IX. *Ueber einen in Rußland von Hrn. Korsakoff beobachteten terrestrischen Sonnenhalo, nebst Bemerkungen über das krystallisirte Wasser; von J. B. Listing.*

(Von Hrn. Verf. aus d. Götting. Nachrichten übersandt.)

Die bekannten, meistens im schleierförmigen Cirrostratus vorkommenden farbigen Ringe um Sonne und Mond nebst den sie öfters begleitenden Nebensonnen oder Nebenmonden, sowie die seltneren daneben auftretenden weissen oder gefärbten Streifen, Kreise und Berührungsbogen nehmen aufser der Aufmerksamkeit, die ihnen der Meteorologe schenkt, auch ein rein physikalisches Interesse in Anspruch. Fast gleichzeitig mit der von Newton gegebenen Theorie des Regenbogens ist für die Erklärung der eben erwähnten Phänomene durch Huyghens (*de coronis et parheliis*) der erste Versuch gemacht worden, und wenn auch die hierbei vorausgesetzte cylindrische Gestalt der in hohen Regionen der Atmosphäre schwebenden Eisnadeln sich mit den Thatsachen der heutigen Krystallographie nicht verträgt, so ist es doch nicht mehr zweifelhaft, dafs der Eiskrystall in der Theorie dieser Erscheinungen eine wesentliche Rolle spielt. Da wir nun aber auf dem Wege directer Beobachtung von der Form des festen Wassers nicht viel mehr wissen, als dafs sie dem isoklinischen oder rhomboëdrischen Krystallsystem angehört, so sind wir — seltsamerweise — zur Ermittlung der numerischen Daten des krystallisirten Wassers wesentlich auf den durch diese optisch-meteorologischen Vorkommnisse dargebotenen Weg angewiesen, einen Weg, den die Natur aber auch nur zu Gunsten dieses einen Körpers für uns eröffnet hat. Dieser Weg ist es, welchen, nachdem die Theorie der fraglichen Erscheinungen seit Huyghens durch Mariotte, Venturi, Fraunhofer, Brandes, Babinet u. A. unter Voraussetzung drei- und sechsseitiger mit geraden Endflächen versehenen

Eisprismen weiter ausgebildet worden, Galle in seiner Abhandlung ¹⁾ über Höfe und Nebensonnen betrat. Er gelangt zu dem vorläufigen Ergebniss, dafs dem Eiskrystall die Gestalt eines Dirrhomboëders (ähnlich dem Quarz, Beryll usw.) zukomme, dessen Elementarwinkel, d. h. die Neigung der Normale einer Fläche der sechsseitigen Pyramide gegen die Pyramidenaxe $29^{\circ} 40' 6''$ beträgt, und dessen Flächen die Combinationskanten des mit geraden Endflächen versehenen sechsseitigen Prismas abstumpfen, demzufolge der Combination nach Miller'scher Bezeichnung das Symbol $100, \bar{1}22, 111, 2\bar{1}\bar{1}$ zukommen würde. So wenig indefs gegenwärtig die Theorie des Regenbogens zu wünschen übrig läfst, so viel bleibt in der Theorie der in Rede stehenden Phänomene und in der Bestimmung der Krystallgestalt des Eises noch von der Zukunft zu erwarten. Aus diesem Grunde haben aber Beobachtungen, welche sich auf diese Phänomene beziehen, fortwährend ein wissenschaftliches Interesse, zumal wenn sie die seltneren Complicationen betreffen, oder, wie es bei gegenwärtiger Mittheilung der Fall ist, in einer bisher noch wenig oder gar nicht beachteten Modalität auftreten.

