

*Knoblauch.*

J. 491. a.



F. 491. a.







Ueber  
die elliptische Polarisation  
der  
von Metallen reflectirten Wärmestrahlen

von  
**Herm. Knoblauch**  
in Halle.

---

(Sonderabdruck aus der Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle.)

---

Halle.  
Max Niemeyer.  
1879.





Ueber  
die elliptische Polarisation  
der  
von Metallen reflectirten Wärmestrahlen

**Herm. Knoblauch**

in Halle.

---

<sup>1/57</sup>  
Halle.

Max Niemeyer.

1879.

die elliptische Polarisation



von Michael...

Herrn...



In einer, am 4. November 1876 der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle mitgetheilten Untersuchung sind die Hauptsächlichungen dargestellt worden, welche bei der Reflexion der strahlenden Wärme an Metallplatten auftreten. Es ist nachgewiesen, dass unpolarisirte Wärmenstrahlen dabei in elliptisch-, resp. circular polarisirte übergehen; linear polarisirte unter Umständen eine ähnliche Umwandlung und zugleich eine Drehung ihrer Schwingungsrichtung erfahren. Der sogenannte Polarisationswinkel so wie das Axenverhältniss der Ellipsen zumal bei diesem Winkel, war für eine Anzahl von Metallen ermittelt worden.

Zu genauerer Kenntniss der Erscheinung kam es darauf an, die Gesetze aufzufinden, nach denen jene Drehung sich vollzieht, in welchem Zusammenhange sie namentlich mit dem Polarisationswinkel und der Excentricität der Ellipse steht.

Die durch einen Heliostat in das finstere Zimmer horizontal eintretenden und stets in dieser Richtung erhaltenen Sonnenstrahlen wurden linear polarisirt durch ein in der Fensterlade angebrachtes drehbares Nicol'sches Prisma und fielen, durch eine runde Oeffnung von 9 mm. Durchmesser in einem Schirm begrenzt, auf den, um eine verticale Axe drehbaren Metallspiegel. Von diesem, folgeweis unter verschiedenen gemessenen Winkeln zurückgeworfen, gelangten sie zu dem analysirenden Nicol'schen Prisma, hinter welchem eine Thermosäule sie vollkommen auffing und ihre Intensität an dem mit ihr verbundenen Multiplikator messen liess.

Steht der (durch die stumpfen Ecken des Kalkspaths gehende) Hauptschnitt des polarisirenden Nicols vertical oder horizontal, d. h. fällt die Polarisationsebene der durch ihn linear polarisirten Strahlen mit der horizontalen Reflexionsebene zusammen oder steht auf dieser senkrecht, resp. finden (nach Fresnel) die Schwingungen im ersten Falle rechtwinklig gegen die Reflexionsebene oder im zweiten in dieser statt, so erfolgt keine Drehung der Schwingung: der Hauptschnitt des Analysators

bleibt, um z. B. das Minimum der Strahlenintensität zur Thermosäule hindurchzulassen, stets horizontal oder vertical unabhängig von dem Einfallswinkel der Strahlen.

Ist aber, wie bei der folgenden Versuchsreihe, der Hauptschnitt des Nicols in der Fensterlade unter  $45^\circ$  gestellt, so muss bei wachsendem Einfallswinkel (zwischen Strahl und Normale auf den Spiegel gemessen) der Hauptschnitt des Nicols vor der Thermosäule weiter und weiter gedreht werden, um jedesmal diese geringste Intensität der Wärmestrahlen herbeizuführen. Es folgt daraus, dass die Schwingungsrichtung oder, wenn aus der geradlinigen Schwingung die elliptische geworden ist, die Lage der Ellipse (deren lange Axe sich an die Stelle der geraden Linie setzt) bei zunehmender Incidenz der Strahlen beständig geändert wird.

Die Aufgabe war nun, durch Beobachtung der Einstellung des analysirenden Nicols auf den Fall minimaler Durchstrahlung zu ermitteln, wie diese Drehung bei wechselndem Einfallswinkel für ein und dasselbe Metall; ferner bei gleichem Einfallswinkel für verschiedene Metalle sich gestaltet.

Die Ausführung wird dadurch wesentlich erschwert, dass bei dem Uebergange der Schwingung in immer weniger gestreckte Ellipsen, auch die Intensitätsgrenze immer weniger scharf hervortritt, die Bestimmung der geringsten Helligkeit durch das Auge, der relativ kleinsten Wärmeintensität durch den Thermomultiplicator immer unsicherer wird. Ungeachtet oftmaliger Wiederholung und der grössten auf die Feststellung verwandten Mühe werden die mitzutheilenden Werthe einzeln immer noch der Verbesserung unterliegen. Gleichwohl hat die Bestätigung ihrer Stellung zu einander und die, durch die grosse Anzahl der beobachteten Fälle geübte, Controle die Richtigkeit der daraus abgeleiteten Sätze als zweifellos erscheinen lassen.

