Ueber einige
optische Luft = Erscheinungen.

1. Von der Abendröthe und dem Blau des Himmels.

Um das schöne Blau des Himmelsgewölbes und die glänzenden Erscheinungen der Morgenröthe oder Abendröthe richtig zu erklären, muß ich auf einige Eigenschaften der gefärbt erscheinenden durchsichtigen Körper zurückgehen. Die meisten durchsichtigen Körper zeigen uns einerlei Farbe, wir mögen ein weißes Licht durch sie sehen, oder Strahlen dieses Lichtes durch Zurückwerfung von ihnen empfangen. Blaues Glas, dem Tageslichte ausgesetzt, zeigt sich uns blau, sowohl wenn das Licht durch dasselbe zu uns gelangt, oder wenn wir weiße Körper durch dasselbe betrachten, als auch, wenn es, auf dunklem Grunde, uns nur durch zurückgeworfene Strahlen sichtbar wird *), und wir schließen daher, daß in solchen Körpern die

*) Dabei zeigt sich uns ein auffallend scheinendes, aber doch leicht zu erklärendes Phänomen. Wenn wir in blauem Glase (und so würde es in ähnlichen Fällen immer sein), welches auf dunklem Grunde liegt, sehr hell beleuchtete oder gar selbst leuchtende Gegenstände gespiegelt sehen, so erblicken wir sie mit ihrer eigenthümlichen Farbe, sind sie dagegen schwach beleuchtet, so erscheinen sie uns mit dem Blau des Glases gefärbt. Diese Erscheinung, die mit dem, worauf es mir hier ankömmt, in keiner nahen Beziehung steht, trifft mit einer andern ganz bekannten und minder auffallenden zusammen. Wenn wir nämlich in einem undurchsichtigen farbigen Körper, der aber gut polirt ist, Gegenstände gespiegelt sehen, z. B. in braun gebeiztem, glattem Holze, so sehen wir die hellen Ge-

anders gefärbten Strahlen größtentheils ebenso, wie bei undurchsichtigen, gefärbten Körpern, verloren gehen. Aber es giebt andre gefärbte Körper, z. B. den Aufguß von der Rinde des Roßkastanienbaums, die bei auffallendem weißen Lichte eine bestimmte Farbe zeigen, wenn sie das Licht durchlassen, und eine andre, namentlich die complementaire Farbe, wenn wir sie durch zurückgeworfenes Licht sehen. Bei diesen Körpern ist es gewöhnlich das blaue Licht, welches zurückgeworfen wird, und ein des Blau ganz beraubtes, also orangefarbenes Licht, welches durchgelassen wird *). Einige dieser Kör-

---

genstände mit ihrer eignen, die dunkeln mit der Farbe des Holzes ausgestattet. Hier fällt es uns weniger auf, weil wir die, nur unter günstigen Umständen eintretende, Spiegelung durch die natürliche Farbe des Holzes verdeckt zu sehen glauben, oder weil wir wissen, daß diejenige Farbe, die wir als natürliche Farbe der Körper ansehen, nicht der eigentlichen Reflexion des Lichtes, die wir im Spiegel wahrnehmen, sondern dem zerstreut und unregelmäßig zurückgeworfenen Lichte ihren Ursprung verdankt, daß wir diese also immer da sehen, wo sie nicht von der Lebhaftigkeit des durch Spiegelung reflectirten Lichtes überglänzt wird. Aber gerade so erklärt es sich auch in jenem Spiegel, der uns durch zerstreut und unregelmäßig reflectirtes Licht blau erscheint, und nur da, wo ein lebhaftes, durch wahre Spiegelung reflectirtes Licht uns einen zu hellen Glanz zusendet, sich nicht in dieser seiner natürlichen Farbe zeigt.

*) Eine Erscheinung, welche zeigt, daß auch das Gegentheil statt finden kann, habe ich neulich bemerkt, als ich mich mit Versuchen, Stahlnadeln im blauen Lichtstrahle magnetisch zu machen, beschäftigte. Wenn man dunkelblaue Glastafeln, unter denen sich bei meinem Versuche weißes Papier (zu Umhüllung des einen Endes der Nadeln) an einer Stelle befand, und an der andern Stelle dunkel beschattete Gegenstände, dem hellen Tageslichte aussetzt, so sieht man die unter dem Glase liegenden weißen Gegenstände blau; man kann aber eine Stellung des Auges so wählen, daß die beschatteten Stellen sich als ein schwaches gelbes Licht reflectirend zeigen. Um den Einwurf, daß dieses Gelb vielleicht nur die wegen des benachbarten Blau geforderte Farbe sei, zu prüfen, stellte

