt ¹⁾.

In der Mitte dieses Spiegels wurde ein 3^{mm} breiter Kreis vom Silber befreit, und analog in der rückwärtigen Wand des Spiegelrahmens ein Loch gebohrt, so daß man durch dieses Loch von oben bis zum Bodenspiegel des Apparates sehen konnte. Der Bodenspiegel wurde auf die eine oder die andere Art präparirt, oder ein präparirter Spiegel darüber gelegt. Um die grösste Intensität der Streifen zu erhalten, wurde mittels des Heliostaten directes Sonnenlicht auf den oberen Spiegel geleitet, und dieser derart regulirt, daß die Strahlen auf den unteren Spiegel senkrecht fielen, von da wieder senkrecht hinauf durch das Loch zum Auge reflectirt wurden. Beim Hineinsehen in das Loch erblickt man ein prachtvolles Interferenzbild, in welchem die einzelnen Farben in ziemlicher Reinheit erscheinen.

10. Stellt man den oberen Spiegel dergestalt ein, daß die Reflexionsebene genau mit den vom Heliostaten kommenden Strahlen in eine Ebene fällt, so sieht man in der Mitte des unteren Spiegels das Bild des runden oder vier-eckigen Spaltes, durch welchen das Licht vom Heliostaten zum oberen Spiegel gelangt, in vollem Glanze auf einem orangegelben runden Felde leuchten, um dieses breiten sich die kreisförmigen Streifen herum mit der rothen Farbe vom Lichte abgewendet. Dreht man den oberen Spiegel etwas nach rechts oder links, damit die Reflexionsebene einen Winkel mit dem einfallenden Lichtstrahl bilde, so tritt die mittlere sonnenglänzende Scheibe aus dem Centrum heraus, es bleibt aber doch das Centrum um die verticale Drehungsaxe, wie wir schon aus dem Versuche A2 wissen,

1) Einen Spiegel von dieser Art wählte ich darum, damit nicht etwa die doppelte Reflexion die Erscheinung störe, und damit das Licht intensiver erscheine.

weil das Auge zwischen Licht und Spiegel sich befindet, daher der Krümmungsmittelpunkt in das Bild des Auges fällt. Sobald man weiter dreht, erscheinen im Centrum alle Farben des Spectrums nach einander, ähnlich wie in einer senkrecht zur Axe geschliffenen Quarzplatte.

11. Aendert man die Lage des oberen Spiegels dadurch, daß man den Einfallswinkel des Sonnenstrahles in der Richtung des einfallenden Lichtstrahles vergrößert oder verkleinert, so sieht man ganz dasselbe, als wenn man die Reflexionsebene selbst wie im Versuche 10 dreht. Es verschwindet der sonnenhelle Fleck und es bleibt das Centrum mit allen Consequenzen wie in 10.

12. Die Analogie der Erscheinung mit der in einer Quarzplatte liefs vermuthen, daß auch andere Momente ähnlich erscheinen werden; deswegen machte ich Beobachtungen beim vollen weißen Lichte durch ein Nicol und es zeigte sich, daß das Licht sehr wenig polarisirt war; als jedoch durch Gläser das Licht gefärbt wurde, zeigte es sich, daß der obere Spiegel oder das Nicol für verschiedene Farben verschieden gedreht werden mußte, um die dunkelste Stelle zu erreichen. Da die angewandten Gläser nicht homogen gefärbt waren, so konnte auch niemals volle Dunkelheit des Centrums erhalten werden. Die Farbenfolge geht so schnell vor sich, daß kaum einige Grade hinreichten, um alle Farben durchzulaufen. Mein Apparat gestattet leider nicht genaue Messungen zu machen, deswegen unterliefs ich auch, die Versuche mit reinen Spectralfarben anzustellen.

13. Als ich untersuchte, ob die Interferenzstreifen etwa von den angewandten Materien abhängig seyen, fand ich keinen Unterschied in der Erscheinung, mochte ich Staub vom Kalkspath, Zucker, Kupfervitriol, chromsauren Kali, trockenem Mehl, Lycopodium-Samen etc. angewendet haben. Wohl aber hängt die Intensität der Streifen von der Größe der einzelnen Körner des angewandten Staubes ab; es zeigten sich die Streifen intensiver, je feiner die

Staubtheilchen waren. Am schönsten erhielt ich sie bei Anwendung des sehr fein zerriebenen Kalkspaths.