Untersucht wurde die Reflexion von Arsen, Kobalt, Stahl, Nickel, Aluminium, Spiegelmetall, Wismuth, Zinn, Antimon, Zink, Platin, Neusilber, Kupfer, Silber, Messing, Blei, Kadmium, Gold.

Für diese Metalle wurde zunächst der (nur bei wenigen zuvor bekannte) Polarisationswinkel bestimmt, welcher sich für Arsen und Kobalt  $77^\circ,5$ ; für Stahl, Nickel, Aluminium, Spiegelmetall (aus 2 Gewichtstheilen Kupfer und 1 Theil Zinn), Wismuth, Zinn, Antimon  $75^\circ$ ; Zink, Platin, Neusilber, Kupfer, Silber, Messing  $72^\circ,5$ ; für Blei, Kadmium und Gold  $70^\circ$  ergab.

Wurde für die unter dem betreffenden Polarisationswinkel einfallenden, reflectirten Sonnenstrahlen das Intensitäts-Maximum und Minimum hinter dem analysirenden Nicol durch den Thermomultiplicator gemessen und aus den beobachteten Werthen die Quadratwurzel gezogen, so stellte das Verhältniss dieser das Verhältniss

der grossen zur kleinen Axe der, dem Polarisationswinkel zugehörigen Ellipse dar, in welcher die Aetherschwingungen im reflectirten Wärmestrahle stattfinden.

Die bisherige Beobachtung lieferte für den Polarisationswinkel  $77^{\circ},5$  bei Arsen das Axenverhältniss  $19,157 : 10$ , bei Kobalt  $16,583 : 10$ . Bei einem Polarisationswinkel von  $75^{\circ}$  hatte Stahl die grösste Excentricität  $18,681 : 10$ . Ihm folgen die übrigen Metalle in obiger Reihenfolge, so dass Antimon mit dem kleinsten Axenverhältniss  $14,142 : 10$  abschliesst. Unter gleichem Polarisationswinkel  $72^{\circ},5$  stehen Zink mit dem Verhältniss  $15,811 : 10$ , die Reihe der oben genannten Metalle mit allmählich abnehmender Excentricität bis Silber  $10,630 : 10$ , endlich Messing, bei dem die Ellipse zum Kreise wird,  $10 : 10$ . Innerhalb des Polarisationswinkels  $70^{\circ}$  steht obenan Blei mit dem Axenverhältniss  $18,894 : 10$ , dann Kadmium  $12,450 : 10$ , Gold  $11,180 : 10$ . Diese Ellipse beim Polarisationswinkel, in welche die ursprünglich lineare Schwingung unter beständiger Abnahme der langen und Zunahme der kurzen Axe übergeht, ist in jedem besonderen Falle die von geringster Excentricität.

Die besprochene Drehung der Schwingung, resp. die gleichwerthige der auf ihr senkrechten Polarisationssebene ist an sämtlichen hier aufgeführten Metallen untersucht worden. Zur besseren Uebersicht des Gesetzes sollen aber nur einzelne charakteristische Reihen zusammengestellt und näher betrachtet werden.

In der folgenden Tabelle ist für die, unter  $45^{\circ}$  polarisirt einfallenden Wärmestrahlen diese Drehung verzeichnet, d. h. es ist unter dem jedesmaligen Einfallswinkel die betreffende Stellung des optisch-krystallographischen Hauptschnitts des analysirenden Nicol-Kalkspaths eingetragen worden, welche das Minimum von Strahlenintensität zur Thermosäule gelangen liess. Hätte keine Drehung der Schwingung, resp. der Polarisationssebene bei der Reflexion von den Metallen stattgefunden, so musste dieser Hauptschnitt durchweg bei jeder Incidenz auf  $45^{\circ}$ , resp.  $-45^{\circ}$  stehen bleiben, was aber nicht der Fall war\*).

Der Einfallswinkel der Wärmestrahlen wuchs im Allgemeinen um 10 Grade, nur in der Nähe des Polarisationswinkels kamen kleinere Winkelabstände vor.

\*) Um jede Unklarheit zu vermeiden, sei noch bemerkt, dass die Kreistheilung, an welcher die Stellung des Hauptschnitts abgelesen wurde, mit  $0^{\circ}$  und  $180^{\circ}$  in verticaler,  $90^{\circ}$  und  $270^{\circ}$  in horizontaler Linie versehen war. Mit der Ebene dieses Hauptschnitts fällt für das Intensitätsminimum die Polarisationssebene des analysirten Strahls zusammen. Sollen dieselben Zahlen unmittelbar für die darauf senkrechte Schwingung gelten, so ist es der üblichen Bezeichnungsweise und der ganzen Anlage des Versuchs gemäss, sich diese Schwingungsrichtung an einem Kreise gemessen zu denken, dessen Punkte  $0^{\circ}$  und  $180^{\circ}$  auf dem horizontalen,  $90^{\circ}$  und  $270^{\circ}$  auf dem verticalen Durchmesser stehen.

