I. *Ueber die Interferenzfarben der strahlenden Wärme; von H. Knoblauch.*

(Vorgetragen in der physikalisch-astronomischen Section der Naturforscher-Versammlung zu Hannover am 23. September 1865 und in der naturforschenden Gesellschaft zu Halle am 27. October 1866.)

Meine erste, im Jahre 1846 vorgenommene Untersuchung der Wärmeinterferenz hatte den *Gang der Strahlen* in den Gesetzen der als Beugung bezeichneten Ausbreitung festgestellt ¹⁾, eine zweite 1859 die *Intensitätsverhältnisse* interferirender Strahlen in allen, dem Princip nach verschiedenen Fällen ermittelt ²⁾. Beide hatten sich mit der *Gesamtheit* der von der Sonne gelieferten Strahlen beschäftigt. Es war die Aufgabe der vorliegenden, in den beiden letztverflossenen Jahren ausgeführten, Beobachtungen, die *wechselseitige Einwirkung* kennen zu lernen, *welche die gesonderten, in ihren Eigenschaften sich unterscheidenden Wärmestrahlen auf einander ausüben*; eine Aufgabe, welche noch von keinem anderen Physiker behandelt worden ist.

I. Wegen der, im Vergleich mit anderen Fällen größseren Intensität der Wirkung bot das beste Mittel hierzu diejenige Interferenz dar, welche die beiden, in doppelt brechenden Körpern auftretenden Strahlengruppen ³⁾ unter bekannten Verhältnissen bilden. Wie bei vorläufigen Ver-

1) Die Fortschritte der Physik i. J. 1846, dargestellt von d. physikalisch. Gesellsch. zu Berlin, S. 311. — Monatsberichte der Berlin. Akademie der Wissensch. 1847 October, S. 391. — Pogg. Annal. Bd. LXXIV, S. 9.

2) Monatsber. der Berlin. Akademie, 1859 August, S. 565. — Pogg. Annal. Bd. CVIII, S. 610. — Amtlicher Bericht über die 35ste Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Königsberg i. Pr., 1860 September, S. 112.

3) Pogg. Annal. Bd. LXXIV, S. 1, 177.

Poggendorff's Annal. Bd. CXXXI.

suchen i. J. 1859 ¹⁾) schaltete ich zunächst ein dünnes *Gypsblatt* zwischen zwei große Nicol'sche Prismen von 42^{mm} Durchmesser, bei 85^{mm} Länge ein und untersuchte das Verhalten der durch ein solches System hindurchgegangenen Sonnenwärme bei parallelen und gekreuzten Hauptschnitten dieser Prismen.

Bewirkt der Gangunterschied der, aus der Doppelbrechung hervorgegangenen, den Gyps mit ungleicher Geschwindigkeit durchdringenden Strahlengruppen eine Unterstützung gewisser, ein Aufheben anderer, in diesen enthaltenen elementarer Strahlen, so muß das Verhältniß dieser letzteren unter sich geändert werden und zwar in ungleicher Weise bei verschiedener Einstellung der polarisirenden Vorrichtungen.

Eine derartige Aenderung in der Zusammensetzung einer Strahlengruppe prüft aber am feinsten die Durchstrahlung durch diathermane Körper, wie farbige Glasplatten oder dergleichen. Es fragt sich demnach, ob die aus den Nicols und dem eingeschalteten Gyps austretenden Wärmestrahlen in demselben oder in anderem Grade die nämlichen diathermanen Platten durchdringen, wie die noch nicht in die Krystalle eingetretenen, direct vom Heliostaten kommenden Sonnenstrahlen. Erwägt man aber, daß Kalkspath und Gyps, ganz abgesehen von jeder Interferenz-Erscheinung, durch die bloße Beschaffenheit ihrer Masse, eine ungleiche *Absorption* auf verschiedenartige Wärmestrahlen ausüben ²⁾), so kommt es zunächst darauf an zu ermitteln, ob bei den hier vorliegenden Sonnenstrahlen und den hier angewandten farbigen Gläsern eine solche auswählende Absorption in

1) Monatsber. der Berlin. Akademie, 1859 August, S. 563. — Pogg. Annal. Bd. CVIII, S. 614. — Amtlich. Ber. über die Naturforscherversammlung in Königsberg, 1860 September, S. 113.

2) Melloni 1834. *Annal. de chim. et phys.* T. LV, p. 347, 383. — Pogg. Annal. Bd. XXXV, S. 393 ff., 541. — *La Thermochroïse. Naples* 1850, p. 164, 227.

H. Knoblauch. *De calore radiante disquisitiones experimentis quibusdam novis illustratae. Berolini* 1846, p. 12, 18, 61 sqq., 97 sqq. — Pogg. Ann. Bd. LXX, S. 217, 225; LXXI, 12 ff., 62 ff.; GLX, 597 ff.

jenen Substanzen an sich schon Durchstrahlungsverschiedenheiten herbeiführt. Dieser vorgängigen Prüfung wurden die Nicols wie der Gyps in verschiedener Dicke einzeln, sodann zusammen, aber in einer Anordnung, bei der Interferenzerscheinungen sich nicht geltend machen konnten (indem der Gyps nicht zwischen, sondern vor oder hinter den Kalkspathen aufgestellt wurde) unterzogen. Die nachfolgende Tabelle enthält die Ergebnisse. Sie bezeichnet die auf die Vorderfläche der Gläser auffallende Wärme mit 100 und bezieht auf diese die, durch die Gläser hindurch, auf der Rückseite derselben austretende, durch einen Thermomultiplikator in der üblichen Weise ¹⁾ gemessene Wärmemenge.

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht,			
	vor dem Durchgange.	nach dem Durchgange durch die Nicols.	Gyps.	Nicols und Gyps.
rothes Glas.	100 : 30,0	30,0	30,0	30,0
gelbes Glas.	100 : 45,0	45,0	45,0	45,0
blaues Glas.	100 : 24,5	24,5	24,5	24,5

Diese Werthe zeigen, daß die Sonnenstrahlen in ganz denselben Verhältnissen durch ein dunkelrothes, ein gelbes (genauer orangefarbenes) oder blaues Glas hindurchgehen, sie mögen zuvor der Absorption der Nicol'schen Prismen und des Gypses ausgesetzt gewesen seyn oder nicht. Die auswählende Absorption dieser Krystalle erstreckt sich also nicht auf diejenigen Strahlen, welche die Gläser zu durchdringen fähig sind und somit erscheinen die folgenden, *die Interferenz am Gyps untersuchenden Beobachtungen von dem Einfluß der Absorption desselben, welches auch seine Dicke seyn möge, als unabhängig.*

Wurde nun, um die *Interferenz* hervorzurufen, das Gypsblatt zwischen die beiden Nicols und zwar so eingesetzt, daß das Maximum der betreffenden Wirkung zu erwarten stand, so ergab sich durch das rothe Glas zwar

1) Pogg. Annal. Bd. LXXXV, S. 170; XCIII, 165, 166; CI, 186.

wiederum eine Durchstrahlung von 30, durch das gelbe Glas von 45 Proc., die Hauptschnitte der Nicols mochten unter einem Winkel von 0° oder von 90° gegen einander gerichtet seyn, beim blauen Glase aber gingen in jenem Falle 18,6; in diesem 29,6 von 100 hindurch. Mithin war die ganze Strahlengruppe das eine Mal ärmer, das andre Mal reicher an solchen Wärmestrahlen geworden, welche das blaue Glas durchdringen, als sie vor dem Eintritt in die Krystalle gewesen, da 24,5 Proc. dasselbe durchstrahlten. Dieses eine Ergebniss schon würde genügen, *die Einwirkung gesonderter Wärmestrahlen auf einander* darzuthun und der Zugrundelegung der Undulationstheorie in der Wärmelehre eine neue Stütze zu verleihen. Bestätigt wurde dieselbe, als bei *anderer Gypsdicke* das rothe Gas die den parallelen Nicols zugehörigen Wärmestrahlen in dem Verhältniss 33,5, die bei gekreuzten Nicols auftretende in dem von 26,5 Proc. hindurchliefs, während die anderen beiden Gläser jetzt eine constante Durchstrahlung (das gelbe von 45, das blaue von 24,5 Proc.) vor und nach der Interferenz darboten. Die nachstehende Tafel stellt diese Resultate mit den für noch andere Gypsdicken erhaltenen zusammen.

Diathermane Körper.	Verhältniss der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines <i>Gypsblatts</i>									
	I.		II.		III.		IV.		V.	
	zwischen den Nicols, deren Hauptschnitte unter									
	0°.	90°.	0°.	90°.	0°.	90°.	0°.	90°.	0°.	90°.
rothes Glas.	100 : 30,0	30,0	33,5	26,5	32,5	27,5	30,0	30,0	20,0	40,0
gelbes Glas.	100 : 45,0	45,0	45,0	45,0	50,0	40,0	45,0	45,0	30,5	59,5
blaues Glas.	100 : 18,6	29,6	24,5	24,5	19,5	29,5	37,5	11,3	18,5	30,5

Wenn man sich erinnert, dass eine Gruppe sichtbarer Strahlen unter den vorliegenden Umständen vor dem Eintritt in die Krystalle farblos, nach dem Austritt aus ihnen farbig erscheint und diese Farbigkeit, neben dem subjectiven Eindruck, objectiv dadurch nachweisbar wäre, dass die Gesamtheit der Strahlen vor und nach jenem Vorgange farbige Platten in ungleichem Verhältniss durchdringt, so er-

kennt man in dem ganz analogen Verhalten der Wärmestrahlen *auch bei diesen Interferenzerscheinungen* die Eigenthümlichkeit, welche man mit dem Namen der „*Wärmefarbe*“¹⁾ bezeichnet hat.