per zeigen sich uns in einem nur wenig ins Blaue hinübergehenden Weiß, wenn sie das Licht zurückwerfen, weil sie eine große Menge Licht unzersetzt, das heißt als weißes Licht, zurückwerfen, und nur von den wenigen Strahlen, deren orangefarbener Theil durchgelassen wird, uns bloß die blauen Strahlen durch Zurückwerfung zusenden. Ein solcher Körper ist das weiße Knochenglas, welches überhaupt nur wenige Lichtstrahlen durchläßt, von diesen wenigen aber fast einzig die gelben und rothen Strahlen, und das daher in der Beleuchtung weiß erscheint, wegen der vielen unzersetzt zurückgeworfenen Strahlen, aber blaulich weiß, weil die blauen Strahlen, die den durchgelassenen rothen und gelben zugehörten, sich mit jenem Weiß verbinden. — Der Aufguß von Wasser auf die Rinde des Roßkastanienbaums sieht, wenn das Licht durchgeht, braungelb aus, läßt man aber das Sonnenlicht auf die Oberfläche fallen, so erscheint sie blau, und bei passend gewählter Stellung des Auges und des auffallenden Lichtes schön dunkelblau.

Diese Eigenschaft nun, vorzüglich das blaue Licht zurückzuwerfen, und das orangefarbene durchzulassen, besitzt die reine atmosphärische Luft in hohem Grade und ihr verdankt der blaue Himmel seine Farbe.

Daß das Himmelsgewölbe uns völlig dunkel erscheinen würde, wenn gar kein das Licht zurückwerfendes Fluidum uns

---

ich mein Auge so, daß in dem reflectirten Lichte des hellen Himmels die Oberfläche des Glases beinahe weiß erschien, aber dennoch trat jene gelbe Färbung der beschatteten Stellen bei gehöriger Stellung des Auges deutlich hervor, und diese zeigt, daß das blaue Glas gelbe Strahlen reflectirt, indem es die blauen durchläßt, und so geringe die Zahl jener reflectirten Strahlen ist, so ist sie doch ein Beweis, daß die Finsterniß, durch ein trübes Mittel gesehen, gelb erscheinen kann.

umgäbe, bedarf wohl keines Beweises, und daß der heitere Himmel Licht zurückwirft, davon belehrt uns unser geblendetes Auge, wenn es zu lange sich bemüht hat, aufwärts in die helle Luft zu sehen. Dieses zurückgeworfene Licht besteht immer theils aus weißem Lichte, theils aus blauem Lichte, und selbst wenn der Himmel uns schön dunkelblau erscheint, fehlt die Beimischung weißen Lichtes nicht ganz. Diese Beimischung von Weiß wird aber stärker, wenn die Luft mit wässerigen Dünsten gefüllt ist, und schon dies würde uns zu dem Schlusse veranlassen, daß diese Dünste alle Arten von Licht gleich gut zurückwerfen, — ein Schluß, der in der weißen Farbe der Nebel, wenn die Sonne sie erleuchtet, eine Bestätigung findet.

Daß aber die reine Luft, indem sie vorzüglich das blaue Licht zurückwirft, zugleich die zweite Eigenschaft besitzt, das rothe und gelbe Licht besser durchzulassen, zeigt uns die beim Untergange orangefarben erscheinende Sonne. Man könnte zwar einwenden, daß auch mitten am Tage die Sonne roth erscheinen müsse, wenn die Luft den zu uns gelangenden Strahlen ihren blauen Antheil raubt; aber man muß bedenken, daß bei dem kurzen Wege, den die Strahlen der hoch stehenden Sonne in der Luft zu durchlaufen haben, vielleicht tausend Strahlen mit unzersetztem, weißem Lichte zu uns gelangen, während vielleicht nur einer sein Blau verloren hat, und daß daher das Licht der hoch stehenden Sonne als aus tausend Theilen Weiß, mit einer Beimischung von nur einem Theile Orange, bestehend anzusehen ist.

Hätte dagegen das Licht einen so langen Weg durch die Atmosphäre gemacht, daß die Hälfte der Strahlen ihr Blau verloren hätte, so müßte das aus eben soviel Orange als Weiß gemischte Licht uns in starkem Grade geröthet erscheinen, wie es in der Abendröthe der Fall ist.

Aus dieser, ganz der Newtonschen Theorie des Lichtes entsprechenden, Ansicht erklären sich mehrere Umstände, die man bei Beobachtung der Abendröthe oder Morgenröthe bemerkt. Die Farbe der Abendröthe ist im Ganzen bald mehr ins Rothe übergehend, bald mehr weißlich, und das Letztere ist dann vorzüglich der Fall, wenn am Tage der blaue Himmel weißlich erschien. Je mehr nämlich die Atmosphäre von denjenigen Theilen frei ist, welche alle Lichtstrahlen gleich gut zurückwerfen, desto tiefer blau erscheint uns der Himmel, und desto größer ist also für die durchgelassenen Sonnenstrahlen der Antheil an Orange, statt daß, bei einer Erfüllung der Luft mit Dünsten, der weißliche Himmel uns zwar einen bedeutenden Verlust an Licht, vermöge der Zurückwerfung, anzeigt, aber keinen erheblich überwiegenden Verlust des Blau, so daß die untergehende Sonne kein großes Uebermaaß an Orange zeigen kann. Eben darum aber zeigt dann auch die Abendröthe, die wir nur am Horizont vorzüglich lebhaft sehen, wo die Luft mit Dünsten erfüllt ist, sich uns weiß, indem sie eine Zurückwerfung derselben Farbe darstellt, mit welcher die Sonne die Dünste erleuchtet. Auch die von der Sonne beschienenen Wolken sehen dann nicht roth, sondern gelblich weiß aus, weil sie durch Strahlen erleuchtet werden, welche zwar sehr geschwächt sind, aber in keiner einzelnen Farbe einen viel größern Verlust als in der andern erlitten haben. Hierin liegen die meteorologischen Vorzeichen der Witterung, die man aus der Abendröthe hernimmt, und deren Uebereinstimmung mit dem, was ein tief blauer oder weißlich blauer Himmel vorbedeutet, sich wohl würde nachweisen lassen.