## Drehung der Schwingungsrichtung.

Einfallswinkel:	0°	35°	45°	55°	65°	70°	72,5°	75°	77,5°	85°	90°	Axenver- hältniss der Ellipse.
Polarisationswinkel 77,5°												
Arsen . . . . .	45	52,75	56,25	61,00	71,50			86,25	90,00	116,25	135	$\frac{19,157}{10}$
Kobalt . . . . .	45	49,00	51,00	55,00	63,00			82,50	90,00	121,00	135	$\frac{16,583}{10}$
75,0°												
Stahl . . . . .	45	49,00	51,00	58,00	70,00			90,00		121,00	135	$\frac{18,681}{10}$
Antimon . . . . .	45	46,00	46,50	48,00	50,00			90,00		130,00	135	$\frac{14,142}{10}$
72,5°												
Zink . . . . .	45	46,75	47,50	51,80	59,00		90,00	112,50		127,00	135	$\frac{15,811}{10}$
Silber . . . . .	45	45,50	46,00	47,75	52,50		90,00	120,00		130,00	135	$\frac{10,630}{10}$
Messing . . . . .	45	45,00	45,00	45,00	45,00		90,00	135,00		135,00	135	$\frac{10,000}{10}$
70,0°												
Kadmium . . . . .	45	48,50	50,00	53,00	65,00	90,00		115,00		129,00	135	$\frac{12,450}{10}$
Gold . . . . .	45	46,50	47,50	50,00	59,00	90,00		120,00		132,50	135	$\frac{11,180}{10}$
75,0°												
Antimon . . . . .	45	46,00	46,50	48,00	50,00			90,00		130,00	135	$\frac{14,142}{10}$
72,5°												
Neusilber . . . . .	45	47,00	49,00	51,00	54,50		90,00	110,00		131,50	135	$\frac{14,142}{10}$
55,0°												
Glas . . . . .	45	62,75	74,50	90,00	106,00			119,75		131,00	135	$\frac{a}{o}$

Aus dieser Uebersicht erhellt (an den bei jedem Metall in horizontaler Linie wachsenden Zahlen), dass die lineare Schwingung oder die lange Axe der elliptischen (welche auf der Polarisationsebene senkrecht gedacht werden) sich bei zunehmendem Einfallswinkel stetig dreht und zwar während der Incidenz 0° bis zum Polarisationswinkel, von 45° auf 90° und während der Incidenz vom Polarisationswinkel bis 90°, von 90° auf 135° der Art also, dass die Schwingung im reflectirten Strahl bei dem Einfallswinkel 90° rechtwinklig zu derjenigen bei dem Einfallswinkel 0° wird.

Zum Vergleich ist der Reflexion von den Metallen die vom Glase hinzugefügt worden. Bei jenen geht die unter  $45^\circ$  beginnende lineare Schwingung allmählich in die Ellipse des Polarisationswinkels über und stellt sich während dieser Umformung mit der langen Axe senkrecht auf die (bei den Versuchen horizontale) Reflexionsebene. Bei Ueberschreitung des Polarisationswinkels dreht sie sich aus dieser Stellung weiter unter Uebergang der immer länger und schmaler werdenden Ellipse in die neue lineare Schwingung. Beim Glase bleibt die Oscillation beständig linear und es findet nur die besprochene Drehung statt, welche diese geradlinige Schwingung beim Polarisationswinkel durch die verticale Stellung hindurchführt\*).

Die Tabelle zeigt ferner (beim Vergleich der in verticaler Reihe innerhalb der nämlichen Gruppe verzeichneten Werthe), wie ungleich diese Drehung bei verschiedenen Metallen stattfindet.

So dreht sich die Schwingung bei gleichem Polarisationswinkel  $77^\circ,5$ , von gleicher Stellung ( $45^\circ$ ) beginnend, für die Einfallswinkel  $35^\circ$ ;  $75^\circ$ ;  $85^\circ$

bei Arsen . . . . .	auf $52^\circ,75$ ; $86^\circ,25$ ; $116^\circ,25$
bei Kobalt . . . . .	auf $49^\circ,00$ ; $82^\circ,50$ ; $121^\circ,00$ .

