folgte Verfahren nur äußerst geringe Fehler mit sich führen kann.

(Schluss im nächsten Heft.)

III. *Untersuchungen über die strahlende Wärme; von Hrn. Melloni.*

(Ein Schreiben desselben an Hrn. Arago. *Compt. rend. T. X*
p. 826.)

Ich fahre fort, mich mit der Diffusion zu beschäftigen, welche die strahlende Wärme an der Oberfläche matter diathermaner Körper erleidet. Es ist eine Gruppe sehr interessanter Thatsachen, wo mir scheint die erste Anzeige jenes geheimnißvollen Bandes durchzublicken, welches die Erscheinungen der Erwärmung, der Wärmecapacität und der Wärmeleitung mit der unmittelbaren Transmission, der Reflexion, kurz allen Phänomenen der Wärme im strahlenden Zustande, umschlingt. Um sogleich auf die Anwendungen zu kommen, erinnere ich an die Versuche, aus welchen wir, Hr. Biot und ich, die Folgerung gezogen, daß die verschiedenen Wärmestrahlen an *polirten* Oberflächen diathermaner Substanzen eine gleiche Reflexion erleiden. Nun beweisen die in meinem letzten Briefe angeführten Thatsachen, daß die Wärmediffusion dieser selben Mittel, in unpolirtem Zustande, sehr verschieden ist, je nachdem man diese oder jene Wärmeart anwendet, und daß diese Diffusionsunterschiede einigermaßen compensirt werden durch umgekehrte Unterschiede in der Transmission und Absorption. Darf man nicht daraus schließen, daß das Phänomen der Diffusion keineswegs, wie noch mehr Physiker glauben, von einer Reflexion herrührt, die an den verschieden geneigten spiegelnden Elementen einer matten Oberflä-

che nach allen Seiten hin geschieht; und ist nicht diese neue Betrachtung ein Grund mehr zu Gunsten der von Ihnen schon seit einiger Zeit angenommenen Meinung über die Ursache, welche die Gegenstände durch die Wirkung des Lichtes wahrnehmbar macht, einer Meinung, die Sie durch so sinnreiche Versuche über die Polarisation der von erleuchteten Körpern ausgesandten Strahlen unterstützt haben.

Schreiten wir zu einer anderen Aufgabe, die Ihre und der Academie Aufmerksamkeit mehrmals beschäftigt hat. Die zahlreichen Messungen, die ich bei meiner Arbeit über die Wärmepolarisation nehmen mußte, haben mich innig überzeugt, daß alle Wärmestrahlen, die ein System von Blättern unter gegebener Neigung durchdringen, in nahe gleichen Verhältnissen polarisirt werden. Als Hr. Forbes angab, jeder Wärmestrahle habe einen besonderen Polarisationsindex, so daß der Unterschied von einem Index zum andern auf das Mehrfache seines Werthes steigen könne, glaubte ich ganz natürlich, daß sich in die Einrichtung seiner Polarisations Apparate ein Fehler eingeschlichen habe; auch wies ich ihm zwei störende Ursachen nach, welche die Gleichheit der Indices aufzuheben trachten, nämlich die Ungleichheit in der Schiefe der Strahlen gegen die Blätter und die Verschiedenheit in der Erwärmung der Säulen, die mehr oder weniger absorbirbaren Wärmearten ausgesetzt waren. Hr. Forbes wiederholte seine Versuche mit Vermeidung dieser Fehlerquellen, und gelangte dadurch zu Resultaten, etwas verschieden von den ersten; allein immer fand er in den von seinen Säulen unter gleichem Einfall polarisirten Wärmemengen große Abweichungen.