Eine Beobachtung dieser Art ist mir durch Vermittelung des Hrn. Dr. Teichmüller von Hrn. Korsakoff, russischem Ingenieur-Officier, mitgetheilt worden. Sie betrifft die Wahrnehmung eines *terrestrischen Sonnenhalos* zu Tarrussowo im Gouvernement Moskau. Am 1. (13.) December 1862 wurde daselbst bei Windstille und klarem Sonnenschein, während sich am Himmel leichte Cirrocumuli zeigten, und bei einer Temperatur von etwa -10° R. auf der Oberfläche frisch gefallenen, die Eisdecke, eines Flusses überkleidenden Schnees ein farbiger Bogen von 22° angularem Radius wahrgenommen. Dieser Bogen, dessen Centrum die Sonne bildete, änderte mit verändertem Standpunkt des Beobachters seinen Ort, indem er über die Schneefläche ähnlich einem Spiegelbilde hinzugleiten schien. Das

1) Pogg. Ann. Bd. 49, S. 1 und 241.

Roth bildete den concaven nach der Sonne gekehrten Innenrand, wie beim gewöhnlichen Halo; hierauf folgte Gelb und liches Blau. Der Bogen schien aus blitzenden Lichtpunkten gebildet, wie sie der Schnee im Sonnenschein zu zeigen pflegt, nur dafs sie hier nach ihren Farben geordnet waren, und zeichnete sich mehr durch die blendende Intensität des Glanzes als durch die Lebhaftigkeit der Färbung aus. Die zur Seite und nach oben gerichteten Enden des Bogens zeigten entschiednere Farben, während der mittlere, tiefer gelegene Theil fast nur weifs erschien. Rothe Lichtfunken glitzerten in allen Farbenregionen zerstreut, während blaue sich weder in den rothen noch in den gelben fanden. Im Innenfeld des Bogens erschien der Schnee in gedämpftem Weifs ohne Funken, der Aussenraum leuchtete in blendend weifsem Glanze. Der Beobachter mafs den Winkel, welchen dieser farbige Bogen bildete, mittelst des Sextanten und fand ihn vom Sonnenrand bis zum Innenrand des Roth $21^{\circ} 45'$, und vom Mittelpunkt der Sonne bis zur Mitte des Roth $22^{\circ} 15'$.

Dieser Bogen hatte hiernach ganz das Ansehen und die Dimension eines Sonnenhalos, der aus der Minimalablenkung bei dem Durchgang der Sonnenstrahlen durch die Prismen der Schneekrystalle resultiren mufste. Die directe Untersuchung dieser Krystalle unter dem Mikroskop zeigte in der That, dafs dieselben zumeist aus sechsseitigen Prismen bestanden, am einen Ende mit sechsseitigen pyramidalen Zuspitzungen, am andern mit geraden Endflächen versehen. Oefters waren sie unregelmäfsig sternförmig gruppiert, und von den übrigen sonst gewöhnlichen regelmäfsigen Schneefiguren zeigten sich nur spärlich sechsseitige Tafeln. Die in der Mittheilung enthaltenen Skizzen erläutern die Details des Phänomens und die beobachteten, bei 50maler Vergröfserung gezeichneten Formen der erwähnten Schneeprismen, deren Länge sich, in russischen (englischen) Zollen gemessen und in metrisches Maafs übertragen, auf 0,38 bis 0,66, die Dicke auf 0,13 bis 0,19 Millimeter beläuft.

Dieselbe Erscheinung ist an den zwei folgenden Tagen wahrgenommen, bis alsdann ein neuer Schneefall dieselbe verschwinden machte. Während des Phänomens war am Himmel keine Spur eines Halos wahrnehmbar; auch zeigte sich auf der Schneefläche außer dem Halobogen von 22° Radius keiner der bei meteorischen Halos sporadisch vorkommenden Kreise, Berührungsbogen oder Parhelien.

Die Beobachtung terrestrischer Farbenringe um Sonne oder Mond bei hinreichend kleiner Höhe des Gestirns über dem Horizont scheint geeignet den vorhin bezeichneten indirecten Weg zum Studium der Krystallisation des Wassers zu erweitern. Man wird fortan bei günstiger Gelegenheit die Aufmerksamkeit auf die neue Art des Vorkommens parhelscher Kreise richten, bei welchem die das Phänomen erzeugenden Krystalle wenigstens einigermaßen der directen Untersuchung zugänglich sind, und durch welches die spärliche Frequenz der sonstigen Bestandtheile der Erscheinung inskünftige möglicherweise einen Zuwachs gewinnen kann, falls am niedergefallenen Schnee oder an bereiften Flächen, ähnlich wie an den im ersten Stadium der Bildung begriffenen Eiskrystallen in hoher Atmosphäre, je nach Umständen diese oder jene Combinationsform in überwiegender Mehrzahl auftreten sollte.