Bei dem ersteren übertrifft also die Drehung die des letzteren, so lange der Einfallswinkel kleiner als der Polarisationswinkel ist, sie bleibt gegen diese zurück, sobald der Einfallswinkel den Polarisationswinkel überschreitet. Entsprechendes ergibt sich bei den übrigen in der Tabelle enthaltenen, einem gleichen Polarisationswinkel zugehörigen Metallen. Die betreffende Drehung ist für identische Einfallswinkel bei Stahl grösser als bei Antimon, ehe deren gemeinsamer Polarisationswinkel  $75^\circ$  erreicht ist, dagegen bei Stahl geringer als bei Antimon z. B. bei  $85^\circ$ , d. h. bei

\*) Zur Veranschaulichung der Nothwendigkeit dieser Drehung kann man sich eines Modells bedienen, an dem der Spiegel durch eine verticalstehende Platte, die polarisirten Strahlen durch Stäbe mit unter sich parallelen, rechtwinklig durch die Stäbe gesteckten Drähten dargestellt sind. Die Stäbe, welche den einfallenden und den reflectirten Strahl vorstellen, treffen auf der Platte zusammen und sind hier drehbar. Stellt man nun beide senkrecht auf die Platte (Incidenz  $0^\circ$ , Reflexionsebene horizontal) und richtet die Drähte beider Stäbe unter  $45^\circ$  einander genau parallel (wie sie selbstverständlich einfallen und reflectirt werden müssten) lässt alsdann jeden Stab einen Winkel von  $90^\circ$  beschreiben (Incidenz  $90^\circ$ ) so dass ein Stab die Verlängerung des anderen bildet, so stehen die Drähte (die Vertreter der Schwingungen) des einen Stabes rechtwinklig zu denen des anderen: ein physikalischer Widerspruch, da die Schwingungen beim blossen Streifen des Spiegels sich selbst parallel bleiben müssen. Oder stellt man die Drähte beider Stäbe bei der letzten streifenden Incidenz gleich gerichtet und dreht die Stäbe dann parallel der Normale auf den Spiegel, so kreuzen sich ihre Drähte. Nur wenn der den reflectirten Strahl darstellende Stab während des Wechsels des Einfallswinkels von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  um seine eigene Axe um  $90^\circ$  gedreht wird, sind die Drähte sowohl bei der Anfangs- als bei der Endstellung einander gleich gerichtet, wie es der natürliche Vorgang der Schwingungen erfordert.

einer Incidenz, welche grösser als der Polarisationswinkel ist. Dasselbe gilt von Zink und Silber mit Beziehung auf ihren Polarisationswinkel  $72^{\circ},5$ ; von Kadmium und Gold hinsichtlich des Winkels  $70^{\circ}$ .

Das diesen Erscheinungen zu Grunde liegende und bei übereinstimmendem Polarisationswinkel bestimmende Moment ist in dem mitgetheilten Axenverhältniss der Ellipse erkennbar. Dieses ist grösser bei Arsen als bei Kobalt, für Stahl als für Antimon, am Zink als am Silber, grösser bei Kadmium als beim Golde. In vollständigster Uebereinstimmung hiermit reihen sich die in der Tafel nicht mit enthaltenen, oben (S. 5) aufgeführten Metalle dem Axenverhältniss der Ellipse gemäss, bezüglich jener Schwingungsdrehung zwischen die, in die Tabelle aufgenommenen ein. In demselben Maasse wie bei dem Polarisationswinkel  $75^{\circ}$ , die Excentricität der Ellipse vom Stahl durch Nickel, Aluminium, Spiegelmetall, Wismuth zum Zinn und Antimon abnimmt, verringert sich auch der drehende Einfluss für die Einfallswinkel  $0^{\circ}$  bis zum Polarisationswinkel, steigert sich derselbe für die Incidenzen vom Polarisationswinkel bis  $90^{\circ}$ . Ja, wo Polarisationswinkel wie Axenverhältniss übereinstimmen, wie bei Aluminium, Spiegelmetall und Wismuth, und unter sich bei Zinn und Antimon, ist caeteris paribus auch die Schwingungsdrehung die nämliche.

Unter dem Polarisationswinkel  $72^{\circ},5$  zeigen Zink und Platin gleiches Axenverhältniss und gleiche Drehung der Schwingung in dem von ihnen zurückgeworfenen Wärmestrahle. Dasselbe gilt von Neusilber und Kupfer.

Danach stellt sich ausnahmslos der Zusammenhang heraus, dass bei einem und demselben Polarisationswinkel die, durch Reflexion von Metallspiegeln bewirkte Drehung der Schwingung vor Erreichung des Polarisationswinkels desto grösser, nach Ueberschreitung desselben desto geringer ist, je länger gestreckt die Ellipse, in welche die ursprünglich lineare, unter  $45^{\circ}$  gerichtete Schwingung bei der Reflexion von den Metallen übergeht.