14. Als ich den von verschiedenen Materialien angewandten Staub unter dem Mikroskope untersuchte, zeigte es sich, wenn man von dem bestäubten Spiegel Licht durch das Mikroskop zum Auge gelangen läßt, daß sich bei nicht ganz scharfer Einstellung des Mikroskops um die einzelnen Staubtheilchen ebenfalls sehr feine Interferenzstreifen bilden und zwar um so schöner und reiner, je feiner und durchsichtiger die Staubtheilchen sind.

15. Die Größe und Lage der Ringe ist unabhängig von der angewandten Spaltbreite, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen. Es wurde eine runde Oeffnung von 1 bis 5^{mm} Durchmesser angewendet, wobei sich nur ein kleiner Unterschied in der Intensität der Streifen wahrnehmen ließ.

16. Die Breite der Streifen hängt wesentlich ab von der Dicke des Glases des bestäubten Spiegels, denn es zeigte sich, daß bei Anwendung der verschieden dicken Spiegelplatten die Streifen um so breiter ausfielen, je dünner die Glasplatten waren.

17. Schwarze Glasspiegel und Metallspiegel zeigen die Erscheinung nicht, obwohl sich an denselben unter Umständen der Hof und die Flamme bildet.

Aus diesen Versuchen dürfte man folgendes schließen,

- a) Nach zweimaliger Reflexion des Lichtes an den Spiegelflächen werden die Strahlen an den Ecken und Kanten der Staubtheilchen gebeugt und interferiren wie in den Krystallplatten.
- b) Es scheint mit ziemlicher Sicherheit hervorzugehen, daß das Licht dabei kreisförmig polarisirt wird.

Als ich die Versuche bereits zu Ende geführt hatte, kam mir der Aufsatz des Hrn. Dr. Feufsner zu Gesichte (Heft 8 d. Annal.), in welchem die hier angeführten Thatsachen bestätigt werden.

Mit diesem glauben wir die Sache noch nicht als abgeschlossen zu betrachten, nehmen aber doch keinen An-

stand, schon jetzt unsere Versuche zu veröffentlichen, als durch sie ein sicherer Weg angegeben wurde, die Sache weiter verfolgen zu können, der manchem Fachmanne zu Gute kommen wird, wenn er Lust verspürt den Gegenstand weiter zu verfolgen.

Rakovac den 1. April 1874.

XII. *Versuche über die scheinbare Adhäsion;* *von J. Stefan.*

(Aus d. Anzeiger d. Kais. Akad. zu Wien, 1874, No. 12.)

Mit dem Namen der scheinbaren Adhäsion bezeichnet der Verfasser die Erscheinung, daß zwei aufeinander gelegte ebene Platten nur unter Aufwand einer Kraft von einander wieder getrennt werden können. Diese Erscheinung ist bisher als eine durch die Adhäsion d. h. durch die Molecularkräfte zwischen den Theilchen der zwei Platten bedingte aufgefaßt und sind auch Versuche gemacht worden, die GröÙe der Adhäsion statisch zu bestimmen.

Es handelt sich jedoch bei dieser Erscheinung nicht um ein statisches, sondern um ein dynamisches Problem. Die Versuche, welche der Verfasser ausgeführt, ergaben, daß die Trennung der beiden Platten durch jede beliebige Kraft bewerkstelligt werden kann; nur ist die Zeit, in welcher die Distanz der Platten durch die Wirkung einer solchen Kraft um eine meßbare GröÙe verändert wird, um so größer, je kleiner diese Kraft ist.

Zugleich mit dem Beginne der Wirkung einer trennenden Kraft beginnt auch die Entfernung der Platten zu wachsen. Die Bewegung ist jedoch eine sehr langsame und wird mit wachsender Distanz immer rascher. Die scheinbare Adhäsion ist viel größer, wenn die Platten statt