Hr. Korsakoff bemerkt seinerseits, daß die Beobachtung der Gestalt der Schneekrystalle, die das Substrat dieses Halos bildeten, der Erklärung, welche man für die verschiedenen Halokreise giebt, eine neue Stütze zu verleihen scheint, denn sie zeige erstlich, daß diese Farbenkreise wirklich durch Eiskrystalle erzeugt werden, und sodann daß die Form hexagonaler Prismen mit Endflächen senkrecht zu ihrer Axe, welche die Erklärung der verschiedenen Theile gewöhnlicher Halophänomene erforderlich macht, in der That diejenige ist, die man vorzugsweise an den Eiskrystallen antrifft.

Aus den an diesem terrestrischen Halo gemessenen Werthen der Minimalablenkung von $21^{\circ} 45'$ für den Anfang des Roth, $22^{\circ} 15'$ für die Mitte des Roth und $23^{\circ} 15'$ (bei

einer anderen Gelegenheit an einem gewöhnlichen Halo gemessen) für den Anfang des Blau berechnet Hr. Korsakoff nach bekannter Vorschrift die drei entsprechenden Brechungsindices des Eises 1,3086, 1,3151 und 1,3283.

Brewster setzt für mittlere Strahlen den Index des Eises auf 1,309, Wollaston auf 1,310, und Fraunhofer nach einer Schätzung auf 1,32. Kämtz nimmt in Ermangelung directer Messungen die Dispersion des Eises der des Wassers gleich an und setzt, von der Brewster'schen Zahl ausgehend, den Index des Eises für rothe und violette Strahlen auf 1,303 und 1,316, welchen Werthen sich diejenigen nahe anschließen, welcher Miller für die einzelnen Farben des Spectrums aufführt. Galle leitet aus seinen Messungen an horizontalen Nebensonnen und unter der Annahme, daß das Zerstreuungsverhältniß im Eise dem im Wasser proportional sey, folgende Indices ab: für B im Roth 1,31171, für den hellsten Theil des Spectrums zwischen D und E 1,31504, für G im Blau 1,32179. Nun ist das Eis, weil im rhomboëdrischen System krystallisirend, einaxig doppelbrechend, wenn schon die Doppelbrechung, wie ich aus den cyklophanen Ringen schliesse, welche Eisplatten im polarisirten Lichte zeigen, weit schwächer als z. B. im Quarz seyn dürfte, so daß das ordentliche und das außerordentliche Spectrum eine große Strecke entlang einander überlagern und Combinationsfarben erzeugen müssen. Die ungenügende Uebereinstimmung der eben aufgeführten Indexwerthe zeigt aber, wie mangelhaft zur Zeit noch unsere Kenntniß auch hinsichtlich der optischen Constanten des festen Wassers ist, und wie wenig somit bis jetzt die Doppelbrechung des Eises in die Theorie der Halophänomene aufgenommen werden konnte, die darin einst eine wesentliche Aufnahme zu beanspruchen hat. In der Doppelbrechung und der damit verknüpften Uebereinanderlagerung höherer Farben des ordentlichen mit tieferen des außerordentlichen (im positiv einaxigen Krystall) scheint mir übrigens der Grund zu liegen sowohl von der verhältnißmäßig geringeren Ausprägung des Grün in der Farben-

reihe des Halos, als von der scheinbar größeren Dispersion, auf welche einige obiger Zahlen hindeuten.