Geht man auf diese bei den verschiedenen Nicolstellungen näher ein, so lehren die mitgetheilten Zahlen, wie jedesmal, wenn bei parallelen Hauptschnitten der Nicols die Durchstrahlung durch die diathermane Substanz verbessert, sie bei gekreuzten Hauptschnitten verschlechtert wird, und umgekehrt. Die letzte Uebersicht zeigt dies im Vergleich mit der ersten (die ursprüngliche Durchstrahlung darstellenden) so auffällig, daß es unnöthig erscheint, Beispiele hervorzuheben. *Die bei den extremen Stellungen der polarisirenden Vorrichtungen auftretenden Wärmefarben sind demnach als complementär zu bezeichnen.*

Um die in dem Gangunterschiede der Strahlen liegende Bedingung der Interferenz systematisch zu ändern, legte ich der Reihe nach eine von Hrn. Darker in Lambeth (London) gelieferte Anzahl von Gypsblättchen derart zusammen, daß jener Unterschied regelmäfsig um $\frac{1}{4}$ Wellenlänge der mittleren Strahlen des Sonnenspectrums von $\frac{1}{4}$ an bis $\frac{1}{2}$ zunahm. Gleichzeitig wurde die, bei einem Winkel von 45° der Hauptschnitte der Nicol'schen Prismen austretende Wärme der Prüfung durch die nämlichen farbigen Gläser unterworfen. Die Beobachtungen sind in dem Folgenden für die unter 0° und unter 90° gestellten Hauptschnitte der Nicols mitgetheilt. *Die bei allen Gangunterschieden als identisch sich darstellende Durchstrahlung für die Mittelstellung jener auf 45° ist denselben ein für alle Mal vorangestellt worden.*

1) Bisher waren an der strahlenden Wärme nur *Brechungs-* und *Absorptionsfarben* bekannt. Die *Interferenzfarbe* tritt als etwas ganz Neues auf diesem Gebiete hinzu.

In größter Mannigfaltigkeit haben danach bei diesem Wechsel der Bedingungen der Interferenz elementarer Strahlen die Verschiedenheiten der daraus hervorgehenden Wärme-gruppen sich ergeben.

Der durch jene Einstellung auf 45° gebildete Fall ist der Uebergang aus einem der verzeichneten Extreme in das andere. Die ihn charakterisirende Durchstrahlung steht (abgesehen von zufälligen Beobachtungsfehlern) in jedem der untersuchten 10 Beispiele genau in der Mitte zwischen den, dem Parallelismus und der Kreuzung der Nicols zugehörigen Werthen. Es ist bezeichnend, daß bei einer Methode, welche darauf angewiesen ist, qualitative Verschiedenheiten ihrer Strahlen durch quantitative Messungen auszudrücken, *die thermische Farblosigkeit als das arithmetische Mittel aus den, die complementaren Gruppen darstellenden Zahlen auftritt.*

Theorie und Erfahrung vereinigen sich darin, daß die durch den Gyps und die unter 45° gestellten polarisirenden Vorrichtungen gegangenen Wärmestrahlen in ihren Eigenschaften nicht von den directen Sonnenstrahlen vor ihrem Eintritt in die Krystalle zu unterscheiden sind.

Es verdient noch bemerkt zu werden, daß die bei dieser Gelegenheit dem Vergleiche sich darbietenden *thermischen und optischen Verschiedenheiten* einander nicht entsprechen. So erschien, um es nur an einem Beispiele zu erläutern, sowohl bei $\frac{3}{4}$ als bei $\frac{1}{4}$ Undulation Gangunterschied, das Bild bei parallelen Hauptschnitten überwiegend roth, das bei gekreuzten grün. Die das erstere begleitenden Wärmestrahlen aber gingen durch das rothe Glas dort besser, hier schlechter hindurch, als die dem letzteren beigeßelten; durch das gelbe Glas bei $\frac{3}{4}$ Undulation jene Gruppen in ungleichem, bei $\frac{1}{4}$ Undulation beide in gleichem Verhältniß; beim blauen Glase endlich waren die Durchstrahlungen denen des rothen gerade entgegengesetzt. Die dem zweiten Gangunterschiede eigenthümlichen Wärmefarben zeigten demnach ein anderes Verhalten als die bei dem ersten auftretenden, während die

sichtbaren Farben beide Male einen gleichartigen Charakter darboten.

II. Weiter eingehende Untersuchungen wurden mit *Glimmer* angestellt. Da von diesem bereits bekannt ist, daß die von ihm auf verschiedene Wärmestrahlen der Sonne ausgeübte *auswählende Absorption* bei der Durchstrahlung farbiger Gläser sich geltend macht¹⁾, (ein Einfluß, welcher nur bei sehr geringer Glimmer-Dicke ein verschwindender ist)²⁾ so trat dieser Umstand jetzt zu den vorigen hinzu und erforderte in jedem einzelnen Falle einer besonderen Berücksichtigung.

Die erste Beobachtungsreihe beschäftigte sich mit dem *Aufsuchen* für die vorliegende Frage recht *entscheidender Fälle* und war daher in gleicher Weise auf die Auswahl der, die Erscheinung hervorrufenden Glimmerplatten wie der sie prüfenden diathermanen Körper gerichtet.

Die von dem Heliostaten in horizontaler Richtung reflectirten Sonnenstrahlen durchdrangen zuerst den, in die Fensterlade des finstern Zimmers eingesetzten Nicol, dessen Hauptschnitt vertical, unter 45° gegen den Horizont geneigt, oder wagerecht gerichtet war, sodann die, normal gegen die Strahlen (welche den Krystall parallel der Mittellinie seiner optischen Axen durchdrangen) und mit der Ebene ihrer optischen Axen unter 45° gestellte, Glimmerplatte, endlich den, mit seinem Hauptschnitt vertical verbleibenden zweiten Nicol. Damit, ungeachtet der Drehung jenes Nicol'schen Prismas, eine stets constante Wärmemenge aus dem System austrat, wurde dieselbe durch einen Spalt derart geregelt, daß immer eine und dieselbe Ablenkung am Thermomultiplikator erfolgte, ehe die diathermanen Schirme der Reihe nach vor der Thermosäule eingeschaltet wurden.

Die folgende Uebersicht stellt einige charakteristische Fälle, welche sich bei dieser Gelegenheit ergaben, zusammen.

1) Vergl. Pogg. Annal. Bd. CXX, S. 255.

2) Pogg. Annal. Bd. CIX, S. 602.

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols, deren Hauptschnitte unter		
	0°.	45°.	90°.
farbloses Glas.	100 : 81,8	81,8	81,8
hellgelbes Glas.	100 : 68,2	60,6	53,0
fahlgrünes Glas.	100 : 12,1	15,2	18,2
hellblaues Glas.	100 : 33,3	33,3	33,3

nach Einschaltung eines *Glimmerblatts* von 0^{mm},08.

farbloses Glas.	100 : 80,9	80,9	80,9
hellgelbes Glas.	100 : 54,2	61,1	68,1
fahlgrünes Glas.	100 : 17,5	13,9	10,3
hellblaues Glas.	100 : 22,8	30,6	36,8

nach Einschaltung eines *Glimmerblatts* von 0^{mm},12.

farbloses Glas.	100 : 81,5	81,5	81,5
hellgelbes Glas.	100 : 67,0	61,0	54,0
dunkelgelbes Glas.	100 : 40,0	47,0	53,0
hellblaues Glas.	100 : 43,0	37,0	32,0

nach Einschaltung eines *Glimmerblatts* von 0^{mm},32.

farbloses Glas.	100 : 81,0	81,0	81,0
rothes Glas.	100 : 54,0	51,0	49,0
grünes Glas.	100 : 8,0	11,0	14,0
gelblich grünes Glas.	100 : 13,8	14,4	14,8

Aus allen diesen Werthen ergibt sich, daß die *Interferenz* der im *Glimmer* doppelt gebrochenen Wärme einzelne Strahlen unterstützt, andere beeinträchtigt derart, daß die gesammte, aus verschiedenen elementaren Strahlen zusammengesetzte Gruppe andere Eigenschaften erhält als vor der *Interferenz*, daß diese Erscheinungen von der Lage der *Polarisationsebene* abhängig sind, und die Stellung der *Nicols* auf 45° bei jeder *Glimmerdicke* die Mitte zwischen den bei 0° und 90° auftretenden Extremen der Wärmefärbung bildet.

Die vorstehenden Beobachtungen lassen nur die Wärmeverschiedenheiten innerhalb eines und desselben *Glimmerblatts* übersehen. Um die Wirkung der Wärmeinterferenz bei mehreren *Glimmerdicken* vergleichen zu können, muß

die Untersuchung bei allen mit denselben diathermanen Körpern angestellt, auch zuvor, diesen gegenüber, der Einfluss der *bei wechselnder Dicke ungleichen Absorption* festgestellt werden. Die Voruntersuchung hatte unter jenen als die geeignetsten diejenigen Gläser erkannt, welche bereits beim Gyps zur Prüfung gedient hatten, ein dunkelrothes, ein orange gelbes und ein dunkelblaues Glas. Wurden die, durch die verschiedenen Glimmerplatten hindurchgelassenen Wärmestrahlen, der Reihe nach, der Durchstrahlung durch diese Gläser unterworfen, so ergaben sich folgende Werthe:

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht,				
	vor dem Durchgange.	nach dem Durchgange durch <i>Glimmer</i> von der Dicke			
		0 ^{mm} ,025.	0 ^{mm} ,08.	0 ^{mm} ,12.	0 ^{mm} ,32.
rothes Glas.	100 : 32,4	32,4	33,8	36,2	38,2
gelbes Glas.	100 : 45,7	45,7	48,6	52,9	57,4
blaues Glas.	100 : 23,5	23,5	23,5	23,5	23,5

Hieraus geht hervor, daß *die durch den Glimmer gegangenen Sonnenstrahlen* nur bei der geringsten Dicke in gleichem Grade wie die directen die farbigen Gläser durchdringen, daß sie aber, *je mehr die Dicke dieses Krystalls zunimmt, desto fähiger werden, das rothe und gelbe Glas zu durchstrahlen.* Ob die Nicol'schen Prismen vor oder hinter dem Glimmer überdies in den Gang der Strahlen eingeschaltet wurden, war ohne Einfluss auf diese Verhältnisse, wie nach den Seite 3 mitgetheilten Erfahrungen nicht anders zu erwarten war. Bei den in Rede stehenden Interferenz-Erscheinungen hat sich demnach nebenbei die auswählende Absorption des Glimmers, aber auch nur die dieses Krystalls in der bezeichneten Weise geltend gemacht.