„Der einzige wichtige Punkt, sagt er, in welchem ich von Hrn. Melloni noch abweiche, betrifft die ungleiche Polarisirbarkeit der aus verschiedenen Quellen herstammenden Wärme. Er fand in dieser Hinsicht keine Verschiedenheit, ich dagegen, daß die Wärme aus ei-

ner Quelle von niedriger Temperatur weniger polarisirt wird als die von Licht begleitete: dieser Satz ist richtig, ich behaupte es ¹).«

Man sieht, die Frage ist deutlich hingestellt, nur bedaure ich, daß sie auf eine so schroffe Weise beantwortet ist. Hr. Forbes bleibt dabei nicht stehen. Nachdem er sich seiner Ansicht gemäß entscheidend ausgesprochen, will er *beweisen* ²), daß die Ursache unserer Nichtübereinstimmung von einer ungleichen Dicke der angewandten Säulen herrühre. Meine waren nämlich gebildet aus dünnen, von Einem Stück Glimmer abgelösten Blättchen, die, ohne sich berühren zu können, mittelst Etwas an ihrem Rande befestigten Wachses sorgfältig über einander gelegt waren; seine dagegen waren aus einer einzigen schon sehr dünnen Platte Glimmer gefertigt, indem diese schnell in eine hohe Temperatur gebracht wurde, wo sie sich dann in eine unbestimmte Anzahl mehr oder weniger dicker, mehr oder weniger von einander abgelöster, mehr oder weniger glänzender oder polirter Blättchen zertheilte. Ich bekenne frei, daß die *Beweise* des Hrn. Forbes mir nicht ganz entscheidend schienen; denn ich konnte nicht mit ihm annehmen, daß die Wärme aus verschiedenen Quellen beim Durchgehen durch meine Polarisations-Apparate einen gleichförmigen Charakter annehme. In der That sind die Strahlen, die von meinen Säulen aus 15 bis 20 Plättchen austreten, *so weit von der Gleichförmigkeit entfernt*, daß einige eine dicke Glasplatte ohne Schwächung durchdringen, beim Durchgange durch polarisirende Platten gewisser Turmaline eine totale Absorption des ordentlichen Bündels erleiden, und von schwarzen Flächen zwei bis drei Mal stärker absorbiert werden als von weißen Flächen, — während andere Strahlen, von denselben Säulen durchgelassen, durch

1) *Compt. rend.* 1838, I, p. 705. Ann. Bd. XXXV S. 64.

2) *Ibid.* p. 706.

ein halbes Millimeter Glas, Wasser oder Alaun vollständig aufgefangen werden und eine gleichmäßige Absorption erleiden, sowohl in Bezug auf die beiden Bündel, das ordentliche und außerordentliche, worin sie durch die doppelbrechende Wirkung von Turmalinplatten zerfallen, als auch in ihrer Gesamtheit, vermöge der auffangenden Kraft, die sich an der Oberfläche schwarzer und weißer Körper entwickelt. Hr. Forbes behauptet, meine Säulen *seyen bis vielleicht zwanzig* Mal dicker als die seinigen; was mich betrifft, so kann ich das sehr veränderliche Dickenverhältniß unserer Polarisationsapparate nicht genau angeben; allein ich muß doch bemerken, daß ich oft Pakete von drei Blättchen angewandt habe, die eine *unangebbare* Dicke hatten, fast so dünn wie die farbigen Blättchen waren. Es scheint mir wenig wahrscheinlich, daß Hrn. Forbes Säulen aus complexen Blättchen dünner gewesen seyn sollten.

Anlangend die Versuche, aus denen die Unveränderlichkeit des Index hervorgeht, so könnten sie in meinen Augen genauer und entscheidender seyn. Nachdem ich von dem Wärmeeffect, den man erhält, wenn man eine Quelle von niederer Temperatur durch zwei Säulen mit parallel gestellten Refractionsebenen durchstrahlen läßt, das Maximum beobachtet habe, nehme ich eine Lampe oder glühendes Platin, und schalte ich in die Bahn der immer mit ihren Refractionsebenen parallel gestellten Säulen eine oder mehrere Glasplatten ein, um die ausführende Fluth eben so schwach zu machen als die der Quelle von niederer Temperatur, und zugleich von derjenigen Wärme, die immer der leuchtenden Strahlung irdischen Ursprungs in starken Verhältnissen beigemischt ist, den größten Theil aufzufangen. Hierauf gebe ich den Refractionsebenen die normale Richtung, und finde für die eine und die andere Quelle denselben Rückgang des thermoskopischen Zeigers, d. h. dieselbe Verringerung in der Wärmemenge, die von dem System der gekreuzten Säulen durchgelassen wird. Dieser Versuch ge-

lingt mit den zartesten Säulen, bei Anwendung jeder Art von Quellen und bei Einschaltung jeder diathermanen Substanz.

