- 3) auf die Eigenschaften des von krystallisirten, mit metallischer Undurchsichtigkeit begabten Körpern reflectirten Lichts.

II. Ich habe gewisse besondere bisher vernachlässigte Fälle der Reflexion an Krystallen betrachtet und die vollkommene Uebereinstimmung der Formeln des Hrn. Neumann mit der Erfahrung nachgewiesen.

III. Endlich habe ich bewiesen, daß alle Erscheinungen bei Reflexion an der Oberfläche von Körpern mit metallischer Undurchsichtigkeit genau analog sind (*sont exactement calqués*) den Erscheinungen der Reflexion an der Oberfläche krystallisirter, durchsichtiger Körper, und daß diese Erscheinungen einen offenbaren Beweis von der Doppelbrechung in wesentlich undurchsichtigen Krystallen sind.

II. Ueber das Phänomen des weißen Regenbogens; von Hrn. A. Bravais.

(*Ann. de chim. et de phys.*, Ser. III., T. XXI., p. 348. — Eine Notiz dieser Abhandl. findet sich schon in diesen Ann. Bd. 68, S. 35.)

Der weiße Regenbogen ist ein weißlicher Kreisbogen, der sich zuweilen, der Sonne gegenüber, in dickem Nebel zeigt, und dessen Radius von 33° bis 42° schwankt. Wenn die Dimensionen dieses Bogens diese letztere Gränze erreichen, ist man berechtigt, ihn für einen gewöhnlichen, nur schwachen Regenbogen zu halten; denn man weiß, daß dieser letztere Bogen ein kleiner Kreis von 42° Radius ist, und man kann, bis zu einem gewissen Punkt, die Abwesenheit der Farben der Schwäche des Lichtes zuschreiben. Allein wenn die Größe unseres

weißen Bogens mehre Grade unterhalb der Gränze bleibt, welche die Theorie von Descartes angiebt, so wird jene Erklärung offenbar unzulänglich und wir müssen die Ursache dieser sonderbaren Entartung aufsuchen.

Die älteste Erwähnung dieses Phänomens, meines Wissens, findet sich in den *Ephemerid Medico-Physicarum Germanicar. Acad. Naturae Curiosorum*, für d. J. 1684. Mentzelius berichtet daselbst, dafs er es zu dreien Malen 1676, Sept. 12, 1680, Sept. 22, und 1684, Sept. 27, immer kurz nach Sonnenaufgang und auf feuchten, den Boden bedeckenden Nebeln gesehen habe, *in vapores roscidos, nebulasque densas et crassas in nubes pluviales nondum concretas, desuper in terram detrusas*. Zahn sah es im Sept. 1687 sich bilden, bei Sonnenaufgang, auf feuchten Nebeln. Dechaies erblickte es, zu Arles, auf wenig dichten Dünsten; es war nach aufsen von einem röthlichen Saum eingefafst. Mariotte sah es drei Mal auf Nebeln entstehen; bei der einen, wie die vorhergehenden, im September gemachten Beobachtung war der Nebel etwa 80 Meter entfernt; die äufsere Seite des Bogens war dunkler als das Innere, und seine scheinbare Breite etwa $1^{\circ} 30'$.

Bouguer beobachtete den weißen Regenbogen auf dem Gipfel des Pichincha und fand seinen Winkeldurchmesser gleich 67° . Zugleich sah Bouguer den Schatten seines Kopfs umgeben von irisirenden Ringen, an Farben analog den Mondhöfen. Diese unter dem Namen *Heiligenschein* (*Gloires, ombres frangés*) bekannten Ringe begleiten häufig den weißen Regenbogen; aber das Umgekehrte ist keineswegs wahr; der weisse Regenbogen ist viel seltener als der *Heiligenschein*.