Die Beobachtung lieferte, bei Einführung der drei letztbezeichneten Gläser in die vorbeschriebene Versuchsreihe, nachstehende Zahlen:

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols, deren Hauptschnitte unter		
	0°.	45°.	90°.
rothes Glas.	100 : 48,0	32,0	16,0
gelbes Glas.	100 : 62,0	45,0	28,0
blaues Glas.	100 : 23,0	24,0	25,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,08.			
rothes Glas.	100 : 16,0	33,0	50,0
gelbes Glas.	100 : 28,0	46,0	64,0
blaues Glas.	100 : 18,0	23,5	29,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,12.			
rothes Glas.	100 : 23,0	36,0	49,0
gelbes Glas.	100 : 43,0	49,0	55,0
blaues Glas.	100 : 29,0	24,0	19,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,32.			
rothes Glas.	100 : 45,0	40,0	35,0
gelbes Glas.	100 : 60,0	55,0	50,0
blaues Glas.	100 : 24,0	23,0	22,0

Nicht allein zeigen sich hier innerhalb jeder Gruppe *viel bedeutendere Unterschiede*, als bei den diathermanen Körpern der vorigen Tabelle; es stellen sich auch, worauf es diesmal bei den *mit der Glimmerdicke wechselnden Bedingungen der Wärmeinterferenz* besonders ankommt, in den verschiedenen Gruppen *die größte Ungleichartigkeit und Mannigfaltigkeit der durch ihre Durchstrahlungsverhältnisse charakterisirten Wärmestrahlen* heraus. So werden z. B. beim rothen Glase, als Folge der Interferenz im ersten und vierten Glimmerblatt, bei parallelen Nicols die Durchgänge verbessert, bei gekreuzten Nicols verschlechtert, während die Einschaltung des zweiten und dritten Glimmerblatts die entgegengesetzte Wirkung hervorruft. Jedes Glas enthüllt in dieser Beziehung andere, besondere Eigenthümlichkeiten der Wärmestrahlen.

Die den Uebergang und die Mitte bildenden Ergebnisse für die Einstellung der Nicol'schen Prismen auf 45° trennen

die Interferenz- von der Absorptionsfarbe. Von jener frei, stellen sie ausschließlich die letztere, dem Glimmer zugehörige, dar. Nur bei der geringsten Dicke dieses Krystalls mit denen für die directen Sonnenstrahlen übereinstimmend, veranschaulichen die in der betreffenden Rubrik enthaltenen Werthe die Zunahme dieser Färbung mit der Glimmerdicke ganz denen der Vorversuche entsprechend, welchen sie im Wesentlichen identisch sind und von denen sie in den übrigen Tabellen nur zufällig abweichen, weil an verschiedenen Tagen gewonnene Zahlen, ihrem absoluten Werthe nach, immer gewisse Differenzen zeigen. Beim *Gyps*, dessen Absorption sich bei keiner Dicke geltend machte, konnten die, auf jene Stellung der Nicols (auf 15°) bezüglichen, auch mit denen der directen Strahlen übereinstimmenden Durchstrahlungsverhältnisse, als ein für alle Mal gültig vorangestellt, beim *Glimmer* mußten sie für jede Dicke besonders aufgeführt werden.

Bei aller Analogie in dem allgemeinen Verhalten und dem Gesetz der in Rede stehenden Erscheinungen, wichen auch beim Glimmer die besonderen Ergebnisse auf dem *optischen* und dem *thermischen* Gebiete von einander ab. Gelbes Licht geht durch ein gelbes Glas, blaues durch ein blaues Glas reichlicher als farbloses Licht; die Wärme aber, welche das, bei $0,12^{\text{mm}}$ dickem Glimmer für parallele Nicols, gelb erscheinende Bild begleitet, strahlt weniger reichlich durch das gelbe Glas, die bei gekreuzten Nicols mit blauem Bilde auftretende Wärme durch das blaue Glas schlechter als die des (bei 45°) ungefärbten hindurch. Noch auffälliger wird dies, wenn die Wärme der gelben Strahlengruppe besser als die der blauen durch das blaue Glas; die der blauen Gruppe besser als die der gelben durch das gelbe Glas hindurchdringt. Aehnliches zeigte sich in zahlreichen anderen Beispielen. Dies beweist, *wie überwiegend der Einfluß der in der Sonnenwärme enthaltenen unsichtbaren Strahlen* ist, und wie mißlich es wäre, aus optischen Gesichtspunkten thermische Resultate vorhersagen zu wollen. In dem Mangel an Uebereinstimmung in den beregten Fällen,

in der Erfahrung, dafs, wenn man auf die Beurtheilung sichtbarer Farben gestützt, einer näheren Untersuchung der Wärmefarben sich entschlagen zu können geglaubt hätte, gerade die charakteristischsten Ergebnisse nie zu Tage getreten wären, liegt eine neue Aufforderung, *die Gesetze der strahlenden Wärme ausschliesslich durch ihre Mittel festzustellen.*

III. War die bisherige Beobachtung auf die Ermittlung der *Extreme* gerichtet gewesen, so kam es nun darauf an, die *Uebergänge in den Wärmefarben* kennen zu lernen, welche zunächst bei feststehendem Glimmer durch Drehung des einen Nicol'schen Prismas gebildet werden. Die Anordnung blieb die vorbezeichnete (Seite 8). Wie die Axenebene des Glimmers unter 45° , wenn man die Strahlen auf sich zukommen sieht, nach rechts hin eingestellt war, so wurde auch der Nicol, vom Zimmer aus betrachtet, im Sinne eines Uhrzeigers gedreht. Die Durchstrahlungsverhältnisse, gegenüber jenen wirksamsten diathermanen Körpern, gestalteten sich alsdann bei den vier verschiedenen Glimmerplatten wie folgt:

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols, deren Hauptschnitte unter				
	0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.
rothes Glas.	100 : 51,7	43,4	35,0	26,6	18,3
gelbes Glas.	100 : 62,1	54,6	46,3	38,0	29,6
blaues Glas.	100 : 20,1	21,7	23,4	25,0	26,7
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,08.					
rothes Glas.	100 : 17,5	26,5	35,5	44,5	53,5
gelbes Glas.	100 : 28,5	37,9	47,6	57,1	66,7
blaues Glas.	100 : 19,5	21,6	23,8	26,6	29,3
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,12.					
rothes Glas.	100 : 22,1	29,8	37,5	45,2	52,9
gelbes Glas.	100 : 45,0	47,5	50,0	52,5	55,0
blaues Glas.	100 : 29,5	27,0	24,5	22,6	20,6
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,32.					
rothes Glas.	100 : 45,0	42,5	40,0	37,5	35,0
gelbes Glas.	100 : 60,0	57,5	55,0	52,8	50,0
blaues Glas.	100 : 25,0	24,5	24,0	23,5	23,0

In dem folgenden Quadranten kehren die nämlichen Durchstrahlungsverhältnisse in der Reihenfolge wieder, daß die Wärmestrahlen als gleichartig erkannt werden bei der Stellung des Nicolhauptschnitts

auf $112^{\circ},5$ und auf $67^{\circ},5$;

„ $135^{\circ},0$ „ „ $45^{\circ},0$;

„ $157^{\circ},5$ „ „ $22^{\circ},5$

bis zur Drehung auf 180° , d. h. zur Rückkehr auf 0° .

In dem dritten und vierten Quadranten sind die Erscheinungen danach eischbar, als einfache Wiederholungen der betrachteten Fälle.

Ein Blick auf die obigen Werthe selbst aber ergiebt, daß die den Winkeln $22^{\circ},5$ und $67^{\circ},5$ zugehörigen etwa die Mittel aus den benachbarten Zahlen für 0° und 45° , bezüglich für 45° und 90° sind; d. h. daß *die bei diesen Zwischenstellungen des polarisirenden Nicols auftretenden, unter sich verschiedenen Nüancen der Wärmefarben und ebenso die ihnen gleichartigen für $157^{\circ},5$, respective $112^{\circ},5$ ungefähr halb der charakteristischen Interferenzfarbe, halb der Farblosigkeit¹⁾, zwischen denen sie stehen, angehören.*

IV. Es wurden jetzt die Nicol'schen Prismen fest eingestellt und die Uebergänge untersucht, welche sich beim Drehen des Glimmers zwischen jenen innerhalb seiner Ebene ergeben. Diese Drehung erfolgte wieder, von der Thermosäule aus gesehen, im Sinne eines Uhrzeigers und wurde der Winkel gemessen, welchen die Ebene der optischen Axen im Glimmer mit einer verticalen bildete.

1. Waren die Hauptschnitte der Nicol'schen Prismen einander parallel, nämlich *beide vertical* gerichtet, so ergab sich:

- 1) *Farblos* natürlich nur hinsichtlich der *Interferenz*; denn nebenbei herrscht, wie mehr erwähnt, die für eine und dieselbe Platte constante *Absorptionsfarbe* des Glimmers.

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hin- durchgeht, nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols mit <i>parallelen</i> <i>Hauptschnitten</i> , bei Einstellung der Axenebene des Glimmers auf				
	0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.
rothes Glas.	100 : 33,3	37,5	50,0	37,5	33,3
gelbes Glas.	100 : 42,5	47,9	58,3	47,9	42,5
blaues Glas.	100 : 25,0	24,2	21,7	24,2	25,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,08.					
rothes Glas.	100 : 35,4	30,2	14,6	30,2	35,4
gelbes Glas.	100 : 51,7	45,0	27,1	45,0	51,7
blaues Glas.	100 : 25,0	23,3	16,7	23,3	25,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,12.					
rothes Glas.	100 : 39,0	34,0	19,5	34,0	39,0
gelbes Glas.	100 : 52,0	52,0	46,3	52,0	52,0
blaues Glas.	100 : 25,0	26,0	30,0	26,0	25,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,32.					
rothes Glas.	100 : 40,0	42,5	50,0	42,5	40,0
gelbes Glas.	100 : 57,0	59,0	65,0	59,0	57,0
blaues Glas.	100 : 24,0	24,0	25,0	24,0	24,0

Ebenso wenig wie hier in dem ersten Quadranten die Werthe für die Axenstellungen des Glimmers auf 22°,5 und 67°,5 verschieden sind, lassen sich bei fortgesetzter Drehung die für die Winkel 112°,5 und 157°,5 gefundenen Zahlen unter sich oder von jenen unterscheiden. Bei 135° kehren die Durchstrahlungsverhältnisse von 45° wieder.