Die von Hrn. Forbes aus der Dicke der Säulen und der Gleichförmigkeit der ausfahrenden Fluth abgeleiteten Einwürfe ändern also keineswegs meine Ueberzeugung von der Gleichheit der Polarisation der Wärmestrahlen. Allein ich glaube, daß es keiner unmittelbaren Antwort darauf bedarf, weil meine Schlüsse und die ihnen zum Grunde liegenden Versuche in den *Comptes rendus* der Academie und den *Annales de chimie et de Physique* ¹⁾ bekannt gemacht sind, und weil ich, obwohl vollkommen von dem Daseyn einer Fehlerquelle in dem Verfahren des Hrn. Forbes überzeugt, doch zur Zeit der Veröffentlichung seiner letzten Abhandlung, nichts Genaueres in dieser Hinsicht anzugeben wußte. Ich müßte mich sehr irren oder die neu entdeckten Erscheinungen über die Wärmediffusion werden uns jetzt klärlieh zeigen, woraus die von dem gelehrten Edinburger Professor beobachteten Abweichungen eigentlich hervorgehen.

Um seine Polarisationsssäulen zu construiren, legt Hr. Forbes ein Glimmerblatt auf glühende Kohlen. Die unregelmäßigen Blättchen, welche sich durch Wirkung des Feuers erzeugen, sind dann nicht in allen ihren Theilen glatt und spiegelnd wie die mechanisch abgelösten Blättchen, sondern an einigen Punkten schiefzig, schuppig, gestreift, d. h. befinden sich an einigen Stellen unter den günstigsten Umständen zur Diffusion. Nun wissen wir, daß nicht alle Wärmearten diese Abänderung in gleicher Stärke erleiden, daß matte Flächen gewisse Wärmefluthen zerstreuen, während sie andere unter Aufrechthaltung der ursprünglichen Richtung der Elementarfäden durchlassen. Wir wissen ferner, daß die Erscheinung der Polarisation durch Refraction, die man am

1) S. Annal. Bd. XXXIII S. 18 und 257.

Glase und analogen Substanzen beobachtet, vermöge der brechenden Kräfte, vereint mit den Kräften der regelmäßigen Reflexion, geschieht. Die Strahlen, welche die schiefrigen Stellen, wo keine spiegelnde Reflexion geschieht, durchdringen, können also nur wenig oder gar nicht polarisirt seyn; sie gehen also in gleichem Verhältniß durch Säulen mit parallelen oder winkelrechten Polarisations Ebenen. Diese durchgelassene constante Wärmemenge wird der veränderlichen Menge, die von den, durch die polarisirenden Stellen der Oberfläche gegangenen Strahlen herrühren, hinzutreten und so einen *scheinbaren Polarisationsindex* geben, der geringer ist als im Fall, wo alle Wärme, welche auf die strahlenden Theile der Oberfläche fällt, zerstreut und für das in gewisser Entfernung stehende Thermoskop unmerklich wird, letzteres von den Säulen also nur die polarisirte Wärme empfängt, die von den polirten Portionen durchgelassen werden. Gerade die Quellen von niederer Temperatur sind es, welche die ohne Diffusion durch unpolirte Oberflächen gehenden Strahlen in größtem Verhältniß liefern, und dies hat zur Folge, daß die Wärmefluthen aus diesen Quellen *weniger polarisirt* erscheinen als die von glühenden Körpern herstammenden.

Um meine Theorie auf die Probe zu stellen nahm ich zehn Glimmerblättchen von doppelter GröÙe als die, welche ich gewöhnlich zu meinen Polarisationsversuchen anwende. Ich durchschnitt sie in der Mitte, und hatte sonach zwei gleiche Reihen von zehn Elementen. Alle Blättchen der einen Reihe wurden auf beiden Seiten mit der Spitze eines Federmessers geritzt, darauf in zwei Pakete getheilt und so auf einander gelegt, daß sie ein Paar Säulen, jede von fünf Elementen, bildeten. Auf gleiche Weise wurden die zehn Blättchen mit glatter Oberfläche zu zwei Säulen von fünf Elementen vereint. Hierauf nun lieÙ ich folgeweise die Strahlung des auf 400° C. erhitzen Metalls, die directe Strahlung der Locatel-