Um den vorhinbezeichneten optisch meteorologischen Weg zur krystallometrischen Bestimmung des Eises mit größerer Sicherheit, als bisher möglich gewesen, betreten zu können, ist die Dispersionsmessung sowohl des ordentlichen als des außerordentlichen Sonnenspectrums mittelst eines aus einer Eisplatte geschnittenen Prismas, dessen Kante auf den natürlichen Flächen der Platte senkrecht steht, das nächste Erfordernis. Ich hoffe, wenn nur durch anhaltende Perioden gleichmäßigen Frostes und sonnige Tage begünstigt, diese intricate Arbeit zur Ausführung zu bringen.

Im Interesse der Theorie der Halophänomene benutze ich noch diese Gelegenheit, aus einer anderen, in den bei uns wenig bekannten Petersburger *Mélanges de Physique et de Chimie T. III*, veröffentlichten Beobachtung: *Description d'un Halo observé à Toulà le 20 et 22 février (4 et 6 mars) 1858 par A. Korsakoff (avec 3 planches)* hervorzuheben, daß die überaus seltene Erscheinung zweier weißen Nebensonnen auf dem durch die Sonne gehenden Horizontalkreis in 120° großen Azimutalabständen von der Sonne, wie sie unter andern bei diesem Phänomen vorgekommen, von Hrn. Korsakoff auf doppelte innere Reflexion in den sechsseitigen vorzugsweise verticalen Eisprismen in vollkommen genügender Weise zurückgeführt worden, wobei — was besonders beachtenswerth — diesen Prismen eine so zu sagen rhombotype Gestalt, d. h. ein Querschnitt beigelegt werden muß, an welchem die Distanz eines Paares gegenüberliegender Seiten wesentlich größer ist als die der beiden anderen Paare. In der Absonderlichkeit dieser Gestaltung scheint auch in der That die große Seltenheit solcher Nebensonnen begründet zu seyn. Wahrscheinlich sind zwei weiße Nebensonnen des bekannten Lowitz'schen Phänomens zu Petersburg am 20. Juni 1790, deren Distanz von der Sonne (im größten Kreise gemessen) schätzungsweise zu 90° angegeben wird, mit den hier erwähnten gleichbedeutend gewesen. Die Rechnung zeigt

überdies, daß bei einer Höhe der Sonne von 26° über dem Petersburger Horizont zwei Punkte des durch die Sonne gehenden Horizontalkreises, deren Distanz von der Sonne 90° beträgt, Azimutaldifferenzen unter sich und mit der Sonne von 120° besitzen, wenngleich die von dem Phänomen gegebenen Zeichnungen diesem Azimutalverhältniß nur unvollkommen entsprechen.

X. Wie vollständige Uebereinstimmung in den Angaben der Spectralapparate leicht zu erlangen sey; vom Ministerialrath Steinheil in München.

Der Aufsatz des Hrn. F. Gottschalk in diesen Ann. Bd. CXXI, St. 1 für 1864. S. 64 bis 100 zeigt, daß einige Besitzer des Spectralapparats Anstand gefunden haben, die Angaben ihrer Apparate für bestimmte Lichtlinien mit denen von Bunsen zu vergleichen. Nach meiner Ansicht liegt darin nicht die geringste Schwierigkeit, gleichviel ob diese Angaben proportional sind oder nicht. Es kommt wie ich glaube nur darauf an, die Unterschiede der Scalangaben für die Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums *A, B, C...* bis *H* zu ermitteln, was leicht ist, da Bunsen diese Angaben an seiner Scale, wenn die Linie *D* auf 50 trifft, veröffentlicht hat ¹⁾. Kennt man diese Differenzen, so handelt es sich nur darum auch die Unterschiede für alle zwischenliegende Punkte der Scale zu finden. Die Interpolation wird aber unbequem wenn zweite und höhere Differenzen berücksichtigt werden müßten. Für solche Fälle ist bekanntlich die graphische Methode vorzuziehen. Da diese vielleicht doch einigen der Leser unbekannt ist, so

1) Pogg. Ann. Bd. 119, S. 10 Taf. I Fig. 1. Diesen Angaben von Bunsen sind 50 Scalentheile beizulegen um *D* auf 100 zu bringen.