Man erkennt an diesen letzteren die Wärmefarbe, welche bei parallelen Hauptschnitten der Nicols und unter 45° eingestellter Axenebene des Glimmers bereits bekannt ist¹⁾; an den Durchstrahlungswerthen für 0° und 90° das Verschwinden der Interferenzfarbe (Uebrigbleiben der Absorp-

1) Vergl. die erste Rubrik der Tabellen S. 11 und 13, unter Berücksichtigung, daß dieselben an anderen Tagen aufgestellt und daher nicht sowohl die absoluten Werthe als vielmehr die Beziehung derselben zu den übrigen zugehörigen Zahlen zu beachten sind.

tionsfarbe des Glimmers)¹⁾. Zwischen beiden steht, ihren Durchstrahlungswerthen nach, die *Farbennüance* für 22°, 5, 67°, 5 usw., aber nicht so, daß sie, wie vorher bei der Nicol-drehung, nahezu die Mitte zwischen beiden einnimmt, sondern *derart, daß sie der Farblosigkeit erheblich näher steht, als der gedachten Interferenzfarbe*. Es ist unverkennbar, wie z. B. nach Einschaltung der geringsten Glimmerdicke die durch das rothe Glas hindurchgehenden 37,5 Proc. den 33,3 näher stehen, als den 50; beim gelben Glase 47,9 den 42,5 näher als den 58,3; beim blauen die 21,2 den 25 näher als den 21,7 Proc. Aehnliches aber zeigt sich bei allen Glimmerdicken.

2. Wurde der *Hauptschnitt des polarisirenden Nicols horizontal, der des analysirenden vertical gestellt*, so führte die nämliche Drehung des Glimmers, bei der Prüfung durch die diathermanen Körper zu folgenden Resultaten:

Diathermaner Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols mit <i>gekreuzten Hauptschnitten</i> , bei Einstellung der Axenebene des Glimmers auf				
	0°.	22°, 5.	45°.	67°, 5.	90°.
rothes Glas.		100 : 16,7	16,7	16,7	
gelbes Glas.	0	100 : 33,3	33,3	33,3	0
blaues Glas.		100 : 25,0	25,0	25,0	

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},08.

rothes Glas.		100 : 48,0	48,0	48,0	
gelbes Glas.	0	100 : 66,7	66,7	66,7	0
blaues Glas.		100 : 33,3	33,3	33,3	

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},12.

rothes Glas.		100 : 50,0	50,0	50,0	
gelbes Glas.	0	100 : 55,0	55,0	55,0	0
blaues Glas.		100 : 19,0	19,0	19,0	

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},32.

rothes Glas.		100 : 35,0	35,0	35,0	
gelbes Glas.	0	100 : 50,0	50,0	50,0	0
blaues Glas.		100 : 23,0	23,0	23,0	

1) Vergl. die besondere Ermittlung S. 10 so wie die mittlere Columnne der Tafeln S. 11 und 13.

Dieselbe Gleichheit der Durchstrahlungsverhältnisse behauptet sich in dem zweiten und folglich auch in dem dritten und vierten Quadranten. Während die Intensität der Wärme in dem Grade wechselt, daß sie bei Drehung des Glimmers um je 90° auf Null herabsinkt, und dann von einer Durchstrahlung durch die Gläser nicht die Rede seyn kann, *erhält sich bei jeder Einstellung der Axenebene des Glimmers*, sofern die Wärme durch die Polarisation nicht überhaupt verschwindet, *eine und dieselbe Qualität der Wärme*. Es ist die nämliche, welche schon in der letzten Rubrik der Tabellen S. 11 und 13 sich kund gethan hatte.

3. Bildete der Hauptschnitt des polarisirenden Nicols nach rechts hin einen Winkel von 45° mit dem des analysirenden verticalen, so liefs die Drehung des Glimmers in gleichem Sinne wie vorher nachstehende Werthe auftreten:

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols mit, unter 45° gerichteten Hauptschnitten, bei Einstellung der Axenebene des Glimmers auf				
	0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.
rothes Glas.	100 : 32,0	24,5	32,0	45,0	32,0
gelbes Glas.	100 : 47,5	37,5	47,5	61,0	47,5
blaues Glas.	100 : 24,0	26,0	24,0	22,5	24,0

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},08.

rothes Glas.	100 : 34,9	35,0	34,9	15,2	34,9
gelbes Glas.	100 : 48,0	53,5	48,0	26,6	48,0
blaues Glas.	100 : 23,7	26,4	23,7	19,6	23,7

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},12.

rothes Glas.	100 : 35,2	41,6	35,2	21,6	35,2
gelbes Glas.	100 : 49,1	54,8	49,1	41,2	49,1
blaues Glas.	100 : 24,8	20,5	24,8	29,7	24,8

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},32.

rothes Glas.	100 : 42,9	41,4	42,9	47,9	42,9
gelbes Glas.	100 : 58,6	57,1	58,6	63,6	58,6
blaues Glas.	100 : 24,3	24,3	24,3	25,3	24,3

In dem zweiten Quadranten stimmen die Resultate für die Stellung der Axenebene auf $112^{\circ},5$ mit denen für $22^{\circ},5$; die für $157^{\circ},5$ " " " " $67^{\circ},5$ überein; zwischen ihnen wiederholen sich bei 135° die bei 0° , 45° , 90° gemachten Beobachtungen.

Die letzteren sind bereits aus den vorausgegangenen Tabellen bekannt; sie bezeichnen das Verschwinden der Interferenzfarbe. Die für $22^{\circ},5$ und $112^{\circ},5$ gefundenen Zahlen stehen offenbar zwischen diesen und den in der letzten Rubrik der Tafeln S. 11 und S. 13 so wie in der Tafel S. 16 enthaltenen, d. h. sie charakterisiren eine Nuance, welche sich derjenigen Warmefarbe zuneigt, die bei gekreuzten Nicols und unter 45° eingestellter Axenebene des Glimmers auftritt. Die für $67^{\circ},5$ und $157^{\circ},5$ wahrgenommenen deuten die bei parallelen Nicols unter eben bezeichneter Glimmerstellung (Axenebene auf 45°) herrschende Interferenzfarbe an, deren Eigenthümlichkeit die erste Columnne der S. 11 und 13 und die mittlere der S. 15 mitgetheilten Werthe darstellen.

Welche Stellung aber jene Nüance einnimmt, ob sie zwischen der Farblosigkeit und der betreffenden Farbe gerade in der Mitte oder einer von beiden näher steht; ferner ob diese letztere (den Winkeln $67^{\circ},5$ und $157^{\circ},5$ zugehörige) Farbe genau mit der angegebenen identisch ist, bedarf einer besonderen Ermittlung, da nur der Vergleich innerhalb einer und derselben Tabelle volle Sicherheit, die jetzt besprochene aber den dazu erforderlichen Anhalt nicht bietet.

Die Beobachtungsreihe nun, welche den Zweck hatte, die eben gedachten Fälle mit den übrigen, ihnen ähnlichen zu vergleichen und eine Uebersicht der verschiedenen, bisher wahrgenommenen Farbenübergänge zu gewinnen, ergab folgende charakteristische Durchstrahlungsverhältnisse dieser Strahlengruppen, den diatheimanen Körpern gegenüber:

Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines *Glimmerblatts* von 0^{mm},025 Dicke zwischen den Nicols, wenn

Diathermane
Körper.

deren einer Hauptschnitt vertical, der andere eingestellt auf

während die Axenebene des Glimmers gerichtet auf

	45°.	67° 5.	90°.	90°.	45°.	45°.	22° 5.	0°.	0°.
22° 5.	45°.	22° 5 oder 67° 5.	45°.	67° 5.	45°.	22° 5 oder 67° 5.	45°.		

rothes Glas.	100 : 27,8	28,7	19,5	19,5	46,0	43,5	40,8	46,0	
gelbes Glas.	100 : 38,8	34,7	30,5	30,5	61,4	58,5	55,2	61,4	
blaues Glas.	100 : 23,3	23,3	25,3	25,3	20,1	20,4	21,2	20,1	

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},08.

rothes Glas.	100 : 37,5	45,0	48,0	48,0	16,4	20,5	28,0	16,4	
gelbes Glas.	100 : 55,0	58,0	64,4	64,4	28,0	33,0	40,0	28,0	
blaues Glas.	100 : 27,0	30,0	32,0	32,0	17,3	21,5	25,0	17,3	

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},12.

rothes Glas.	100 : 40,0	45,0	52,0	52,0	24,0	29,5	33,0	24,0	
gelbes Glas.	100 : 52,0	56,0	59,0	59,0	45,0	47,0	52,0	45,0	
blaues Glas.	100 : 25,0	20,0	17,0	17,0	30,0	28,0	25,0	30,0	

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},32.

rothes Glas.	100 : 40,0	39,5	37,5	37,5	50,0	45,0	42,5	50,0	
gelbes Glas.	100 : 55,5	54,3	53,0	53,0	65,0	61,0	59,0	65,0	
blaues Glas.	100 : 24,3	23,8	23,0	23,0	25,0	24,5	24,0	25,0	

Was zunächst die, bei halbgekreuzten Nicols und auf $22^{\circ},5$ gestellter Axenebene des Glimmers auftretende Färbung anbetrifft, so ist aus den Tabellen S. 11 und 13 ersichtlich, daß die Farbe, welcher sie sich zuwendet, z. B. bei der geringsten Glimmerdicke dadurch bezeichnet ist, daß sie rothes und gelbes Glas schlechter, blaues Glas besser durchdringt als die farblosen Strahlen, wie ein Vergleich der letzten Rubrik mit der mittleren in jenen Tafeln auf den ersten Blick erkennen läßt. Sie wird also der Farblosigkeit desto näher stehen, je weniger jene Verschlechterung in Betreff der ersten Gläser, je weniger jene Verbesserung hinsichtlich des letzten Glases beträgt. In der eben mitgetheilten Uebersicht steht sie nun nach diesen Zeichen als am wenigsten gefärbt da. Ihr folgt die Nüance, welche bei, unter $67^{\circ},5$ gestellten Hauptschnitten der Nicols und unter 45° stehender Axenebene des Glimmers herrscht, und von der auf S. 14 nachgewiesen ist, daß sie etwa die Mitte zwischen der Farblosigkeit und der gedachten Farbe hält. Sie führt zu der vollen Farbe hin, welche bei den unter 90° gekreuzten Nicols während der Drehung des Glimmerblatts sich behauptet. Die für diese Fälle beobachteten Durchstrahlungswerthe weisen bei rothem und gelbem Glase in ihrer allmäligen Abnahme, beim blauen in ihrer Zunahme diese Eigenthümlichkeiten nach.

Bei jeder anderen Glimmerdicke ist die, unter sonst gleichen Umständen herbeigeführte Wärmefarbe durch andere Eigenschaften: andere Durchgänge charakterisirt, bei allen aber bestätigt die Erfahrung eines solchen graduellen Uebergangs, daß die fragliche Nüance der Farblosigkeit näher steht, als das Mittel.