Aber auch andre Einzelnheiten in der Erscheinung der Abendröthe erklären sich aus den erwähnten Umständen. Ist an schönen Tagen der Himmel tief blau, so sieht man nach Sonnen-Untergang ein ungemein zartes Roth, wie einen dün-

nen Ueberzug, das Himmelsgewölbe am Zenith überdecken, offenbar deswegen, weil die höheren, von einem minder geschwächten Lichte getroffenen, Lufttheilchen noch immer das blaue Licht in reichem Maaße zurückwerfen, die untern Lufttheilchen dagegen und die in ihnen nie ganz fehlenden Dünste, weil sie nur von orangefarbenem Lichte erhellt sind, dieses zurückwerfen.

Wir bemerken ferner an schönen Tagen, wenn einzelne leichte Wolken am Horizonte stehen, daß diese in Osten schon roth erscheinen, wenn die Sonne noch nicht dem Untergange ganz nahe ist, während gegen den westlichen Horizont hin die Wolken noch nicht so sehr von der Abendröthe gefärbt sind. Jene Wolken stehen bei $1\frac{1}{2}$ bis 2 Grad scheinbarer und 12000 bis 15000 Fuß wahrer Höhe in einer Gegend, wo die Sonne schon einen Grad tiefer als bei uns gegen den Horizont herabgerückt ist, und müßten schon deshalb so roth erscheinen, wie die in unsrer Nähe stehenden Wolken erst mehrere Minuten später erscheinen können; und wenn sie auch Strahlen erhalten und zurückwerfen, die noch etwas mehr von Blau enthalten, so geht dies bei dem langen Wege des zurückgeworfenen von ihnen herkommenden Lichtstrahles, ehe dieser unser Auge erreicht, noch großentheils verloren. — Wenn die Sonne sich tiefer senkt, sehen wir im Westen nicht bloß die sonst weiß erscheinenden Wolken mit der schönen Färbung des Abendroths geziert, sondern die ganze Abendgegend des Himmelsgewölbes zeigt sich orangefarben, weil jene Wolken-Art sowohl, als die in der untern Luft zerstreuten Dünste diejenige Art von gefärbtem Lichte, die sie erhalten, ziemlich unverändert zurückwerfen. — Stehen dagegen Wolken am Himmel, die von dickerer Art sind, und selbst von der hoch stehenden Sonne beschienen nur wenig Licht zurückwerfen würden, und unter diesem wenigen Lichte mehr blaues als ro-

thes (denn das dunkle Grau der Gewitterwolken neigt sich etwas zum Blau hin), so zeigen sie sich uns jetzt in einem schönen Purpur. Da sie nämlich von einem fast ganz rothen Sonnenlichte, zugleich aber von dem blauen Lichte des ganzen Himmelsgewölbes erleuchtet werden, so zeigen sie uns eine Mischung des schwarzen Blau, welches sie sonst zeigen würden, und des rothen Sonnenlichts, wovon sie jetzt erleuchtet sind.

Wir sehen zuweilen Wolken am Abendhimmel stehen, unter denen, obgleich sie nahe neben einander erscheinen, doch die eine stark geröthet, die andre weiß ist. Dies ist allemal ein Zeichen, daß die röthere niedriger in der Atmosphäre steht und also Strahlen empfängt, die bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre mehr geschwächt worden sind, und daß dies der Fall ist, erkennt man daran, daß jene höher stehende Wolke einige Minuten später eben die Röthung annimmt, wie früher die tiefer stehende Wolke.

Mit diesen Erklärungen stehen auch die Farben in Verbindung, welche der Himmel in der Dämmerung da zeigt, wo das Gelb oder Roth der Abendröthe ihn nicht überdeckt. Wenn die Sonne untergegangen ist, so sieht man bald nachher in Osten, der Sonne gerade gegenüber, einen dunkeln bogenförmigen Raum, der ein sehr tiefes, graues oder schwarzes Blau zeigt. Dieser Bogen bezeichnet uns den Raum der Atmosphäre, auf welchen das Licht der Sonne nicht mehr scheint, und wo die Luft nur vom Blau des Himmels und vom Gelb der Abendröthe erleuchtet wird; diese schwache Erleuchtung, aus deren Strahlen vorzüglich die blauen zurückgeworfen werden, ist aber zu geringe, um uns hier noch das lebhafte Blau des Himmels zu zeigen, und wir sehen daher hier den schon dunkel werdenden Himmel nur noch mit einem finstern Blau bedeckt. Ueber diesem zeigt sich, wenigstens so