Scoresby scheint auf seinen langen Reisen im Norden das in Rede stehende Phänomen nur drei Mal beobachtet zu haben. Am 1. Juni 1817 sah er auf einer sehr niedrigen Wolke einen dem Regenbogen analogen Bogen, welcher Farben zeigte, aber viel blässere und ver-

waschenere. Nach den Elementen der Beobachtung finde ich $41^{\circ} 45'$ für den Radius dieses Bogens; es war also ein gewöhnlicher Regenbogen. Ein andermal, im Jahre 1820, erblickte er einen ähnlichen Bogen, welcher eine auf dem Nebel gebildete Glorie umgab. Der Bogen zeigte die Farben des Spectrums, aber sehr schwach; ein zweiter Bogen, gleichfalls sehr schwach, aber von beträchtlicherem Durchmesser, umgab ihn; es war vermuthlich der zweite Regenbogen. Endlich am 23. Juli 1821 sah derselbe Seefahrer wiederum unsern Bogen, vollkommen grau, aber eine sehr lebhafte Glorie umgebend. Der Radius des mittleren Theils dieses Bogens betrug $38^{\circ} 50'$ und er war mehr als 4° breit.

Hr. Stokes beobachtete eine ähnliche Erscheinung im Juli 1825 auf den Bergen in der Nähe von Dublin; sie zeigte sich auf einem dichten Nebel, von welchem der Beobachter umgeben war. Hr. Stokes giebt diesem Bogen einen Radius von 40° und eine Breite von 5° . Auf die Sonnenscheibe projicirt gesehen, bildet der Nebel um dies Gestirn eine helle Aureole. Hinter dem Bogen nahm man Gegenstände auf der Erde in 20 Meter Entfernung wahr. Gegen Ende des Schauspiels nahm der Bogen auf Seite der Sonne eine bläuliche Tinte an.

Hr. Forbes, welcher ihn auf dem Jura gesehen, giebt Messungen, aus welchen ein Winkel von $38^{\circ} 45'$ für den Radius dieses Bogens hervorgeht.

Hr. Elie de Beaumont hat ihn zwei Mal gesehen, am 4. Oct. 1837 in Böhmen und am 1. Aug. 1838 bei *Vézélise* (Meurthe). Diese beiden Beobachtungen geben $37^{\circ} 30'$ und $36^{\circ} 55'$ für den Radius des Bogens.

Am 24. Juli 1838 sah ich den weissen Bogen in der Bucht Bell-Sound (Spitzbergen), sein Radius hielt 35° . Die Nebelschicht, auf welcher der Bogen erschien, hatte nur eine Dicke von 8 bis 10 Meter. Von der Höhe des Mastes, aber nur von dort herab, sah man ihn auf allen Seiten eine lebhafte Glorie umgeben, wahrscheinlich weil

die, für den also gestellten Beobachter dickere, Nebelschicht der Glorie eine hinlängliche Lichtstärke gab. Dieselbe Bemerkung hatte Scoresby in der schon erwähnten Beobachtung vom 23. Juli 1821 gemacht.

Seitdem sah ich den weissen Bogen bei zwei verschiedenen Gelegenheiten: am 8. Sept. 1839 auf meiner Reise durch *Lappland*, ohne dafs es mir damals möglich war, ihn zu messen, und am 5. Aug. 1841 auf dem Gipfel des *Faulhorns*; dießmal gab mir das Mittel aus fünf mit dem Theodolith gemachten Messungen $39^{\circ} 5'$. Eine schwach röthliche Farbe schien den weissen Bogen auswärts zu umsäumen; diese Erscheinung war schwach, aber anhaltend. In beiden Fällen hatte die erzeugende Wolke eine geringe Entfernung von meinem Auge, nur 20 bis 30 Meter.

Hr. Kämtz, dessen Name so oft unter den Beobachtern meteorologischer Phänomene vorkommt, hat den weissen Regenbogen zwei Mal auf dem Gipfel des *Faulhorns* gesehen. Am 22. Aug. 1833 erhielt er $37^{\circ} 27'$ für dessen Radius; am 9. Sept. fand er etwa 41° . Dießmal war der innere Rand des Bogens von blauer, und der äufsere von röthlicher Farbe. Dieser Umstand, so wie die scheinbare Gröfse des Durchmessers, setzen diesen Bogen in die Kategorie der gewöhnlichen Regenbogen.

Endlich sah ich in dem Bericht von der Reise der Fregatte *La Vénus*, dafs Hr. Tesson ihn drei Mal wahrgenommen hat, gebildet in nicht sehr hohen Nebeln auf dem Meer; allein die Winkeldimensionen des Bogens sind nicht angegeben.