Die weiter zu prüfende Wärme, welche den unter 45° gestellten Nicols und der unter $67^{\circ},5$ gedrehten Axenebene des Glimmers angehört, strahlt bei der dünnsten Glimmerplatte reichlicher durch rothes und gelbes Glas, aber weniger reichlich durch blaues als die farblose. Sie übertrifft in dieser Hinsicht die Strahlengruppe, welche bei einer Einstellung der Nicols unter $22^{\circ},5$ und der Axenebene des

Glimmers unter 45° auftritt und welche sich nach Seite 14 als *das Mittel* zwischen der Farblosigkeit und der in Rede stehenden Farbe dargestellt hat; und diese geht in demselben Verhalten wieder den Strahlen voraus, welche bei parallelen Nicols einer Einstellung der Axenebene des Glimmers auf $22,5$ oder $67,5$ entsprechen und welche nach S. 16 der *Farblosigkeit* näher stehen. *Vollkommen gleich* aber ist die Fähigkeit, die diathermanen Körper zu durchdringen, bei der *zu untersuchenden Strahlengruppe* und derjenigen, welche *bei parallelen Nicols und einer Einstellung der Axenebene des Glimmers auf 45°* sich geltend macht. Hinsichtlich der *Wärmefarbe*, welche zugleich ein *Maximum* bildet, sind demnach *beide Gruppen identisch*.

Die in der rechten Hälfte der Zusammenstellung jedem Glase zugehörigen Durchstrahlungswerthe lassen in der bezeichneten successiven Abnahme oder Zunahme, und der, innerhalb der letzten Columnne stattfindenden Wiederkehr der ersten Zahlen die eben angegebene Reihenfolge, in welche die verschiedenen Farbennüancen sich zu einander stellen, bei jeder einzelnen Glimmerdicke auf's Deutlichste hervortreten.

Je schwächer die, diese Wärmevorgänge begleitenden, *sichtbaren Strahlen* gefärbt erscheinen, z. B. die bei der geringsten Glimmerdicke für gekreuzte Nicols auftretenden, welche, selbst wenn sie bei Einstellung der Axenebene des Glimmers auf 45° in ihr Maximum treten, doch nur ein mattes lavendelgrau zeigen oder die, bei der folgenden Glimmerdicke für parallele Nicols wahrgenommenen, die, unter gleicher Maximaleinstellung, als fahl gelblich grünlich zu bezeichnen sind, um so auffallender ist der große Unterschied, welcher in den Durchstrahlungsverhältnissen zwischen der Interferenz-Wärme-Farbe und dem Fall des Verschwindens derselben sich herausstellt. Es liegt darin eine Bestätigung Dessen, was oben von dem großen Einfluß der *unsichtbaren Wärmestrahlen* bemerkt worden ist.

Andererseits liefert die Möglichkeit, auf dem Wege thermischer, rein quantitativer Bestimmungen, *in den Qualitäten*

der Wärme, für welche der sinnlichen Wahrnehmung jede directe Beurtheilung abgeht, *Nüancirungen* auffinden und mit der größten Sicherheit in ihrer Reihenfolge *feststellen* zu können, in Fällen, in denen das feinste Sinnesorgan, dessen Hauptfähigkeit gerade die Unterscheidung der Farben ist, den Beobachter im Stich läßt, einen Beweis für die *Feinheit dieser Prüfungsmethode*.

Die der Untersuchung unterworfenen Fälle sind ebenso ausreichend, wie sie erforderlich waren, um sämmtliche, zwischen ihnen liegende beurtheilen zu können, so daß damit *die Frage nach der Interferenzfarbe der strahlenden Wärme für jede beliebige Einstellung der polarisirenden Vorrichtungen und der zwischen ihnen befindlichen doppelt brechenden Krystallplatte als gelöst zu betrachten* ist.

V. Es war von Interesse, auch die *Intensitäts-Verhältnisse der Wärme* unter denselben Umständen zu ermitteln. In dieser Beziehung geht der mitzutheilenden nur eine Versuchsreihe voraus, welche mit Nicol'schen Prismen und einem einaxigen Krystall (Kalkspath) angestellt und i. J. 1849 von mir bekannt gemacht worden ist¹⁾. Messungen an Nicol'schen Prismen und einem zweiaxigen Krystall (Glimmer), wie sie hier in Frage kommen, sind noch nicht ausgeführt worden.

Als zunächst *die Nicol'schen Prismen allein* angewandt und *der Einfluß ihrer Stellung gegen einander* untersucht werden sollte, durfte diesmal nicht das in der Fensterlade befindliche gedreht werden, da auf die Intensitätsverhältnisse die polarisirende Wirkung des Heliostatenspiegels²⁾ in störender Weise sich geltend gemacht hätte. Wird nun der Hauptschnitt dieses polarisirenden Nicols vertical belassen

1) Pogg. Annal. Bd. LXXIV, S. 178 bis 183.

2) Bei den bisherigen Versuchen war diese nicht in Betracht gekommen, weil es sich immer nur um die Erhaltung einer, vor dem Einschalten der diathermanen Körper constanten, auf die Thermosäule fallenden Wärme gehandelt hatte, welche, wie auch die vom Heliostaten reflectirte und durch den ersten Nicol in das Experimentirzimmer eintretende Menge beschaffen sein mochte, durch den regulirenden Spalt herbeizuführen war.

und der analysirende (von der Thermosäule aus gesehen) rechts herum gedreht, so stellt sich die durch beide hindurch zur Thermosäule gelangende Sonnenwärme in folgenden Ablenkungen der Multiplicatornadel dar:

Wärmemenge, welche durch zwei Nicols hindurchgeht, deren Hauptschnitte unter

0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.
16,8	14,2	8,3	2,5	0,0

Hiernach ist die Intensität bei der Mittelstellung von 45° gleich der Hälfte der maximalen bei parallelen Nicols, die für eine Einstellung von 22°,5 steht diesem Maximum, die für 67°,5 dem Minimum bei gekreuzten Nicols, welches gleich Null ist, näher.

In dem zweiten Quadranten kehrt, wie vorauszusehen, bei 112°,5 die bei 67°,5;
 „ 135°,0 „ „ 45°,0;
 „ 157°,5 „ „ 22°,5

beobachtete Intensität wieder.

Wurden die Glimmerblätter, der Reihe nach, zwischen die Nicol'schen Prismen so eingeschaltet, daß ihre Axenebene einen Winkel von 45° mit dem verticalen Hauptschnitt des polarisirenden Nicols bildet, so fand man:

Wärmemenge* nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},025 Dicke zwischen den Nicols, deren Hauptschnitte unter

0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.
2,45	2,45	2,50	2,50	2,50

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},08.

2,40	2,40	2,40	2,40	2,50
------	------	------	------	------

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},12.

2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
------	------	------	------	------

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0^{mm},32.

2,40	2,30	2,40	2,50	2,40
------	------	------	------	------

Werthe, welche in jeder horizontalen Reihe nur innerhalb der Beobachtungsfehler von einander abweichen. Dieselbe Constanz erhielt sich bei fortgesetzter Drehung. Somit geht, unter den bezeichneten Umständen, stets *eine und dieselbe Wärmemenge durch das System hindurch, welches auch die Stellung des analysirenden Nicols seyn möge.*

Bei der *Drehung des Glimmers* zwischen den polarisirenden Vorrichtungen wurden wieder die drei Fälle unterschieden, in denen die Hauptschnitte derselben parallel, gekreuzt oder unter 45° gegen einander gerichtet waren. Um die an den verschiedenen Glimmerdicken erhaltenen Ergebnisse desto besser vergleichen zu können, wurde mit Hülfe des regulirenden Spalts bei allen Glimmerplatten die maximale Einwirkung auf das Thermoskop (4,8) gleich gemacht, und so (wie in der vorigen Reihe) der Einfluss der mit der Dicke zunehmenden Absorption eliminirt. Es ergab sich:

1) bei *parallelen Nicols*, deren Hauptschnitte vertical gestellt waren:

Wärmemenge nach Einschaltung eines *Glimmerblatts* von $0^{\text{mm}},025$ Dicke, bei Einstellung der Axenebene desselben auf

0° .	$22^\circ,5$.	45°	$67^\circ,5$.	90° .
4,80	3,60	2,45	3,60	4,85
nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von $0^{\text{mm}},08$.				
4,80	3,60	2,40	3,60	4,80
nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von $0^{\text{mm}},12$.				
4,80	3,60	2,30	3,60	4,80
nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von $0^{\text{mm}},32$.				
4,80	3,60	2,40	3,60	4,80

2) bei *gekreuzten Nicols*, deren einer Hauptschnitt horizontal, der andre vertical:

nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von $0^{\text{mm}},025$.				
0,00	1,25	2,50	1,25	0,00
nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von $0^{\text{mm}},08$.				
0,00	1,30	2,60	1,30	0,00
nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von $0^{\text{mm}},12$.				
0,00	1,26	2,45	1,26	0,00
nach Einschaltung eines <i>Glimmerblatts</i> von $0^{\text{mm}},32$.				
0,00	1,20	2,40	1,20	0,00

3) bei *unter 45° gestellten Nicols*, deren einer Hauptschnitt nach rechts hin gedreht, der andere vertical belassen war:

nach Einschaltung eines Glimmerblatts von $0^{\text{mm}},025$, bei Einstellung der Axenebene desselben auf

0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.
2,40	3,60	2,40	1,20	2,40
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von $0^{\text{mm}},08$.				
2,40	3,60	2,40	1,20	2,40
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von $0^{\text{mm}},12$.				
2,40	3,60	2,40	1,20	2,40
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von $0^{\text{mm}},32$.				
2,50	3,44	2,50	1,25	2,50

In den ersten beiden Fällen stimmen die Intensitäten für $112^{\circ},5$ und $157^{\circ},5$ unter sich und mit denen für $22^{\circ},5$ und $67^{\circ},5$; in dem dritten Falle die bei $112^{\circ},5$ mit denen für $22^{\circ},5$; „ „ $157^{\circ},5$ „ „ „ $67^{\circ},5$; bei allen dreien die für 0° , 90° , usw. unter sich überein. Gleich und gemeinsam ist allen die Intensität für 45° , 135° usw.

Vergleicht man aber die Werthe selbst, so belaufen sie sich in der ersten Abtheilung auf den vollen Betrag, drei Viertheile und die Hälfte des Maximums; in der zweiten auf die Hälfte, ein Viertel und Null; in der dritten auf drei Viertheile, die Hälfte und ein Viertel des Maximalbetrages.