lange, als jenes dunkeln Kreis-Segments Grenze noch nicht hoch hinaufgerückt ist, ein etwas röthlicher Bogen, der durch das in den Dünsten zurückgeworfene Sonnenlicht entsteht, der nämlich da entsteht, wo die rothe untergehende Sonne noch ihre letzten Strahlen hinsendet. Höher hinauf ist dieser röthliche Bogen mit einem weißen Bogen umgeben, den wir uns daraus erklären müssen, daß die Mischung der zurückgeworfenen Strahlen, der die höhere Atmosphäre erleuchtenden noch ziemlich weißen Sonnenstrahlen, der gelben Strahlen der Abendröthe und der blauen Strahlen, die jeder Punct des Himmelsgewölbes auch hierhin sendet, bei richtigem Verhältnisse der Farbe, ein Weiß hervorbringen muß. Oberhalb dieses weißlichen Bogens zeigt sich der Himmel fast ganz in seinem gewöhnlichen Blau, welches gegen den westlichen Horizont hin in mannigfaltigen Abstufungen, die nach der mehr rothen oder gelben Färbung der Abendröthe verschieden sind, in die Farbe der Abendröthe hinübergeht. Auch in diesem Uebergange vom Blau des höhern Himmels zum Orange der Abendröthe ist sehr gewöhnlich ein weißer Streif zu sehen, der aus der Mischung aller Farben entspringt.

Diese mannigfaltigen Farben zeigen sich am schönsten, wenn Wolken in recht passenden Stellungen und von dem angemessenen Grade der Durchsichtigkeit am Horizonte stehen, und die Schönheit der Abendröthe wird noch erhöht durch den schnellen Wechsel, den diese Farben beim Tiefersinken der Sonne erleiden. Auch die Gegenstände auf der Erde tragen zuweilen zur Pracht der Abendröthe bei, besonders dann, wenn die am Tage in tiefem Blau erscheinenden Berge durch den rothen Strahl der Abendsonne oder der Abendröthe sich mit einem schönen Violett bekleidet zeigen.

Aber diese Erscheinung sowohl als der Purpur der dunkeln Wolken enthält etwas, das als ein Einwurf gegen die

vorigen Erklärungen erscheint, indem man glauben sollte, das Blau, welches hier mit dem Orange der Abendröthe gemischt wird, müßte Weiß, oder vielmehr, da die Beleuchtung für reines Weiß zu schwach ist, ein solches Grau geben, wie es uns die Schattenseiten der weißen Wolken zeigen. Es scheint mir, daß diese purpurfarbene oder bei den Bergen violette, zuweilen sogar völlig rothe Beleuchtung sich nur daraus erklären läßt, daß bei der recht vollkommnen Abendröthe endlich fast nur die rothen Strahlen durchgelassen werden, und also ein Theil der Strahlen, besonders der gelben, beim Durchgange durch die Luft verloren gehen muß. Wenn man dieses zugesteht, so ist es einleuchtend, daß das Blau der Berge mit Roth gemischt in Violett übergehen, und wo, bei großer Entfernung der Berge, die Strahlen ihr Blau durch Zurückwerfung verlieren, völlig roth erscheinen kann. Bei den Wolken kömmt aber noch eine andre Frage vor, die, wie ich glaube, noch nicht ganz beantwortet ist, nämlich die, warum die Wolken, selbst bei voller Beleuchtung durch die Sonne, so ungleich gefärbt erscheinen. Die weißen flockigen Wolken werfen, wie andre weiße Körper, und wie die Nebel, die an Sommerabenden die Wiesen bedecken, alle Farbenstrahlen gleich gut zurück, und dies kann uns um so weniger auffallend sein, da sie auch alle Strahlen gleichmäßig durchlassen, und uns die durch weiße Wolken und durch feuchte Nebel gesehene Sonne silberweiß zeigen. Eben so wenig kann es uns in Verlegenheit setzen, daß die Schattenseiten dieser Wolken grau sind, nämlich deswegen, weil das Grau als ein schwächerer Grad von Erleuchtung durch weißes Licht anzusehen ist, und uns ja auch ein beschattetes weißes Papier grau erscheint, neben dem hell erleuchteten. Aber nun giebt es Wolken, die von der vollen Sonne erleuchtet dunkel, beinahe schwarz, oder tief blau erscheinen. Wenn sie an ihrem ganz beschatteten Theile