Dieser, nach der Einrichtung der Versuche und der Methode der Messung, beim Polarisationswinkel eintretende Wechsel von gesteigerter und verminderter Drehung bei den verglichenen Metallen deutet gleichwohl nicht auf eine principielle Ungleichheit der Wirkung vor und nach Erreichung des Polarisationswinkels hin, sondern ist vollkommen einheitlich in dem gesammten Vorgang begründet. Bei der Incidenz  $0^{\circ}$  wie bei der von  $90^{\circ}$  sind die Aetherschwingungen linear und unter  $45^{\circ}$  resp.  $135^{\circ}$  gerichtet. Die aus der Linie hervorgehende Ellipse stellt sich von beiden Seiten desto schneller vertical (sie dreht sich von  $45^{\circ}$  resp.  $135^{\circ}$  näher an  $90^{\circ}$ ) je länger gestreckt sie beim Polarisationswinkel ist. Dass dies auch für den Ueber-

gang des Einfallswinkels von  $90^\circ$  zum Polarisationswinkel gilt, zeigt u. a. bei  $85^\circ$  die Stellung der langen Axe der Ellipse beim Arsen auf  $116,025^\circ$ , beim Kobalt auf  $121^\circ$ . Die verticale Stellung selbst erfolgt schliesslich bei allen Metallen für die ihrem Polarisationswinkel gleiche Incidenz.

Man kann demnach die obige Thatsache auch so aussprechen, dass die bei der Reflexion von Metallen, beim Wechsel des Einfallswinkels sowohl von  $0^\circ$  wie  $90^\circ$  aus nach demselben Polarisationswinkel hin, erfolgende Drehung der elliptischen Schwingung desto mehr beträgt, je grösser das Axenverhältniss der Ellipse ist.

Einen interessanten Grenzfall bildet hierzu die Reflexion von Messing, welche beim Polarisationswinkel ( $72,5^\circ$ ) die circulare Polarisation herbeiführt und bei dem die Drehung von der Incidenz  $0^\circ$  wie von  $90^\circ$  aus null ist. Die lineare Schwingung geht durch kürzer und breiter werdende Ellipsen, deren Axen constante Lage behalten:  $45^\circ$  für die Einfallswinkel zwischen  $0^\circ$  und dem Polarisationswinkel,  $135^\circ$  zwischen  $90^\circ$  und diesem, in den Kreis über und bei diesem Durchgange setzt sich plötzlich die Schwingung von  $45^\circ$  in  $135^\circ$  um.

Die vorstehende Tabelle (S. 6) beantwortet auch die Frage nach dem Einfluss des Polarisationswinkels auf die Schwingungsdrehung, welcher nach dem Vorigen in seiner Einfachheit nur bei solchen Metallen, die eine gleich excentrische Ellipse liefern, hervortreten konnte.

Derartige Metalle sind Antimon und Neusilber, von denen jenes den Polarisationswinkel  $75^\circ$ , dieses  $72,5^\circ$  hat, bei einem gleichen Axenverhältniss der bei ihren Polarisationswinkeln erscheinenden Ellipse, für beide  $\frac{14,142}{10}$ .

Wie zu erwarten war, blieb die Drehung beim Antimon gegen die beim Neusilber zurück. Denn beide gehen von derselben Lage ( $45^\circ$ ) aus und sollen bei ihren Polarisationswinkeln in verticaler Stellung eintreffen. Indem nun der nämlichen Drehung beim Antimon ein längerer Spielraum von der Incidenz  $0^\circ$  bis  $75^\circ$  gelassen ist als beim Neusilber von  $0^\circ$  bis  $72,5^\circ$ , so erfolgt sie bei jenem allmählicher als bei diesem. Erreicht die Reflexion am Antimon dessen Polarisationswinkel  $75^\circ$ , so ist sie am Neusilber schon über den des letzteren  $72,5^\circ$  hinaus. Die Schwingung stellt sich bei jenem erst vertical (auf  $90^\circ$ ), während sie bei diesem schon auf  $110^\circ$  weiter gedreht ist. Die in der Uebersicht (S. 6) enthaltenen beobachteten Zahlen bestätigen für die übrigen Einfallswinkel, dass, bei einem und demselben Axenverhältniss der, den betreffenden Polarisationswinkeln zugehörigen, ellip-

tischen Schwingung im reflectirten Strahl, die Drehung dieser Schwingung bei identischen Einfallswinkeln desto mehr beträgt, je kleiner der Polarisationswinkel ist.

Beim Glase, dessen Reflexion die Schwingungsrichtung linear belässt, welche demnach die gestreckteste Ellipse übertrifft, und dessen Polarisationswinkel ( $55^\circ$ ) bedeutend kleiner als der kleinste der Metalle ist, vereinigen sich beide Umstände, welche die Drehung der Schwingung bei entsprechendem Wechsel des Einfallswinkels begünstigen. Die (S. 6) mitgetheilten Werthe lassen dies unmittelbar ersehen.