Schliessen wir aus vorstehender Aufzählung, dafs der weisse Bogen ein seltenes Phänomen ist, welches sich nur auf niedrigen Nebeln zeigt, kurz nach Sonnenaufgang, hauptsächlich in den Monaten September und October, und dafs seine Existenz, als ein vom gewöhnlichen Regenbogen verschiedenes Phänomen, als wohl erwiesen betrachtet werden mufs.

Kaum dafs man dieses sonderbare Meteor zu erklären versucht hat. Im Artikel *Regenbogen* des neuen *Gehler'schen Wörterbuchs* fragt Brandes, ob es nicht ein in Eiskügelchen gebildeter Regenbogen sey; allein er folgert sogleich aus dem von Brewster gegebenen Werth für den Brechindex des Eises, dafs diese Ansicht nicht haltbar sey. Ich hatte neuerlich Gelegenheit, diesen Index zu messen, dessen Bestimmung mir einige Unsicherheit darzubieten schien, und ich fand für die gelben Strahlen des Spectrums ¹⁾:

$$l = 1,3095.$$

Daraus ergibt sich leicht ²⁾, für die gelbe Zone eines in Eiskügelchen gebildeten Regenbogens, ein Radius von:

$$45^{\circ} 37',$$

also kann diese Ansicht nicht richtig seyn.

Hr. Kämtz betrachtet diesen Bogen als einen gewöhnlichen Regenbogen, gebildet in Tröpfchen; er schreibt die in der Größe des Radius beobachteten Unterschiede Beobachtungsfehlern zu. Er stützt seine Meinung auf die Beobachtung von Bouguer, auf die von Scoresby und auf seine eigenen. Allein man sieht aus der früheren Aufzählung, dafs, wenn man eine beträchtlichere Zahl von Beobachtungen vereinigt, beständig Unterschiede in demselben Sinne angetroffen werden. Diefs geht aus folgender Aufstellung einleuchtend hervor:

Radius des weissen Bogens	=	33° 30'	...	Bouguer,
- - - -	=	35 0	...	Bravais,
- - - -	=	36 55	...	Elie de Beaumont,
- - - -	=	37 27	...	Kämtz,
- - - -	=	37 30	...	Elie de Beaumont,
- - - -	=	38 45	...	Forbes,

1) Siehe den folgenden Aufsatz über den *Refractions- und Dispersionsindex des Eises*, S. 576.

2) Mittelst der Formel:

$$l^2 \sin \frac{1}{2} R = \left(\frac{4 - l^2}{3} \right)^{\frac{3}{2}},$$

welche man Hrn. Babinet verdankt.

Radius des weißen Bogens	=	38° 50'		Scoresby,
- - - -	=	39 5		Bravais,
- - - -	=	40 0?		Stokes,
- - - -	=	41 0		Kämtz,
- - - -	=	41 45		Scoresby,
- - Regenbogens	=	41 38		(gelbes Licht).

Hr. Kämtz scheint die Abwesenheit der Farben von der Schwäche der Helligkeit des Bogens abzuleiten. Gewiß ist freilich, daß die Schwäche des Lichts die Farben auszulöschen strebt; aber unglücklicherweise erklärt die Theorie nicht, wie die Lichtstärke bis zu diesem Punkt von den Dimensionen der Wassertröpfchen abhängen könne. Zwar muß, bei numerischer Gleichheit der Tröpfchen in einem bestimmten Raum und bei gegebenem Abstand des Beobachters von der Wolke, der Glanz wachsen wie das Quadrat des Durchmessers der Kügelchen; allein man muß auch die Gesamtzahl der Kügelchen in Rechnung ziehen, und diese Zahl ist im Allgemeinen desto größer, je kleiner der Durchmesser ist. Ebenso hat die Dicke der Nebelschicht Einfluß. Ist diese Dicke hinlänglich, so wiegt diese Bedingung den Effect der kleineren Durchmesser der Tröpfchen auf. Mithin sind die Schwäche und die beständige Weiße des Lichts dieses Nebelbogens nicht vollständig erklärt.