sich so zeigten, wie es auch wohl, namentlich bei Wolken nahe am Horizonte, der Fall ist, so würden wir ihr Blau, wie das Blau der Berge, als das auf dunkelm Hintergrunde hervortretende, durch Zurückwerfung in der Luft zu uns gelangende blaue Licht anzusehen haben; aber Gewitterwolken sehen auch dann blau aus, wenn die Sonne sie bescheint. Hier findet also in dem lockern Gewebe der weit ausgedehnten Wolke nur sehr wenig Zurückwerfung des Lichtes statt, und ich weiß nicht, was für einen Grund man angeben soll, warum die Vorderfläche dieser Wolken, die doch ja auch Wasserdünste sind, wie es die andern Wolken ohne Zweifel auch sein müssen, und wie es die uns umgebenden Nebel ganz gewiß sind, so wenig Licht zurückwirft. Von einer Seite könnten die nach Verschiedenheit der Beleuchtung sehr verschiedenen Farben des Rauches, der zuweilen schön blau erscheint, und diese Farbe als seine eigenthümliche Farbe zeigt, hier wohl einige Vergleichungen darbieten; aber wir sehen doch diese Wolken nicht als aus Rauch, sondern als aus Dampf oder aus niedergeschlagenen Wasserdünsten bestehend an, und so scheint die Anwendbarkeit jener Vergleichung sehr zweifelhaft. Wenn wir aber einmal wissen, daß diese Wolken uns ein sehr tiefes Blau durch zurückgeworfenes Licht zeigen, so übersehen wir wohl, daß das sie durchdringende fast reine Dunkelroth der Abendröthe ihnen den herrlichen Purpurglanz verleihen muß, der zuweilen mit einer Pracht, wie sie sonst nirgends gefunden wird, den Abendhimmel schmücket.

---

2. Von einigen Erscheinungen, welche die Strahlenbrechung darbietet.

Es ist bekannt, daß die Lichtstrahlen, so wie sie überhaupt beim Eintritte in dichtere oder weniger dichte Körper

gebrochen werden, so auch beim Eintritte in dichtere oder dünnere Luftschichten Brechungen erleiden. Die gewöhnlich daraus hervorgehende, oft wenig in die Augen fallende Erscheinung ist nur, daß ein Gegenstand etwas höher hinaufgerückt erscheint, und daß dieses der Fall ist, davon kann man sich zwar zuweilen ohne alle künstliche Vorrichtung, aber meistens nur durch sorgfältig angeordnete Beobachtung überzeugen. Stellt man nämlich ein mit einer Wasserwaage versehenes Fernrohr auf, und mißt den Höhenwinkel, unter welchem die Spitze eines entfernten Gegenstandes erscheint, oder stellt man zwei Pfähle, in der Richtung nach dem Gegenstande und in 600 bis 1000 Fuß Entfernung von einander, so auf, daß der Kopf des zweiten Pfahles die Spitze jenes Gegenstandes verdeckt, wenn man das Fernrohr auf den Kopf des ersten Pfahles auflegt, so findet man bei jener Beobachtung den Höhenwinkel nicht immer gleich, und bei dieser sieht man bald die Spitze des Gegenstandes über den Kopf des zweiten Pfahles hervortretend, bald sich hinter ihm verbergend, so wie es die ungleiche Strahlenbrechung fordert.

Bei dieser Ungleichheit der Erscheinung ändert sich auch die scheinbare Größe der Gegenstände, indem dann, wenn sie durch die Strahlenbrechung höher hinaufgerückt erscheinen, die niedrigeren Puncte mehr hinaufgerückt sind, als die höheren, und deshalb der Sehewinkel, unter welchem die Höhe des ganzen Gegenstandes erscheint, kleiner geworden ist. Schon aus diesem Umstande geht in einigem Grade eine Ungleichheit der Erscheinung desselben Gegenstandes hervor, indem ein Haus zum Beispiel bei gleicher Breite zuweilen gleichsam zusammengedrückt, zuweilen ungewöhnlich hoch in Vergleichung gegen seine Breite sich zeigt; indeß sind das noch nicht die auffallendsten Veränderungen der Gestalt, die die Gegenstände erleiden.

Aber selbst diese gewöhnliche Strahlenbrechung, obgleich sie an nicht sehr entfernten Gegenständen oft nur mit Anwendung genauerer Hülfsmittel zu erkennen ist, kann doch schon das Ansehen einer ganzen Gegend ändern, wenn diese so offen ist, daß entfernte Gegenstände, die sonst hinter dem Horizonte verborgen sind, durch sie sichtbar werden. Auf der am Ausflusse der Elbe liegenden Insel Neuwerk zum Beispiel sieht man gewöhnlich nur die 1 Meile entfernte Küste der letzten Spitze des Elb-Ufers, die Dörfer um Ritzebüttel und einen Theil des Landes Wursten, nach allen andern Seiten ist, selbst bei heller Luft, kein Gegenstand, Schiffe ausgenommen, zu sehen; aber wenn die Strahlenbrechung stark ist, so sieht man die 7 Meilen entfernte Insel Helgoland über den Horizont hervortreten, man erkennt schon mit bloßem Auge die ganze Form des Felsens, worauf sie liegt, und sieht sogar neben dieser Insel die kleine, ganz flache, wenig über dem Meere hervorragende Insel, die unbewohnt neben jenem Felsen liegt; man sieht die ganze Küste der Nordsee bis nach Wangeroog, da wo sonst der Wasserhorizont den Gesichtskreis begränzte. Ebenso habe ich es an einem andern Theile der Nordseeküste, in Eckwarden im Oldenburgischen, gesehen. Gewöhnlich sah man auf dem jenseits der Jahde liegenden Ufer nur die nächsten Gegenstände und allenfalls die Thürme der entfernteren Dörfer, weil in einer völlig ebenen Gegend die nahen Gegenstände fast alles Entferntere hinter sich verbergen; aber bei starker Refraction erschien die ganze jenseitige Gegend so, als ob die entfernteren Gegenstände am flachen Abhange eines Berges hinauf lägen, und man erkannte bis zu mehreren Meilen hinaus die sämmtlichen hintereinander liegenden Dörfer, so wie es der Fall sein würde, wenn das Auge des Beobachters mehrere Hunderte von Fußen über der Ebene erhaben wäre. Die starke Krümmung der Lichtstrahlen wurde