Um die dargestellten Erscheinungen, insbesondere die in Rede stehende Schwingungsdrehung in den einzelnen Stadien übersehen zu können, sind in der nebenstehenden Uebersicht, an Stelle der Ablesungen an der Kreistheilung, auf welche sich der Hauptschnitt des analysirenden Nicols oder, was dasselbe ist, die Polarisationsebene des reflectirten Strahls stellte, die Werthe jener Drehung selbst angegeben.  $45^\circ$ , der Anfang derselben, ist demnach als Nullpunkt bezeichnet und auf diesen die Drehung bezogen worden. So tritt in der ersten Reihe bei Arsen für den Einfallswinkel  $35^\circ$ ,  $7^\circ,75$  an die Stelle von  $52^\circ,75$ , für den Einfallswinkel  $85^\circ$ ,  $71^\circ,25$  an die Stelle von  $116^\circ,25$  u. s. f.

Der Unterschied zweier Nachbarwerthe d. h. die Drehung der Schwingungsrichtung für ein Wachsen des Einfallswinkels um je 10 Grade, zuletzt um 5 Grade ist in zweiter Linie hinzugefügt.

Diese Aufstellung (in welcher die Rubrik des jedesmaligen Polarisationswinkels mit einem Stern versehen ist) gestattet einen Einblick in die Eigenthümlichkeit der Drehung, welcher in der vorigen Tabelle verhüllt war.

Die in zweiter Linie aufgeführten Differenzen zeigen, dass, bei gleichmässiger Zunahme des Einfallswinkels, die durch Reflexion bewirkte Drehung der Schwingung zwar auch beständig, aber innerhalb einzelner Stadien sehr ungleich zunimmt und dass hier die Excentricität der auftretenden Ellipse von bestimmendem Einfluss ist.

So beträgt für den Uebergang der Incidenz  $35^\circ$  in  $45^\circ$  die Schwingungsdrehung beim Arsen  $3^\circ,5$ , beim Kobalt  $2^\circ$ ; bei dem Incidenzwechsel  $65^\circ$  in  $75^\circ$  für jenes  $14^\circ,75$ , für dieses  $19^\circ,5$ ; beim Wachsen des Einfallswinkels von  $85^\circ$  auf  $90^\circ$  am Arsen  $18^\circ,75$ , am Kobalt  $14^\circ$ . Für kleinere Einfallswinkel dreht sich also die länger gestreckte Ellipse beim Arsen mehr, für grössere weniger, schliesslich für die grössten Einfallswinkel wieder mehr als die minder excentrische beim Kobalt.

Bei Stahl und Antimon tritt zugleich das Eingreifen des Polarisations-



Drehung der Schwingungsrichtung.

Einfallswinkel:	0°	35°	45°	55°	65°	70°	72,5°	75°	77,5°	85°	90°	Axenverhältniss der Ellipse.
Polarisationswinkel									*			
77,5°												
Arsen . . . . .	0	7,75	11,25	16,00	26,50			41,25	45,00	71,25	90	19,157
		3,5		4,75	10,5		14,75			18,75		10
Kobalt . . . . .	0	4,00	6,00	10,00	18,00			37,50	45,00	76,00	90	16,583
		2		4	8		19,50			14		10
75,0°									*			
Stahl . . . . .	0	4,00	6,00	13,00	25,00			45,00		76,00	90	18,681
		2		7	12		20		31	14		10
Antimon . . . . .	0	1,00	1,50	3,00	5,00			45,00		85,00	90	14,142
		0,5		1,5	2		40		40	5		10
72,5°									*			
Zink . . . . .	0	1,75	2,50	6,80	14,00			45,00	67,50	82,00	90	15,811
		0,75		4,3	7,2				14,5		8	10
Silber . . . . .	0	0,50	1,00	2,75	7,50			45,00	75,00	85,00	90	10,630
		0,5		1,75	4,75				10		5	10
Messing . . . . .	0	0	0	0	0			45,00	90,00	90,00	90	10,000
		0		0	0				0		0	10
70,0°									*			
Kadmium . . . . .	0	3,50	5,00	8,00	20,00	45,00		70,00		84,00	90	12,450
		1,5		3	12	25		25	14		6	10
Gold . . . . .	0	1,50	2,50	5,00	14,00	45,00		75,00		87,50	90	11,180
		1		2,5	9	31		30	12,5		2,5	10
75,0°									*			
Antimon . . . . .	0	1,00	1,50	3,00	5,00			45,00		85,00	90	14,142
		0,5		1,5	2				40		5	10
72,5°									*			
Neusilber . . . . .	0	2,00	4,00	6,00	9,50			45,00	65,00	86,50	90	14,142
		2		2	3,5				21,5		3,5	10
55,0°									*			
Glas . . . . .	0	17,75	29,50	45,00	61,00			74,75		86,90	90	a
		11,75		15,5	16		13,75		11,25		4	0