Im 6ten Bande der *Cambridge Transactions* findet sich eine Abhandlung von Hrn. Potter über den Regenbogen. Dieser Physiker glaubt, daß, wenn der Durchmesser der Tropfen klein ist, die Curve der Lichtintensitäten in den Streifen des gewöhnlichen Regenbogens und seiner inneren Zonen nicht so rasch mit dem Radius der Zone abnehme, wie man gewöhnlich glaubt, daß sonach das Roth des Bogens sich weit in die innere Fläche des Regenbogens erstrecken könnte, und es sich ebenso mit den übrigen Farben verhielte, welche, indem sie sich mit den wenig verschiedenen Intensitäten überdeckten, weißes Licht wieder herzustellen suchten. Allein man muß bemerken, daß diese Ansicht den schwachen Glanz

des weissen Regenbogens nicht erklärt, und überdiess sieht man nach ihr nicht ein, weshalb die Farben des weniger brechbaren Theiles vom Spectrum, nämlich das Roth, Orange und Gelb, so vollständig verschwinden.

Ich will nun die Erklärung entwickeln, welche ich neuerlich von diesem Meteor im Hefte XXX des *Journal de l'école polytechnique* gegeben habe.

Mit allen Meteorologen nehme ich an, dafs flüssiges Wasser in zwei verschiedenen Zuständen in der Atmosphäre existiren kann: 1) unter der Form von hohlen Bläschen mit sehr dünnen Wänden, und 2) als volle Kügelchen. Es ist nämlich nicht zweifelhaft, dafs die nicht hohen Wolken, die Cumuli, welche in atmosphärischen Schichten schweben, deren Temperatur über Null ist, Wasser im Bläschenzustand enthalten. Denn diese Wolken geben niemals zu einem Regenbogen Anlaß, und überdiess, wenn sie vor der Sonnenscheibe vorübergehen, schwächen sie allmählig deren Licht und löschen es endlich ganz aus, ohne die Schärfe ihres Umrisses zu verletzen; diess könnte nicht mit vollen Tröpfchen geschehen, weil sie die Sonnenstrahlen zerstreuen würden. Ebenso ist gewifs, dafs das Wasser, welches als Regen fällt, die Form von vollen oder wenigstens in der Mitte nur wenig hohlen Tröpfchen besitzt.

Es ist demnach sehr natürlich, einen gewissen intermediären Zustand anzunehmen, in welchem der Radius des Bläschens von gleicher Ordnung wie die Dicke der flüssigen Schicht sey.

Betrachten wir demnach einen Tropfen, bei welchem der Radius des centralen Luftbläschens $= r$, und der Radius des äufseren Kügelchens $= R$ sey, so dafs $R - r$ die Dicke der flüssigen Schicht vorstellt, und nehmen wir an, diese Tropfen wachsen allmählig, indem sich atmosphärischer Dampf auf ihre äufseren Oberfläche niederschlägt. Ist der Radius R hinlänglich grofs geworden gegen r , der als unverändert betrachtet seyn mag, so

wird der flüssige Tropfen geeignet, den wirksamen Strahlen, welche den gewöhnlichen Regenbogen erzeugen, Durchgang zu verstatten; allein ehe er diese Gränze erreicht, muß er durch einen intermediären Zustand gehen, in welchem er den weißen Regenbogen veranlaßt.

Gesetzt im Innern des Tropfens bewege sich ein Lichtstrahl, der von einem Punkt der äußeren Oberfläche ausgehe und in diesem Punkt einen Winkel ϱ mit der Normale der Oberfläche bilde. Damit dieser Strahl von einem ursprünglich außerhalb des Tropfens befindlichen Lichtstrahl herrühren könne, muß man haben $\varrho > 0^\circ$ und $\varrho < \text{arc. sin } \frac{1}{l}$, und wenn man $l = 1,336$ macht, wird diese letztere Bedingung: $\varrho < 48^\circ 28'$.