zu solchen Zeiten so auffallend, daß man das Ufer des Meeres über den 20 Fuß hohen Deich weg sah, wenn das Auge sich an der andern Seite desselben eine Viertelstunde entfernt und 10 Fuß niedriger, als der Gipfel des Deiches, befand. Nach dem gewöhnlichen, beinahe geradlinigen Fortgange der Lichtstrahlen sollte man, hinter einem hohen Gegenstande stehend, die niedrigern Ufer des Meeres, das Wasser selbst doch nur dann sehen, wenn das Auge etwas höher, als dieser Gegenstand ist, aber hier verhielt es sich so auffallend anders, daß ein im niedrigen Lande stehender, das Meerwasser oberhalb des Deiches sehender Beobachter hätte glauben müssen, das Meer stehe an den 2 bis 3 Meilen entfernten Ufern weit höher, als der ihn umgebende Deich, wenn er nicht die Unmöglichkeit eines solchen Zustandes sogleich eingesehen hätte.

Wenn man ohne Rücksicht auf diese, oft so ungewöhnlich große, Krümmung der Lichtstrahlen die wahre Höhe der Gegenstände berechnen wollte, so würde man zuweilen die auffallendsten und ganz unrichtige Resultate erhalten. Ich beobachtete im Jahre 1803 von Eckwarden aus die scheinbare Höhe einer nicht völlig 3 Meilen entfernten Kirche, und stellte diese Beobachtungen, sehr oft wiederholt, aus zwei Standpuncten an, wovon der eine auf jenem eben vorhin erwähnten hohen Deiche, der dem Lande zum Schutze gegen die Fluthen dient, war, der andre am Fuße desselben so lag, daß das Auge sich 14 Fuß niedriger befand. Dieser wahre Höhen-Unterschied des Auges mußte bei jener Entfernung, wenn die Lichtstrahlen gerade fort gingen, einen Unterschied von 45 Secunden in der scheinbaren Höhe hervorbringen, so viel höher nämlich mußte jene Kirche über dem Horizonte des unteren Standpunctes erscheinen. Aber dieses fand sich oft ganz anders. Die scheinbare Höhe zeigte sich viel auffallender ungleich in dem niedrigen Standpunkte, als in dem höheren, so daß, statt

jener 45 Secunden höher, die Kirche zuweilen 250 Sec. höher, zuweilen aber auch 42 Sec. tiefer erschien im unteren Standpuncte, als im oberen *). Hätte man nach jener Beobachtung, ohne zu wissen, daß die Beobachtungspuncte nur 14 Fuß an Höhe verschieden waren, diesen Höhen-Unterschied berechnen wollen, so hätte man sagen müssen, — ein 62000 Fuß entfernter Gegenstand, der aus einem Standpuncte 250 Sec. höher über dem Horizonte erscheint, als im andern, ist aus zwei Standpuncten beobachtet, deren Höhen-Unterschied 74 Fuß beträgt, und hätte also den höhern Punct 60 Fuß zu hoch über dem unteren angegeben; dagegen würde man aus der zweiten Beobachtung, wo jene Kirche tiefer unter dem Horizonte des niedrigern Standpunctes, als des höhern erschien, den niedrigeren für 13 Fuß oberhalb des höhern liegend halten müssen. So unrichtig, wie hier die Schlüsse sich ergeben, ebenso unrichtig würde auch die wahre Höhe jener Kirche bestimmt werden. In dem niedrigen Standpuncte des Beobachters wurde der Höhenwinkel zwischen 2'. 36" unterhalb und 11'. 12" oberhalb der Horizontallinie schwankend gefunden, und zwei Gegenstände, die neben einander, in 62000 Fuß Entfernung liegend, so ungleich erschienen, müßten fast 250 Fuß an wirklicher Höhe verschieden sein, und so ungleich ergab sich also die Höhe eines und desselben Gegenstandes; und bei Gegenständen, die noch entfernter lägen, könnte der Unterschied noch auffallender sein.