Wenn zwar danach die Zwischenfälle im Allgemeinen zu bemessen sind, so erfordert doch die Form des Uebergangs eine genauere Bestimmung.

VI. Sowohl um diese zu gewinnen, als überhaupt der ganzen Arbeit erst ihren Abschluss zu geben, habe ich die behandelten Erscheinungen noch von dem Gesichtspunkte der *Undulationstheorie* aus, auf welche diese sämtlichen Ergebnisse hinwiesen, betrachtet und mit ihren Folgerungen die experimentell erhaltenen Resultate verglichen.

Der Hauptschnitt des polarisirenden Nicols sey vertical gerichtet, demnach die Polarisationssebene horizontal, die Schwingungen der linear polarisirten Wärmestrahlen vertical.

Bezeichnet r die verticale Excursion eines Aethertheilchens, so ist, wenn der Hauptschnitt des analysirenden Nicols mit jenem einen Winkel φ bildet, die Schwingungsweite der Wärmestrahlen, welche durch den zweiten Nicol gegangen sind, $c = r \cos \varphi$; mithin die Intensität der aus beiden Nicol'schen Prismen austretenden Wärme (proportional dem Quadrate der Elongation):

$$c^2 = r^2 \cos^2 \varphi.$$

r^2 (die bei parallelen Hauptschnitten auftretende Wärme) war (S. 23) gleich 16,8 gefunden worden, demnach ergibt die Berechnung:

Wärmemenge, welche durch zwei Nicols hindurchgeht, deren Hauptschnitte unter				
0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.
16,8	14,3	8,4	2,5	0,0

Werthe, welche mit den beobachteten (S. 23) übereinstimmen.

Wird das Glimmerblatt hinter den polarisirenden Nicol eingeschaltet, so zerlegt dasselbe die aus letzterem hervorgehenden verticalen Wellen in zwei Gruppen, deren eine parallel, die andere rechtwinklig zur Axenebene schwingt und deren Excursionen durch Projection der ursprünglichen Bewegung auf diese neuen Richtungen gegeben werden. Diese sind, wenn α der Winkel, welchen die Axenebene mit dem Hauptschnitt des polarisirenden Nicols einschließt:

$$A = r \cos \alpha \text{ (Excursion in der Axenebene),}$$

$$B = r \sin \alpha \text{ (" " senkrecht darauf).}$$

So beschaffen gelangen die Schwingungen zu dem analysirenden Nicol, auf dessen Hauptschnitt sie sodann beide reducirt werden. Ist dieser unter φ Grad gegen den des polarisirenden Nicols gestellt, so werden die neuen Projectionen auf diesen Hauptschnitt des zweiten Nicols:

$$a = A \cos(\varphi - \alpha) = r \cos \alpha \cos(\varphi - \alpha),$$

$$b = B \sin(\varphi - \alpha) = r \sin \alpha \sin(\varphi - \alpha);$$

folglich die gesammte Intensität der durch die beiden Nicols und den zwischen ihnen eingeschalteten zweiaxigen Krystall hindurchgehenden Wärme:

$J = a^2 + b^2 = r^2 [\cos^2 \alpha \cos^2 (\varphi - \alpha) + \sin^2 \alpha \sin^2 (\varphi - \alpha)]$,
 oder, wenn die Intensität für den Parallelismus der Hauptschnitte der Nicols und der Axenebene des eingefügten Krystalls $r^2 = i$ gesetzt wird:

$$J = i [\cos^2 \alpha \cos^2 (\varphi - \alpha) + \sin^2 \alpha \sin^2 (\varphi - \alpha)].$$

Hiernach lassen sich nun Theorie und Erfahrung weiter einander gegenüberstellen.

Berücksichtigt man, daß die in die Formel eintretenden Werthe von

$$\cos^2 45^\circ = \sin^2 45^\circ = \frac{1}{2},$$

$$\cos^2 22^\circ,5 = \frac{1 + \cos 45^\circ}{2} = \frac{1 + \sqrt{\frac{1}{2}}}{2},$$

$$\sin^2 22^\circ,5 = \frac{1 - \cos 45^\circ}{2} = \frac{1 - \sqrt{\frac{1}{2}}}{2},$$

$$\cos^2 67^\circ,5 = \sin^2 22^\circ,5 = \frac{1 - \sqrt{\frac{1}{2}}}{2},$$

$$\sin^2 67^\circ,5 = \cos^2 22^\circ,5 = \frac{1 + \sqrt{\frac{1}{2}}}{2},$$

so übersieht man unmittelbar, daß, bei fester Einstellung der Axenebene des Glimmers unter $\alpha = 45^\circ$ und Drehung des Nicols, Intensität J für $\varphi =$

0° .	$22^\circ,5$.	45° .	$67^\circ,5$.	90° .
$\frac{i}{2}$	$\frac{i}{2}$	$\frac{i}{2}$	$\frac{i}{2}$	$\frac{i}{2}$

eine Gleichheit, welche das Experiment (S. 23 unten) ebenfalls ergeben hat; ferner daß, bei fester Stellung der Nicols und Drehung des Glimmers,

1) bei parallelen Nicols ($\varphi = 0$), Intensität J für $\alpha =$

0° .	$22^\circ,5$.	45° .	$67^\circ,5$.	90° .
i	$\frac{3}{4}i$	$\frac{1}{2}i$	$\frac{1}{4}i$	i

2) bei gekreuzten Nicols ($\varphi = 90^\circ$),

0	$\frac{1}{4}i$	$\frac{1}{2}i$	$\frac{3}{4}i$	0
---	----------------	----------------	----------------	---

3) bei, unter $\varphi = 45^\circ$ gestellten Nicols,

$\frac{1}{4}i$	$\frac{3}{4}i$	$\frac{1}{2}i$	$\frac{1}{4}i$	$\frac{1}{2}i$
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

ganz so, wie es zuvor (S. 24, 25) beobachtet worden ist.

Bei noch weiterem Halbiren der Winkel gestalten sich die Intensitäts-Verhältnisse, der Formel gemäß, weniger einfach.

Die letzte Frage würde nun seyn, ob in gleicher Weise wie die *Wärmeintensitäten*, so auch die *Wärmefarben theoretisch bis in ihre Nüancirungen sich verfolgen* lassen und dieselbe Uebereinstimmung wie bei jenen, auch bei diesen mit der Erfahrung sich herausstellte.

Da die *Wärmefarbe*, welche in einer aus dem ganzen System austretenden Strahlengruppe vorherrscht, davon abhängt, *den Wellen welcher Länge* innerhalb derselben, durch die betreffende Krystalldicke vermöge der ungleichen Geschwindigkeit der in ihr doppelt gebrochenen Strahlen, ein derartiger Gangunterschied ertheilt wird, dafs bei gewissen Schwingungsebenen der ein- und austretenden Strahlen eine Unterstützung, bei 90° Drehung der einen eine Aufhebung jener bestimmten Wellen stattfindet, ferner die *Farbennüance* durch den *Grad* bedingt wird, in welchem diese beiden, in ihrem Gange verschiedenen, sonst aber gleichartigen Wellen sich begünstigen oder beeinträchtigen, so werden diese Verhältnisse durch die *graphische Darstellung der zusammen treffenden Wellencomponenten* (welche, den allgemeinen a und b entsprechend, mit a_1 und b_1 bezeichnet werden sollen) sich am besten veranschaulichen lassen. Eine solche habe ich daher in eine Uebersicht mit aufgenommen, welche (durch Reduction der mitgetheilten, an verschiedenen Tagen erhaltenen Werthe auf einander) die hier in Betracht kommenden Fälle unter sich vergleichbar zusammenstellt und so in der einzig möglichen Weise, d. h. in Form der verschiedenen Durchstrahlungsverhältnisse, ein Bild der dabei auftretenden *Interferenzfarben der Wärme* liefert. — Zur Erleichterung des Ueberblicks und zur Ermöglichung eines Vergleichs mit den sichtbaren Farben ist bei jeder Gruppe der *optische Eindruck* bemerkt. — Die Vervollständigung liefs auch die jedesmalige Angabe der *Intensität* als wünschenswerth erscheinen.

1) Drehung des Nicol'schen Prismas.

Diatthermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,025 Dicke, dessen Axenebene unter 45° gestellt ist, zwischen den Nicols, deren Hauptschnitte unter							
	0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.	112°,5.	135°.	157°,5.
(optisch.)	orange.	zwischen orange und farblos.	farblos.	zwischen farblos und lavendelgrau.	lavendelgrau.	zwischen lavendelgrau und farblos.	farblos.	zwischen farblos und orange.
rothes Glas.	100 : 47,5	39,5	32,0	25,0	17,5	25,0	32,0	39,5
gelbes Glas.	100 : 61,0	53,0	45,5	38,0	30,0	38,0	45,5	53,0
blaues Glas.	100 : 22,5	23,5	24,5	25,5	26,5	25,5	24,5	23,5
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,08.								
(optisch.)	gelbgrün.	zwischen gelbgrün und farblos.	farblos.	zwischen farblos und violett.	violett.	zwischen violett und farblos.	farblos.	zwischen farblos und gelbgrün.
rothes Glas.	100 : 16,0	24,5	33,0	41,5	50,0	41,5	33,0	24,5
gelbes Glas.	100 : 27,5	37,0	46,5	56,0	65,5	56,0	46,5	37,0
blaues Glas.	100 : 18,0	21,5	24,5	27,5	31,0	27,5	24,5	21,5
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,12.								
(optisch.)	gelb.	zwischen gelb und farblos.	farblos.	zwischen farblos und blau.	blau.	zwischen blau und farblos.	farblos.	zwischen farblos und gelb.
rothes Glas.	100 : 22,0	29,5	36,5	43,5	51,0	43,5	36,5	29,5
gelbes Glas.	100 : 44,0	47,0	50,0	53,0	56,0	53,0	50,0	47,0
blaues Glas.	100 : 30,0	27,0	24,5	22,0	19,0	22,0	24,5	27,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,32.								
(optisch.)	roth.	zwischen roth und farblos.	farblos.	zwischen farblos und grün.	grün.	zwischen grün und farblos.	farblos.	zwischen farblos und roth.
rothes Glas.	100 : 47,5	44,5	41,5	38,5	35,5	38,5	41,5	44,5
gelbes Glas.	100 : 63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	54,0	57,0	60,0
blaues Glas.	100 : 25,5	25,0	24,5	24,0	23,5	24,0	24,5	25,0
Wärme-Intensität.	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Wellen-Compo- nenten a_1 und b_1 .	$a_1 = b_1$ gleichgerichtet.	$a_1 : b_1 = 2,4 : 1$ gleichgerichtet.	a_1 allein, $b_1 = 0$.	$a_1 : b_1 = 2,4 : 1$ entgegengesetzt.	$b_1 = a_1$ entgegengesetzt.	$b_1 : a_1 = 2,4 : 1$ entgegengesetzt.	b_1 allein, $a_1 = 0$.	$b_1 : a_1 = 2,4 : 1$ gleichgerichtet.