Damit andererseits dieser Strahl nicht das innere Bläschen treffe, welches seine Bahn ändern würde, damit er das Tröpfchen durchdringe, *wie wenn dieses voll wäre*, muß man haben, $\varrho > \text{arc. sin } \frac{r}{R}$, $\varrho < 90^\circ$, oder $\frac{R}{r} = \mu$ gesetzt, $\varrho > \text{arc. sin } \frac{1}{\mu}$, $\varrho < 90^\circ$. Der Gesamtheit dieser Bedingungen kann nur genügt werden, wenn man hat $\text{arc. sin } \frac{1}{\mu} > \text{arc. sin } \frac{1}{l}$. Sobald aber die allmälige Vergrößerung von R zu schreiben erlaubt $\mu = l$ oder $\mu > l$, kann der Strahl den Tropfen durchdringen, und nach zwei Refractionen und einer Reflexion zu demselben hinaus-treten, wie wenn der Tropfen voll Wasser wäre.

Nennen wir μ_0 den Werth $\mu = l = 1,336$, und sey δ_0 das Supplement der Ablenkung des entsprechenden ausfahrenden Strahls, so wird dieser Strahl, bei seinem Austritt, einen kleinen Kreis der Himmelskugel beleuchten, der den diametral der Sonne gegenüberstehenden Punkt zum Pol hat und vom Radius δ_0 ist. Die Rechnung giebt für δ_0 den Werth $13^\circ 52'$.

Sey nun $\mu > l$. Alle Strahlen, für welche der Re-

fractionswinkel den Bedingungen $\varrho > \text{arc. sin } \frac{1}{\mu}$ und $\varrho < \text{arc. sin } \frac{1}{l}$ genügt, werden den Tropfen durchdringen können; und ist ϱ das Supplement der Ablenkung, die $\varrho = \text{arc. sin } \frac{1}{\mu}$ entspricht¹⁾, so werden alle diese durchgänglichen Strahlen eine Zone beleuchten, die den diametral der Sonne gegenüberliegenden Punkt zum Pol, den Winkel δ_0 zum inneren, und den Winkel δ zum äußeren Durchmesser hat.

In dem Maasse als μ fortwährend wächst, senkt sich die untere Gränze der durchgänglichen Strahlen; und endlich stellt sich die den gewöhnlichen Regenbogen erzeugende Bedingung des Ablenkungsminimums ein, sobald man hat:

$$\frac{1}{\mu} = \sqrt{\frac{4 - l^2}{3 l^2}}, \quad \text{d. h. } \mu = 1,555.$$

Nennen wir μ_i diese zweite Gränze, sie entspricht dem Werthe $\delta_i = 41^\circ 38'$, dem Radius des gewöhnlichen Regenbogens.

Dieß gesetzt, betrachten wir eine Wolke bestehend aus hohlen Tröpfchen, die einander ähnlich und so beschaffen sind, daß habe $\mu > \mu_0$ und $\mu < \mu_i$. Die Beleuchtung, welche eine solche Wolke an der der Sonne gegenüberstehenden Himmelsgegend bewirkt, wird ausgebreitet seyn auf eine Zone vom inneren Durchmesser $\delta_0 = 13^\circ 52'$ und vom äußeren Durchmesser gleich δ . Die Helligkeit wird in den successiven Ringen dieser Zone wachsen nach einem Gesetz, das man ausdrücken kann durch eine Curve, welche sich sehr der Gestalt einer Hyperbel nähert, von deren Asymptoten die eine der Abscissenaxe und die andere der Ordinatenaxe parallel

1) Man berechnet δ nach der bekannten Formel:

$$\delta = 4 \text{ arc. sin } \frac{1}{\mu} - 2 \text{ arc. sin } \frac{l}{\mu}.$$

ist. Das Maximum der Helligkeit gehört dem äusseren Theil der Zone an.

Bei Berechnung des Glanzes der verschiedenen Theile dieser Zone muß man das von den vier Oberflächen des Tropfens reflectirte Licht beachten, da sich dieses mit dem durch zweifache Brechung und einfache Reflexion durchgelassenen Licht überdeckt. Ich habe gefunden, daß die Gesammtheit dieses reflectirten Lichts der Atmosphäre eine Helligkeit giebt, deren Verhältniß zur Helligkeit der Sonnenscheibe, bei Einheit der scheinbaren Fläche, durch die Formel:

$$\frac{1}{2} K \sin^2 \frac{1}{2} A \cdot 0,0257,$$

vorgestellt werden kann, wo A der scheinbare Sonnendurchmesser und K ein von Wolke zu Wolke veränderlicher Coëfficient, welcher von der Dicke der Wolke abhängt, so wie von dem Verhältniß zwischen dem Durchmesser der Kügelchen und der mittleren Gröfse der sie trennenden Zwischenräume. Dieser Factor ist gleich eins, wenn die Anzahl der zum Phänomene beitragenden Tropfen, aufgefangen in einem Sector, der seinen Scheitel im Auge hat und, auf der Kugel vom Radius eins, eine der Einheit gleiche scheinbare Fläche umfaßt, gleich ist dem Quotienten der Einheit durch die scheinbare Oberfläche eines Tropfens. Für eine auf dem *Maximum der Condensation* befindliche Wolke kann dieser Factor sechs bis sieben Mal größer als die Einheit werden. Bei einer lockeren und nicht dicken Wolke kann dagegen dieser Factor viel kleiner als die Einheit werden.

Die Beleuchtung, herrührend von der auf dem anderen Wege durchgelassenen Lichtportion, wird seyn:

$$\frac{1}{2} K \sin^2 \frac{1}{2} A \cdot \epsilon,$$

wo ϵ eine Function der Ablenkung δ ist und mit ihr wächst.

Folgende Tafel giebt die den gelben Strahlen des Spectrums entsprechenden Werthe der Gröfsen μ , δ , ϵ .

μ .	δ .	ε .	μ .	δ .	ε .
1,336	13° 52'	0,000	1,45	40° 9'	0,196
1,34	21 55	0,031	1,46	40 29	0,216
1,35	27 41	0,054	1,47	40 46	0,243
1,36	30 53	0,073	1,48	40 58	0,279
1,37	33 6	0,088	1,49	41 11	0,328
1,38	34 46	0,102	1,50	41 20	0,397
1,39	36 4	0,114	1,51	41 26	0,481
1,40	37 7	0,126	1,52	41 32	0,632
1,41	37 58	0,138	1,53	41 35	
1,42	38 40	0,151	1,54	41 37	
1,43	39 16	0,164	1,55	41 38	
1,44	39 45	0,179	1,555	41 38	

Wäre die Gröſſe μ streng dieselbe für alle Tropfen einer Wolke, so würde der weisse Regenbogen an seinem äusseren Rande scharf begrenzt seyn, fast wie der gewöhnliche Regenbogen. Allein dem ist nicht also. Das Verhältniss μ wird im Allgemeinen einen mittleren Werth M haben, von welchem es sich, von einem Tropfen zum anderen, entweder in *plus* oder *minus* entfernt. Es ist leicht zu sehen, dass wenn man den Radius D der $\mu = M$ entsprechenden Zone berechnet, der Nebelbogen nicht plötzlich mit dem Kreise vom Radius D enden wird, weil alle Tropfen, für welche μ gröſſer als M ist, Licht an Zonen geben, deren Abstand vom Mittelpunkt des Bogens gröſſer als D ist.

Sey allgemein $F(\mu)$ die Anzahl der Tropfen, für welche das Verhältniss $\frac{R}{r}$ gröſſer ist als ein gegebener Werth von μ , dabei die Gesamtzahl der Tropfen der Wolke zur Einheit genommen, und sey δ die diesem selben Werthe von μ entsprechende Ablenkung, so erhellt, dass der Kreis vom Radius δ bloſs durch den Bruch $F(\mu)$ beleuchtet seyn wird, während der andere Bruch $1 - F(\mu)$ zur Beleuchtung dieses Kreises unwirksam ist. Setzt man als $\varepsilon = \varphi(\mu)$, so wird, abgesehen von dem constanten Gliede $\frac{1}{2} K \sin^2 \frac{1}{2} A \cdot 0,0257$, die entsprechende Beleuchtung gleich seyn:

$$\frac{1}{2} K \sin^2 \frac{1}{2} A F(\mu) \varphi(\mu).$$

Von den beiden Functionen $F(\mu)$, $g(\mu)$ nimmt die erste ab, und die zweite zu, in dem Maafse als μ wächst. Der Ort des Maximums der Helligkeit hängt also von der Form der Function $F(\mu)$ ab, d. h. von der relativen Frequenz der verschiedenen Verhältnisse der beiden Strahlen eines jeden Tropfens. Dieser Umstand erklärt die Veränderlichkeit des Radius und der scheinbaren Breite des weissen Regenbogens.