Ich gehe jetzt zur Beschreibung derjenigen Phänomene über, welche die Gegenstände noch weit mannigfaltiger verändert und verzerrt zeigen. Wenn im Sommer an heißen

*) Das Letztere war dann der Fall, wenn die Lichtstrahlen bei größerer Wärme der unteren Luftschichten ihre konvexe Krümmung nach unten wandten, wie ich es nachher erwähnen werde.

Tagen die Erde sehr erhitzt ist, so sieht man, bei der Aussicht über eine weite Ebne, die entfernten Gegenstände zuweilen wie in der Luft schwebend. Häuser, Bäume, ganze Dörfer haben unter sich einen weißen hellen Streifen, der sie von dem festen Boden der vor ihnen liegenden Wiesen und Felder zu trennen scheint. Bei genauerer Beobachtung läßt sich oft schon mit bloßem Auge, noch besser mit dem Fernrohre, wahrnehmen, daß jeder hinreichend entfernte hohe Gegenstand sein umgekehrtes Bild unter sich hat, völlig so, wie es in einem stillen Wasser der Fall sein würde, an dessen jenseitigem Ufer die Gegenstände sich befänden. Die Täuschung, daß die Gegenstände, wie im Wasser, gespiegelt erscheinen, wird noch verstärkt durch die wellenartige Bewegung, die man dabei an allen Gegenständen zu bemerken pflegt; und wer der Gegend nicht kundig ist, und auch diese Erscheinung nicht kennt, kann wirklich eine Zeit lang ein Wasser vor sich zu sehen glauben, das sich allmählig bei seiner Annäherung zurückzieht, bis er endlich, nahe zu jenen Gegenständen hin gelangend, das vor ihnen befindliche Wasser ganz verschwinden sieht, und sich von seinem Irrthume überzeugt. Diese, in den heißen Ebenen Aegyptens sehr auffallend werdende, Erscheinung täuschte bei der französischen Expedition die Soldaten so sehr, daß sie Anfangs, als ihnen die Erscheinung noch unbekannt war, sich des Wassers freuten, das sie vor dem nächsten Dorfe noch erreichen würden, und geneigt waren, sich zu wundern, wie dieses Wasser bei ihrer Annäherung sich zurückziehe, und endlich gar nicht mehr gefunden werde.

Wenn man Gelegenheit hat, seinen Standpunct abwechselnd etwas höher oder tiefer zu wählen, so kann man schneller die Täuschung aufheben; denn wenn man die Gegenstände so, wie in Fig. 3., sieht und das Auge tiefer gegen den Boden herabbringt, so scheint der untere Theil der Gegenstände

sich immer mehr zu verdecken und nur die Spitzen bleiben noch oberhalb sichtbar und zeigen zugleich ihr umgekehrtes Bild, so wie Fig. 4. es darstellt. Erhebt man sich dagegen höher, so scheint zuerst, wie in Fig. 3., das Bild des höchsten Gegenstandes auf der festen Ebene LM zu stehen, bei noch höherem Stande des Auges verschwindet auch unter den minder hohen Gegenständen der helle Lichtstreifen, und bei noch etwas höherer Stellung sieht man alle Gegenstände auf dem Boden stehend, wie es sich gehört. Um diese verschiedene Ansicht zu erhalten, so wie Fig. 3. u. 4. sie, auf einerlei Gegenstände bezogen, darbieten, reicht es oft schon hin, daß man aus der aufrechten Stellung sich niederbückt, und ebenso sieht der Fußgänger oft jene Spiegelung der entfernten Gegenstände vollständig, aber er braucht nur auf einen Wagen zu steigen, um statt des Wassers, das diesseits der Gegenstände zu sein schien, die Wiesen und Felder zu sehen, die über die Gränze seines früheren anscheinenden Horizontes hinaus bis zu dem Fuße jener Gegenstände hin liegen.

Wenn man über eine trockene Land-Ebene hin sieht, so zeigt sich die Erscheinung an heißen Tagen und in den wärmsten Tagesstunden am besten; über Wasser dagegen sieht man sie im Sommer in den ersten kalten Tagen, die auf Gewitter folgen, im Winter nicht selten dann, wenn die Luft sehr kalt ist, während das Wasser, da es nur die Kälte des Gefrierens annimmt, minder kalt ist *). Bei einer weiten Aussicht über Wasser kann man oft die aufgehende Sonne ebenso gespiegelt sehen. Wenn (Fig. 2.) CD den Rand des Wassers oder den anscheinenden Horizont vorstellt, so sieht man

*) Ich setze nämlich hier, so wie es bei meinen Beobachtungen der Fall war, Meerwasser, zwar mit Eisschollen erfüllt, aber nicht ganz gefroren, voraus.