2) Drehung der Glimmerplatte.

Diathermane Körper.	Verhältnis der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicol mit parallelen Hauptschnitten, bei Einstellung der Axenebene des Glimmers auf							
	0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.	112°,5.	135°.	157°,5.
(optisch.)	farblos.	farblos näher als orange.	orange.	farblos näher als orange.	farblos.	farblos näher als orange.	orange.	farblos näher als orange.
rothes Glas.	100 : 32,0	36,0	47,5	36,0	32,0	36,0	47,5	36,0
gelbes Glas.	100 : 45,5	51,0	61,0	51,0	45,5	51,0	61,0	51,0
blaues Glas.	100 : 24,5	24,0	22,5	24,0	24,5	24,0	22,5	24,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,08.								
(optisch.)	farblos.	farblos näher als gelbgrün.	gelbgrün.	farblos näher als gelbgrün.	farblos.	farblos näher als gelbgrün.	gelbgrün.	farblos näher als gelbgrün.
rothes Glas.	100 : 33,0	28,5	16,0	28,5	33,0	28,5	16,0	28,5
gelbes Glas.	100 : 46,5	41,5	27,5	41,5	46,5	41,5	27,5	41,5
blaues Glas.	100 : 24,5	23,0	18,0	23,0	24,5	23,0	18,0	23,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,12.								
(optisch.)	farblos.	farblos näher als gelb.	gelb.	farblos näher als gelb.	farblos.	farblos näher als gelb.	gelb.	farblos näher als gelb.
rothes Glas.	100 : 36,5	33,0	22,0	33,0	36,5	33,0	22,0	33,0
gelbes Glas.	100 : 50,0	49,0	44,0	49,0	50,0	49,0	44,0	49,0
blaues Glas.	100 : 24,5	25,5	30,0	25,5	24,5	25,5	30,0	25,5
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,32.								
(optisch.)	farblos.	farblos näher als roth.	roth.	farblos näher als roth.	farblos.	farblos näher als roth.	roth.	farblos näher als roth.
rothes Glas.	100 : 41,5	43,0	47,5	43,0	41,5	43,0	47,5	43,0
gelbes Glas.	100 : 57,0	58,5	63,0	58,5	57,0	58,5	63,0	58,5
blaues Glas.	100 : 24,5	24,5	25,5	24,5	24,5	24,5	25,5	24,5
Wärme-Intensität.	4,8	3,6	2,4	3,6	4,8	3,6	2,4	3,6
Wellen-Componenten a_1 und b_1 .	a_1 allein, $\phi_1 = 0$.	$a_1 : b_1 = 5,8 : 1$ gleichgerichtet.	$a_1 = b_1$ gleichgerichtet.	$b_1 : a_1 = 5,8 : 1$ gleichgerichtet.	$b_1 =$ allein, $a_1 = 0$.	$b_1 : a_1 = 5,8 : 1$ gleichgerichtet.	$b_1 = a_1$ gleichgerichtet.	$a_1 : b_1 = 5,8 : 1$ gleichgerichtet.

Drehung der Glimmerplatte. (Fortsetzung.)

Diathermane Körper.	Verhältnis der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols mit gekreuzten Hauptschnitten, bei Einstellung der Axenebene des Glimmers auf							
	0°.	22° 5.	45°.	67° 5.	90°.	112° 5.	135°.	157° 5.
(optisch.)	schwarz.	lavendelgrau.	lavendelgrau.	lavendelgrau.	schwarz.	lavendelgrau.	lavendelgrau.	lavendelgrau.
rothes Glas.		100 : 17,5	17,5	17,5		17,5	17,5	17,5
gelbes Glas.	0	100 : 30,0	30,0	30,0	0	30,0	30,0	30,0
blaues Glas.		100 : 26,5	26,5	26,5		26,5	26,5	26,5
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,08.								
(optisch.)	schwarz.	violett.	violett.	violett.	schwarz.	violett.	violett.	violett.
rothes Glas.		100 : 50,0	50,0	50,0		50,0	50,0	50,0
gelbes Glas.	0	100 : 65,5	65,5	65,5	0	65,5	65,5	65,5
blaues Glas.		100 : 31,0	31,0	31,0		31,0	31,0	31,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,12.								
(optisch.)	schwarz.	blau.	blau.	blau.	schwarz.	blau.	blau.	blau.
rothes Glas.		100 : 51,0	51,0	51,0		51,0	51,0	51,0
gelbes Glas.	0	100 : 56,0	56,0	56,0	0	56,0	56,0	56,0
blaues Glas.		100 : 19,0	19,0	19,0		19,0	19,0	19,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,32.								
(optisch.)	schwarz.	grün.	grün.	grün.	schwarz.	grün.	grün.	grün.
rothes Glas.		100 : 35,5	35,5	35,5		35,5	35,5	35,5
gelbes Glas.	0	100 : 51,0	51,0	51,0	0	51,0	51,0	51,0
blaues Glas.		100 : 23,5	23,5	23,5		23,5	23,5	23,5
Wärme-Intensität.	0,0	1,2	2,4	1,2	0,0	1,2	2,4	1,2
Wellen-Componenten a_1 und b_1 .	$a_1 = 0,$ $b_1 = 0.$	$a_1 = b_1$ entgegengesetzt.	$a_1 = b_1$ entgegengesetzt.	$a_1 = b_1$ entgegengesetzt.	$b_1 = 0,$ $a_1 = 0.$	$b_1 = a_1$ entgegengesetzt.	$b_1 = a_1$ entgegengesetzt.	$b_1 = a_1$ entgegengesetzt.

Drehung der Glimmerplatte. (Fortsetzung.)

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,025 Dicke zwischen den Nicols mit, unter 45° gerichteten Hauptschnitten, bei Einstellung der Axenebene des Glimmers auf							
	0°.	22°,5.	45°.	67°,5.	90°.	112°,5.	135°.	157°,5.
(optisch.)	farblos.	farblos näher als lavendelgrau.	farblos.	orange.	farblos.	farblos näher als lavendelgrau.	farblos.	orange.
rothes Glas.	100 : 32,0	28,5	32,0	47,5	32,0	28,5	32,0	47,5
gelbes Glas.	100 : 45,5	42,0	45,5	61,0	45,5	42,0	45,5	61,0
blaues Glas.	100 : 24,5	25,0	24,5	22,5	24,5	25,0	24,5	22,5
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,08.								
(optisch.)	farblos.	farblos näher als violett.	farblos.	gelbgrün.	farblos.	farblos näher als violett.	farblos.	gelbgrün.
rothes Glas.	100 : 33,0	34,5	33,0	16,0	33,0	34,5	33,0	16,0
gelbes Glas.	100 : 46,5	51,5	46,5	27,5	46,5	51,5	46,5	27,5
blaues Glas.	100 : 24,5	26,0	24,5	18,0	24,5	26,0	24,5	18,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,12.								
(optisch.)	farblos.	farblos näher als blau.	farblos.	gelb.	farblos.	farblos näher als blau.	farblos.	gelb.
rothes Glas.	100 : 36,5	38,0	36,5	22,0	36,5	38,0	36,5	22,0
gelbes Glas.	100 : 50,0	51,5	50,0	44,0	50,0	51,5	50,0	44,0
blaues Glas.	100 : 24,5	23,5	24,5	30,0	24,5	23,5	24,5	30,0
nach Einschaltung eines Glimmerblatts von 0 ^{mm} ,32.								
(optisch.)	farblos.	farblos näher als grün.	farblos.	roth.	farblos.	farblos näher als grün.	farblos.	roth.
rothes Glas.	100 : 41,5	40,0	41,5	47,5	41,5	40,0	41,5	47,5
gelbes Glas.	100 : 57,0	55,5	57,0	63,0	57,0	55,5	57,0	63,0
blaues Glas.	100 : 24,5	24,3	24,5	25,5	24,5	24,3	24,5	25,5
Wärme-Intensität.	2,4	3,6	2,4	1,2	2,4	3,6	2,4	1,2
Wellen-Componenten a_1 und b_1 .	a_1 allein, $b_1 = 0$.	$a_1 : b_1 = 5,8 : 1$ entgegenesetzt.	a_1 allein, $b_1 = 0$.	$a_1 = b_1$ gleichgerichtet.	b_1 allein, $a_1 = 0$.	$b_1 : a_1 = 5,8 : 1$ entgegenesetzt.	b_1 allein, $a_1 = 0$.	$b_1 = a_1$ gleichgerichtet.

Ein Blick auf die hier construirten Excursionen giebt nun, wie er die *Intensität* der allgemeinen, auf einander nicht einwirkenden Schwingungen erläutert, auch Aufschluss über die *Wärmefarbe*, welche die Folge der Interferenz besonderer Wellen ist.

Erinnert man sich, wie von dem ersten Nicol, dessen Hauptschnitt N_1 sey, die Bewegung eines Aethertheilchens in der Richtung und in dem Werthe des verticalen r , z. B. eben von der Peripherie des gezeichneten Kreises nach dessen Mitte hin gerichtet, wie diese Bewegung durch den Glimmer in zwei auf einander rechtwinklige: parallel dessen Axenebene A und senkrecht darauf zerlegt wird und wie dann die Projectionen dieser Projectionen auf den Hauptschnitt (Schwingungsebene) des zweiten Nicols N_2 die Componenten sind, welche hier in Betracht kommen, so werden die Zeichnungen ohne weitere Erläuterung verständlich. Man erkennt darin die S. 26 besprochenen ersten Projectionen A und B so wie die zweiten a und b wieder, für welche hier a_1 und b_1 eingeführt sind, um damit die Aetherexcursionen innerhalb der *besonderen Wellenlänge* zu bezeichnen, für welche die jedesmalige Glimmerdicke einen solchen Gangunterschied in den beiden doppelt gebrochenen Systemen herbeigeführt hat, daß ihr Zusammentreffen in der Schwingungsebene des zweiten Nicols sie unterstützt oder aufhebt. Nach dem Centrum hin gerichtet, werden aber die Bewegungen in dem Werthe von a_1 und b_1 dann sich unterstützen, wenn diese Componenten beide auf derselben Seite; sich entgegenwirken, wenn sie auf entgegengesetzten Seiten des Centrums auftreten.