Es bleibt mir zu zeigen, wie die vorstehende Theorie alle Umstände des Phänomens erkläre.

Zunächst wenn der herrschende Werth von μ gleich 1,37 oder 1,38 ist, liegt das Maximum der Helligkeit des Bogens bei 33° oder 34° vom Centrum, und man erhält das von Bouguer gesehene Phänomen, d. h. einen Bogen von kleinem Radius. Zwei Gründe hindern, daß man in der Natur weisse Regenbögen von kleinerem Durchmesser als 33° beobachtet: der erste ist die Schwäche des Lichts bei so kleinen Werthen von δ ; der zweite liegt in der sehr beträchtlichen Aenderung, welche dann der Winkel δ bei sehr kleinen Aenderungen von μ erfährt, wie die Tafel S. 572 zeigt. Eine Aenderung von einem einzigen Hundertel in μ verschiebt das Maximum der Helligkeit um mehrere Grade. Der dann sehr breite und sehr verwaschene weisse Bogen muß der Aufmerksamkeit des Beobachters entgehen.

Dagegen strebt die Erscheinung sich allmählig abzuändern und in die Form des gewöhnlichen Regenbogens überzugehen, so wie μ zunimmt. Sobald μ z. B. gleich 1,44 wird, beginnt die Irisirung des äusseren Randes, und es zeigt sich an diesem Rande ein rother Saum (beobachtet von Dechaless, und von mir auf dem Faulhorn). Wenn der herrschende Werth von μ sich 1,50 nähert, ist diese Irisirung noch hervorstechender; man erhält die von Hrn. Kämtz am 9. Sept. 1833 und von Hrn. Scoresby am 1. Jan. 1817 gesehenen Erscheinungen. In dieselbe Kategorie muß man den am 27. Febr. 1837 bei einer Son-

nenhöhe von 60° von Hrn. Tesson gesehenen Nebelbogen (*arc-eu-ciel de brume*) stellen. Die Farben waren nicht deutlich und das Ganze zeigte eine schmutziggelbe Farbe; der Radius des Bogens betrug 42° . Wahrscheinlich waren bei einer geringen Zahl von Tropfen in diesem Nebel die Werthe von μ gleich oder gröfser als 1,55, und die übrigen Tropfen hatten kleinere Werthe von μ . Die Undeutlichkeit der Farben findet sich durch diese Hypothese erklärt. Ich habe übrigens in meiner Abhandlung gezeigt ¹⁾, weshalb es die rothen und gelben Farben sind, die zuerst erscheinen, sobald sich μ der zweiten Gränze 1,555 nähert. Wenn endlich alle Tropfen der Bedingung $\mu > 1,555$ genügen, wird der weisse Bogen durch den gewöhnlichen Regenbogen ersetzt.

Die Umstände, welche zu den, den weissen Bogen erzeugenden Nebeln Anlaß geben, scheinen mir im Allgemeinen die folgenden zu seyn. Denken wir uns einen Nebel, der sich bei Nacht über einen feuchten Boden bildet. Durch die Condensation, vermöge der Erkaltung bei Nacht und am Morgen, kurz nach Sonnenaufgang, werden die Bläschen, von anfangs sehr dünner Wandung, wachsen und somit die zur Hervorbringung unseres Meteors erforderliche Beschaffenheit erlangen können. Diese besteht nämlich, wie wir gesehen, in der Stunde, in welcher es am häufigsten gesehen wird. Später dagegen bewirkt die Sonne durch Erwärmung eine Verdampfung der Tropfen; die Wolke strebt sich aufzulösen oder wenigstens aus ihren anfänglichen Zuständen der Wirksamkeit herauszutreten. Führt dagegen die Verdichtung fort, so nehmen die Bläschen an Gewicht zu und fallen endlich zu Boden.