winkels deutlich hervor. Auch hier dreht sich für die Einfallswinkel  $35^\circ$  bis  $65^\circ$  die Ellipse mit dem grösseren Axenverhältniss beim Stahl jedesmal stärker als die weniger gestreckte bei der Reflexion vom Antimon; bei der Zunahme der Incidenz  $65^\circ$  auf  $75^\circ$  aber rückt jene nur um  $20^\circ$ , diese um  $40^\circ$  vor; nach Ueberschreitung des Polarisationswinkels in dem Uebergange von  $75^\circ$  auf  $85^\circ$  die am Stahl um  $31^\circ$ , die dem Antimon zugehörige um  $40^\circ$ ; endlich erfolgt für den Incidenzwechsel  $85^\circ$  auf  $90^\circ$  wieder bei der Reflexion vom Stahl eine stärkere Schwingungsdrehung von  $14^\circ$  gegenüber der schwächeren beim Antimon von  $5^\circ$ .

Aehnliches zeigt sich bei den übrigen vergleichbaren Metallen und lassen besonders die bei Kadmium und Gold auftretenden Differenzen dies leicht übersehen.

Da die Gesamtdrehung der Schwingung an allen Metallen, welche gleichen Polarisationswinkel haben, für das Wachsen des Einfallswinkels von  $0^\circ$  bis zum Polarisationswinkel gleich viel, nämlich  $45^\circ$  und ebenso beim Uebergange jenes Winkels vom Polarisationswinkel auf  $90^\circ$  wieder  $45^\circ$  beträgt, so ist es erklärlich, weshalb eine, an einem Metall anfangs begünstigte Schwingungsdrehung nachher beeinträchtigt, eine, an einem anderen Metall zuerst verzögerte Drehung dann um so mehr beschleunigt wird.

Die nähere Ermittlung hat demnach allgemein ergeben, dass unter den vorliegenden Bedingungen für die Incidenzen zwischen  $0^\circ$  und dem Polarisationswinkel die länger gestreckte der bei der Reflexion von Metallen auftretenden Schwingungsellipsen in ihrer Drehung zuerst vor der weniger gestreckten den Vorsprung hat, dann aber von dieser eingeholt wird; für die Incidenzen zwischen dem Polarisationswinkel und  $90^\circ$  die erstere anfangs zurückbleibt, dann aber mit der letzteren gleichzeitig in der nämlichen Stellung endet.

Geht man von den Incidenzen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  und den bei ihnen linearen, unter  $45^\circ$  und  $135^\circ$  geneigten Schwingungen aus, so gestaltet sich jene Erscheinung so, dass die elliptischen Schwingungen, welche bei verschiedenen Metallen von grösserer oder geringerer Excentricität aus diesen linearen beim Uebergang der Einfallswinkel  $0^\circ$  und  $90^\circ$  in den Polarisationswinkel hervorgehen, dabei eine Drehung erfahren, welche mit einer Einstellung der langen Axe der Ellipse senkrecht zur Reflexionsebene endet und bei der mehr gestreckten Ellipse anfangs schneller, bei Annäherung an den Polarisationswinkel dagegen langsamer sich vollzieht, als die Drehung der weniger gestreckten.

Da der Polarisationswinkel (bei den Metallen  $70^\circ$  bis  $77,5^\circ$ )  $90^\circ$  näher steht als  $0^\circ$ , so erfolgt die Drehung an einem und demselben Metall auf dem kürzeren Wege von  $90^\circ$  bis zu jenem schneller als auf dem längeren von  $0^\circ$  bis zum Polarisationswinkel.

Auch dieses findet in den Zahlen der letzten Tabelle seine Bestätigung. Jene Drehung beträgt nämlich z. B. beim Stahl für die Einfallswinkel  $75^\circ \div 85^\circ : 31^\circ$ , für  $65^\circ \div 75^\circ : 20^\circ$ ;

beim Kadmium für  $70^\circ \div 85^\circ : 39^\circ$ , für  $55^\circ \div 70^\circ : 37^\circ$ ;  
 „ Gold „  $70^\circ \div 85^\circ : 42,5^\circ$ , „  $55^\circ \div 70^\circ : 40^\circ$ ;  
 „ Glase „  $55^\circ \div 65^\circ : 16^\circ$ , „  $45^\circ \div 55^\circ : 15,5^\circ$ ;

Es erhellt also, dass bei gleichen Winkelabständen vom Polarisationswinkel die Drehung der Schwingung für die grösseren Einfallswinkel beträchtlicher ist als für die um ebenso viel kleineren.

In Betreff der Frage nach dem Einfluss des Polarisationswinkels bei gleicher Ellipsenform der Schwingung geben die Drehungsdifferenzen bei Antimon und Neusilber näheren Aufschluss.