Die volle Unterstützung wird im ersten Falle, das vollständige Aufheben im letzteren erfolgen, wenn beide gleichwerthig sind; alsdann herrscht ein Mal in ihrem Maximum diejenige Wärmefarbe, deren Wellenlänge in der bezeichneten Weise bevorzugt ist, das andere Mal die ihr complementare. Ohne Interferenzfarbe erscheinen die Wärmestrahlen, wenn überhaupt nur eines jener Wellensysteme bei der Reduction auf die letzte Schwingungsebene übrig bleibt.

Dazwischen aber stellen sich die Fälle theilweiser Unterstützung oder theilweiser Aufhebung, welche, je nach dem Verhältniß der betreffenden Componenten zu einander, eine bestimmte Farbennüance bedingen.

Auf diese Weise erhellt z. B., weshalb die Drehung des Glimmerblatts bei parallelen Nicols einen mannigfachen, von Intensitätsunterschieden begleiteten Wechsel innerhalb der herrschenden Wärmefarbe herbeiführt, während sie bei gekreuzten Nicols keinen Einfluß auf die erscheinende complementäre Wärmefarbe hat, welche nur an den Intensitäts-Änderungen Theil nimmt. Dort ändern die sich unterstützenden Wärmewellen ihr Verhältniß zu einander, hier sind die sich aufhebenden unter sich jedesmal gleich.

Ferner übersieht man, wie die, bei einer Einstellung der Axenebene des Glimmers auf $22^{\circ},5$ für parallele Nicols in dem Verhältniß von nur $\frac{1}{5,8}$ sich unterstützenden, für unter 45° gerichtete Nicols in demselben Verhältniß sich aufhebenden Excursionen eine geringere Abweichung von der Farblosigkeit bedingen müssen, als die bis zu $\frac{1}{2,4}$ sich erhebende Unterstützung, resp. Aufhebung, wie sie bei Einstellung des Glimmers auf 45° für die Winkel $22^{\circ},5$, resp. $67^{\circ},5$ der Nicoldrehung auftreten.

Die letzteren, die erheblichsten Beobachtungen zusammenfassenden Tabellen bestätigen und erläutern auch am übersichtlichsten folgende Haupt-Ergebnisse der Untersuchung:

1. Die strahlende Wärme zeigt in Folge des Zusammentreffens zweier Strahlengruppen unter gewissen Bedingungen ein Verhalten, welches sie in ihren Eigenschaften (z. B. ihrer Fähigkeit, diathermane Körper zu durchdringen) vor und nach dem Zusammentreffen unterscheidet: sie läßt eine Interferenz-Farbe hervortreten.

2. Wird diese an doppelt brechenden, zwischen polarisirende Vorrichtungen, z. B. zwei Nicol'sche Prismen, eingeschalteten Krystallen erzeugt, so geht sie, bei feststehender Krystallplatte, mittelst Drehung des einen Nicols, durch die Farblosigkeit hindurch, in die ihr complementäre über.

3. Das Maximum dieser Unterschiede erfolgt, wenn unter Einstellung der Krystallplatte auf den günstigsten Fall, d. i. beim Glimmer auf einen Winkel von $45''$ zwischen der ursprünglichen Polarisationssebene und der Ebene der optischen Axen des Glimmers, die polarisirenden Vorrichtungen ein Mal parallel, das andere Mal unter $90'$ gekreuzt sind. Der Uebergang durch die Farblosigkeit tritt bei einer Drehung von $45''$ der letzteren gegen einander ein. Diejenige Farbennüance, welche bei weiterem Halbiren des Winkelabstandes, d. h. bei $22'',5$ für die eine, bei $67'',5$ für die ihr complementäre Wärmefarbe auftritt, steht fast in der Mitte zwischen der vollen Färbung und der Farblosigkeit, um ein Geringes der letzteren näher. Bei fortgesetzter Drehung der einen polarisirenden Vorrichtung von $90''$ auf $180''$ geht entsprechend die complementäre Farbe durch die Farblosigkeit, bei $135''$, hindurch wieder in die ursprüngliche über.

4. Bei Drehung der Krystallplatte in ihrer Ebene tritt für parallele Hauptschnitte der Nicol'schen Prismen nur die eine, für rechtwinklig gekreuzte nur die complementäre, für unter 45° gestellte Hauptschnitte treten beide Wärmefarben auf.

a) im ersten Falle erscheint die volle Farbe bei Einstellung der Axenebene auf 45° und 135° gegen die Hauptschnitte der Nicols, die Farblosigkeit bei $0''$ (d. h. beim Zusammenfallen der drei bezeichneten Ebenen), bei $90'$, $180''$. Die bei den Zwischenwinkeln $22'',5$, $67'',5$, $112'',5$, $157'',5$ gleichartig eintretende Farbennüance steht der Farblosigkeit viel näher als die vorbesprochene Uebergangsfarbe bei Drehung der polarisirenden Vorrichtung.

b) im zweiten Falle ändert die complementäre Farbe ihren vollen Sättigungsgrad nicht. Sie wird nur durch das Verschwinden der Strahlen selbst unterbrochen, welches bei Einstellung der Axenebene des Krystalls auf 0° , 90° , 180° erfolgt.

c) im dritten Falle tritt die unter a) bezeichnete Wärmefarbe in ihrem Maximum und zwar bei Stellung jener Axenebene auf $67'',5$ und $157'',5$ hervor. Die complemen-

tare bei $22^{\circ},5$ und $112^{\circ},5$ zeigt sich nur in einer Farben-
nnce, welche der Farblosigkeit ebenso nahe steht wie die
unter a) angedeutete, bei $22^{\circ},5$, $67^{\circ},5$, $112^{\circ},5$, $157^{\circ},5$ beob-
achtete Nnce jener ersten Farbe. Die Farblosigkeit fllt
auf die Krystallstellungen: 0° , 45° , 90° , 135° , 180° .

5. Die Interferenzfarbe der Wrme ist auch dann fest-
stellbar, wenn die Substanz des doppelt brechenden Kry-
stalls, wie beim Glmmer, nebenbei eine eigene, mit der
Dicke zunehmende Absorptionsfarbe an den Wrnestrahlen
hervortreten lsst. In ihr ist der Thermochrose ein ganz
neues Gebiet aufgeschlossen.

6. Die Wrme- und Licht-Erscheinungen folgen dabei
denselben allgemeinen Gesetzen. Jene machen unter diesen
auf bisher weniger beachtete oder experimentell nicht mit
gleicher Sicherheit bestimmbare Thatsachen aufmerksam. Im
Besonderen entspricht das hier ermittelte Verhalten der ge-
samten, aus unsichtbaren und sichtbaren Strahlen bestehen-
den Wrme dem des sichtbaren Theiles nicht.

7. Ihrer Intensitt nach ist die Wrme, welche durch
zwei Nicol'sche Prismen hindurchgeht, deren Hauptschnitte
den Winkel φ mit einander bilden, $\cos^2 \varphi$ proportional.
Danach ist sie z. B. bei einem Winkel von 45° halb so
gro als bei parallelen Hauptschnitten.

8. Nach Einschaltung einer doppelt brechenden Platte
zwischen die beiden Nicols ist die Intensitt:

$$J = i [\cos^2 \alpha \cos^2 (\varphi - \alpha) + \sin^2 \alpha \sin^2 (\varphi - \alpha)],$$

wenn i die, beim Parallelismus der Hauptschnitte der Nicols
und der Axenebene des Krystalls hindurchgehende Wrme,

α der Winkel zwischen dieser Axenebene und dem
Hauptschnitt des polarisirenden Nicols,

φ derjenige zwischen den Hauptschnitten der beiden
Nicol'schen Prismen.

Unter den mannigfachen, hier sich vollziehenden Wech-
seln wren als charakteristische Anhaltepunkte hervorzuhe-
ben, wie

1) bei feststehender Krystallplatte und gedrehtem ana-
lysirendem Nicol die Intensitt erheblich wechseln knne,

z. B. wieder proportional $\cos^2 \varphi$, wenn die Axenebene mit dem Hauptschnitt des polarisirenden Nicols zusammenfällt ($\alpha = 0$), oder bei jener Drehung völlig constant bleiben, wenn die Axenebene unter 45° , 135° gegen den Hauptschnitt des polarisirenden Nicols geneigt ist.

2) bei feststehenden Nicols und gedrehter Krystallplatte

a) bei parallelen Hauptschnitten die Stellung der Axenebene auf 0° , 90° , 180° die Intensität i , die Stellung auf $22^\circ,5$, $67^\circ,5$, $112^\circ,5$, $157^\circ,5$ $\frac{3}{4} i$, die auf 45° und 135° $\frac{i}{2}$ herbeiführt;

b) bei rechtwinklig gekreuzten Hauptschnitten jene erste Einstellung des Krystalls auf 0° , 90° , 180° keine Wärme, die auf $22^\circ,5$, $67^\circ,5$, $112^\circ,5$, $157^\circ,5$ $\frac{1}{4} i$, die letztere auf 45° und 135° wieder $\frac{i}{2}$ hindurchläßt;

c) bei unter 45° gerichteten Hauptschnitten für die Stellung der Axenebene auf 0° , 45° , 90° , 135° , 180° die Intensität $\frac{i}{2}$, bei $22^\circ,5$, $112^\circ,5$ $\frac{3}{4} i$, bei $67^\circ,5$ und $157^\circ,5$ $\frac{1}{4} i$ auftritt.

9. Alle diese, bis ins Einzelne ermittelten Erscheinungen der Farben und Intensitäten interferirender Wärmestrahlen bestätigen die Annahme transversaler Wellen von verschiedener Länge, durch welche sie vollständig erklärt werden, auch auf diesem Gebiete.

II. *Optische Studien nach der Methode der Schlierenbeobachtung; von A. Töpler.*

Die »Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode«, welche 1864 mit noch zum Theil unvollkommenen Hülfsmitteln von mir ausgeführt und darauf veröffentlicht wurden, versprochen in einzelnen Capiteln der Experimental-Physik eine lohnende Ausbeute. Diese Vermuthung bestätigte sich,