Man hat bemerkt, dafs der weisse Bogen sich fast immer anf einer von dem Beobachter wenig entfernten Wolke bildet. Diefs scheint davon herzurühren, dafs die Umstände, welche seine Bildung bedingen, ihrer Natur

1) *Journ. de l'Ecole Polytechnique*, T. XVIII, p. 113.

nach wesentlich zufällig und vorübergehend sind, daß sie sich dennoch nicht zugleich in der Gesamtheit einer sehr ausgedehnten Wolke verwirklichen, sondern nur in beschränkten Stücken derselben. Steht also der Beobachter in großer Ferne, so wird ein weißer Bogen, der schwach und von geringer Amplitude ist, unbemerkt bleiben; wogegen der Beobachter, wenn er näher ist, einen großen Theil des Bogens sehen und dessen regelmäßige Krümmung erkennen wird.

Der weiße Bogen wird oft von dem Meteor der buntgesäumten Schatten (*ombres frangées*) begleitet. Bekanntlich bilden sich diese Schatten auf Wolken, die aus Kügelchen von nahe gleichen (äußeren) Durchmessern entstehen. Nimmt man an, diese Kügelchen seyen hohl, so wird die Gleichheit der innern Durchmesser die Folge von der der äußeren seyn, und die Beständigkeit des Verhältnisses dieser Durchmesser wird die Bildung des weißen Bogens bedingen, vorausgesetzt jedoch, dieß Verhältniß falle zwischen die erforderlichen Grenzen 1,37 und 1,50.

Mithin muß der weiße Bogen seltener seyn als die buntgesäumten Schatten, und dieß bestätigt die Erfahrung.

Endlich erhellt aus der vorstehenden Theorie, daß der weiße Bogen nicht die Fransen zeigen kann, welche unter dem Namen der *überzähligen Bogen* bekannt sind. Das Daseyn dieser Fransen schon zeigt, daß für weit unter $41^{\circ} 38'$ liegende Werthe von δ das ausfahrende Licht noch unter sehr hinreichenden Bedingungen von Wirksamkeit befindlich ist. Der Grund des Ausbleibens der Fransen am inneren Rande des weißen Bogens ist leicht anzugeben. Die Interferenz kann nur eintreten, sobald zwei verschiedene Bündel von Lichtstrahlen sich durchdringen und wechselseitig schneiden. Hier aber wird eins der beiden Bündel, dasjenige von Strahlen, deren Incidenz geringer ist als die dem Ablenkungsminimum entsprechende, vollständig unterdrückt durch die störende

Wirkung der Oberfläche der inneren Kugel. Diese Angaben der Theorie werden bei Prüfung der beobachteten Thatsachen vollständig bestätigt.

Um der vorstehenden Erklärung ihren letzten Grad von Sicherheit zu geben, bleibt nur durch *Erfahrung* zu beweisen, daß volle Tropfen, *wie klein auch ihr Durchmesser seyn möge*, nicht solche weiße Bogen erzeugen können, wie uns hier beschäftigten. Es wäre auch zweckmäßig, zu erklären, weshalb man nicht den weißen Bogen der Bildung eines gewöhnlichen Regenbogens vorgehen sieht im Moment, wo eine Wolke aus Bläschen- und Dampf sich in Regen auflöst. Ich schliesse also damit, die Aufmerksamkeit der Personen, die sich für Naturerscheinungen interessiren, auf diesen letzten Punkt hinzulenken.

III. Ueber den Refractions- und Dispersionsindex des Eises; von Hrn. A. Bravais.

(*Ann. de chim. et de phys.*, Ser. III, T. XXI, p. 361.)

Um den Refractionsindex des Eises zu messen, fügte ich zwei rechteckige Glasplatten unter einem Winkel von etwa 70° zusammen, so daß sie ein dreiseitiges hohles Prisma bildeten, dessen dritte Seite offen blieb. Diefes System wurde auf der horizontalen Drehaxe eines Wollaston'schen Goniometers befestigt, und zwar mit allen nöthigen Vorsichtsmaafsregeln, damit die Kante des Prismas dieser Axe parallel war.

Das Goniometer wurde dann einige Centimeter entfernt von dem Objectiv des Fernrohrs eines Gambey'schen Theodolithen aufgestellt. Wenn bei dieser Stellung eine Flüssigkeit, wie Wasser, in das Prisma gegossen war, konnte man mit dem hinreichend geneigten Fernrohr das
Bild