lischen Lampe und die Strahlung derselben Lampe, nach Vorsetzung einer Glaslinse, durch meine beiden Systeme gehen, wobei ich jedesmal ihre Refractionsebenen, anfangs parallel, dann gegen einander senkrecht stellte, und fortwährend unter einer Neigung von 33° gegen die einfallenden Strahlen erhielt. Die folgende Tafel enthält das Resultat dieser Versuche, und zwar in den beiden ersten Spalten die Mittel aus zehn Beobachtungen, deren größte Abweichung nicht ein Drittelgrad betrug.

S t r a h l e n	Glimmer- säulen	Durchlaß		Wärmenge, verschwunden bei Rechtwinklichkeit dieser Ebenen ¹⁾ .
		parallel.	win- kel- recht.	
des Metalls von 400°	geritzt	9°,15	5°,76	37
dito	polirt	9°,20	4°,59	50
der Lampe	geritzt	9°,12	4°,95	46
dito	polirt	9°,10	4°,55	50
der Lampe, durch d. Glaslinse	geritzt	9°,06	4°,62	49
dito	polirt	9°,19 ²⁾	4°,58	50

Die Säulen mithin, deren Oberflächen ihre spiegelnde Beschaffenheit zum Theil verloren hatten, gaben

- 1) Gegen 100 Strahlen, die im Fall des Parallelismus der Brechungsebenen durchgelassen wurden.
- 2) Um die fast absolute Gleichheit der in dieser Spalte enthaltenen Zahlen zu erlangen, wurde folgendermaßen verfahren. Nachdem man die mit geritzten Säulen und der wenigst intensiven (welche die letzte ist) ausfahrenden Fluth zu erhaltende Wirkung auf ihr Maximum gebracht, dadurch, daß man sie mittelst eines Collectors oder einer Steinsalzlinsse möglichst auf den thermoskopischen Körper concentrirt hatte, ersetzte man die geritzten Säulen durch polirte, und veränderte den Abstand des Collectors, bis man die nämliche Ablenkung erhielt. Diese Operation wurde wiederholt bei den geritzten Säulen selbst, wenn man mit der Wärmequelle wechselte, und dann wiederum diese Säulen gegen die polirten vertauschte.

wirklich bei den Wärmequellen von niederer Temperatur eine geringere *scheinbare Polarisation* als die Quellen von höherer Temperatur. Dagegen ist bei den Strahlen, welche, wie die durch Glas gegangenen der Lampe, eines hohen Grades von Diffusion fähig sind, der Polarisations-Index fast gleich bei den Säulen mit geritzter und mit glänzender Oberfläche. Diese beiden Thatsachen scheinen mir hinreichend, um die angeführte Theorie in den Rang der wohl durch Erfahrung festgesetzten Wahrheiten zu stellen.

Die an unpolirten Oberflächen stattfindenden Phänomene der Dispersion, der Transmission und Absorption, Phänomene, die je nach der Quantität der Wärmestrahlen mehr oder weniger deutlich hervortreten, erfordern also ganz nothwendig, daß die zur Messung des Polarisationsindex bestimmten Apparate aus glatten, glänzenden, von Ritzen und Furchen freien, kurz an ihrer ganzen Oberfläche regelmässig reflectirenden Blättchen construirt seyen. Alsdann sind die Messungen unabhängig von der Natur der Strahlen, wie man es in der That aus den drei in der Tafel angeführten Fällen ersicht.

Aus allem Vorstehenden geht hervor, daß die von Hrn. Forbes beobachteten Unterschiede nicht von einer Variation in dem Verhältniß der polarisirten Wärme abhängen, sondern von der *besonderen Structur seiner Säulen*, und daß die verschiedenen Arten von strahlender Wärme, gleich den verschiedenen Arten des farbigen Lichts, *gleich polarisierbar sind und mit fast gleicher Intensität polarisirt werden, sobald man sie der Wirkung gleicher Polarisations-Apparate aussetzt.*