Die Schwingungsdrehung beträgt für die Einfallswinkel  $35^\circ \div 45^\circ$  beim Antimon  $0,5^\circ$ , beim Neusilber  $2^\circ$ ; für  $55^\circ \div 65^\circ$  beim Antimon  $2,0^\circ$ , beim Neusilber  $3,5^\circ$ . Die Drehung schreitet demnach auf dem längeren Wege vom Einfallswinkel  $0^\circ$  zu dem Polarisationswinkel  $75^\circ$  beim Antimon langsamer vor als beim Neusilber zu dem näherliegenden  $72,5^\circ$ .

Auf der anderen Seite des Polarisationswinkels beträgt dagegen die Drehung für die Incidenzen  $75^\circ \div 85^\circ$  bei Antimon  $40^\circ$ , bei Neusilber nur  $21,5^\circ$ ; für  $85^\circ \div 90^\circ$  bei jenem  $5^\circ$ , bei diesem nur  $3,5^\circ$ . Hier ist die Schwingungsdrehung für eine gleiche Aenderung des Einfallswinkels auf der kürzeren Strecke von  $75^\circ$  bis  $90^\circ$  beim Antimon beträchtlicher als auf der längeren vom Polarisationswinkel  $72,5^\circ$  bis  $90^\circ$  beim Neusilber.

Wie sich die Wärmestrahlen von verschiedener Wellenlänge, die verschiedenen „Wärmefarben“ bei der elliptischen Polarisation der von Metallen reflectirten Wärmestrahlen, insonderheit auch in der besprochenen Schwingungsdrehung, verhalten, ist an anderer Stelle (Sitzungsberichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle vom 4. November 1876. — Nova Acta der Kais. Leopoldinisch-Carolinischen deutschen Academie der Naturforscher 1877, Band XXXIX. No. 6, S. 353. — Versammlung



deutscher Naturforscher und Aerzte in Cassel 1878, Sitzung der physikalischen Section am 16. September) mitgetheilt worden.

Hier kam es nur darauf an, die Drehung der Polarisationsebene, resp. der linearen und elliptischen Schwingung bei verschiedenen Metallen in ihrer Beziehung zu dem Axenverhältniiss der betreffenden Ellipsen und dem Polarisationswinkel der Metalle festzustellen.



Ab. 1000, 4<sup>o</sup>. ✓

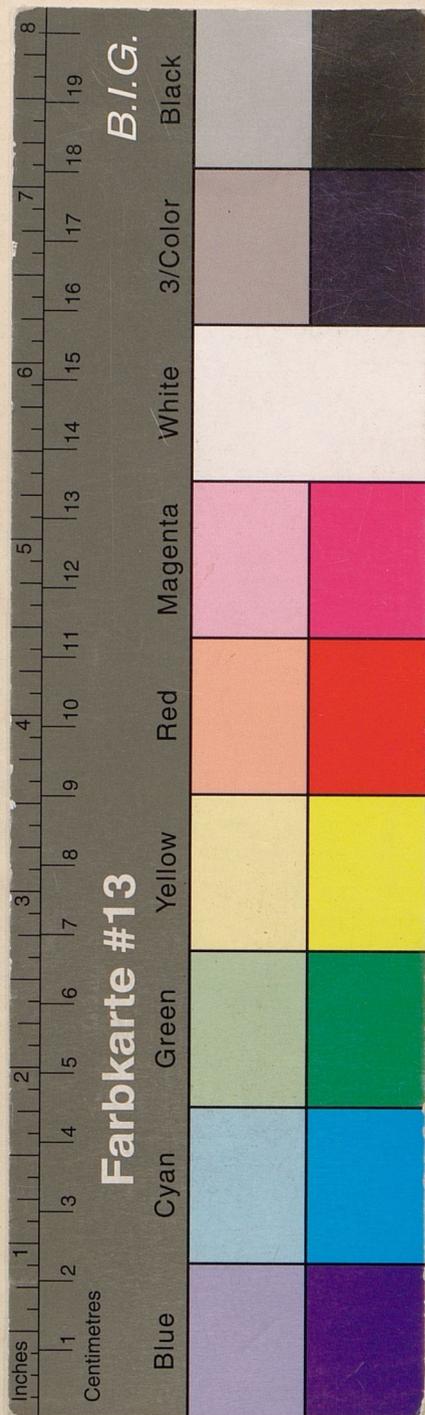
ULB Halle 3  
006 380 14X



*Handwritten mark*







Ueber  
die elliptische Polarisatio

der

von Metallen reflectirten Wärmestrahlen

von

**Herm. Knoblauch**

in Halle.

(Sonderabdruck aus der Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle.)

Halle.

Max Niemeyer.

1879.