den ersten Sonnenrand nicht, wie sonst, über diesem Rande der sichtbaren irdischen Gegenstände hervorkommen, sondern er zeigt sich, wie bei a, mitten in dem hellen Raume, der zum Himmelsgewölbe zu gehören scheint. Nach und nach wird die hier sich zeigende Sonne größer, aber so wie ihr oberhalb der Linie AB aufgehendes Segment zunimmt, so zeigt sich auch ein ebenso immer größer werdender, nach unten convexer Theil, der sich genau wie eine Abspiegelung des oberen ausnimmt, wie b. Ist die Sonne halb aufgegangen, so sieht man sie, wie bei c, völlig rund; etwas später, wie bei d, so, daß, wie Büsch erzählt, die englischen Matrosen sie mit einem umgekehrten Topfe verglichen. Endlich steigt die ganze Sonne völlig rund herauf und ihr Bild steigt hinab, so wie e, f es darstellt, bis es bei höher steigender Sonne sich anscheinend hinter dem Wasserhorizonte verbirgt. Es ist klar, daß auch dies nur eine Wiederholung des Vorigen ist. Die Sonne stellt hier einen nach und nach höher werdenden Gegenstand vor, dessen ganzes Bild man Anfangs weit über der Gränze LM (Fig. 3.) der den Horizont bildenden irdischen Gegenstände so erblickt, wie das Bild des Hauses in Fig. 3., der aber endlich, wie in Fig. 3. der Thurm, zu hoch wird, um noch sein ganzes Bild zu zeigen. — Diese Beobachtung zeigt zugleich deutlich, daß der helle Streif ABDC (Fig. 2.), über welchem die Sonne hervorgeht, bloß als ein Bild der etwas höheren Gegend des Himmelsgewölbes anzusehen ist.

Daß diese Erscheinung keine eigentliche Spiegelung sein kann, obgleich man sie wegen der ganz übereinstimmenden Ansicht so genannt hat, ist ziemlich klar; denn da man sie über einer mit Sand oder Gras und Kräutern bedeckten Ebne sieht, über welcher gar kein eine solche Spiegelung bewirkendes Fluidum vorhanden ist, so kann man dieses nicht annehmen, wenn gleich die Erscheinung so ist, als ob die untern

Theile der Gegenstände von einem Fluidum verdeckt würden, auf dessen Oberfläche die höhern Theile derselben sich abspiegeln. Wir müssen daher, um den wahren Grund der Erscheinung besser zu übersehen, noch eine neue Reihe von Beobachtungen zu Hülfe nehmen. Schon die Bemerkung, daß die Ebne, über welcher die Lichtstrahlen fortgehen, wärmer als die Luft sein muß, läßt es uns als eine zu dieser Erscheinung nothwendige Bedingung erkennen, daß die untern Luftschichten wärmer als die obern sein müssen, wenn sie sich zeigen soll, und eben das findet man bestätiget, wenn man Thermometer ganz nahe an der Erde, in 4 Fuß Höhe, in 10 Fuß Höhe und so ferner beobachtet. Bei einer solchen Erhitzung der untern Luftschichten leidet das Gesetz, daß die tiefern Schichten die dichteren sind, eine merkliche Aenderung, denn die stark erwärmte Luft der untern Schichten dehnt sich, ungeachtet des Druckes der auf ihr liegenden Schichten, stärker aus, und ist daher in solchen Fällen dünner als die höhere Luft, ja, wenn man auch nur annimmt, daß in heißen Gegenden die Luft 1 Fuß über dem Boden 3 Grade wärmer, als in 20 oder 30 Fuß Höhe, sein kann, so hätte die untere Luftschicht nur diejenige Dichtigkeit, die höher hinauf in 350 Fuß Höhe wieder vorkömmt, und alle zwischen 1 Fuß und 350 Fuß Höhe liegenden Schichten besäßen eine größere Dichtigkeit. Um den Unterschied der Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Höhen an einem wirklichen Beispiele zu übersehen, wähle ich eine meiner eignen Beobachtungen, obgleich aus wärmeren Gegenden sich gewiß noch auffallendere Resultate erhalten ließen. Bei jener Beobachtung war die Wärme der Luft nahe an der Erde $1\frac{1}{2}$ Grade größer als in $4\frac{1}{2}$ Fuß Höhe, und $2\frac{1}{4}$ Grade größer als in 18 Fuß Höhe. Wenn man bei einem mittlern Barometerstande und überall gleicher Wärme etwa 175 Fuß steigt,

so befindet man sich in einer Luft, die um $\frac{1\frac{1}{2}}{213}$ dünner, als unten, ist, da aber die Wärme bei jedem Grade die Luft um $\frac{1}{213}$ dünner macht, so hätte man, wenn über 18 Fuß hinauf die Wärme nicht mehr abnahm, bis zu 170 Fuß steigen müssen, um die Luft so dicht als in $4\frac{1}{2}$ Fuß Höhe, und bis zu 260 Fuß steigen müssen, um sie nur so dicht, als nahe an der Erde zu finden. Da es nun bekannt ist, daß ein, wie CBA, gegen die Erde zu gehender Lichtstrahl (Fig. 5.) gegen die Erde herab gebrochen wird, wenn er dichtere Schichten antrifft, so muß er wie CdeA gebrochen werden, wenn er nach und nach in dünnere Schichten gelangt, und die Beobachtung bestätigt dieses. Richtet man nämlich (Fig. 1.) zwei Pfähle so auf, daß der Kopf von B die Spitze des Gegenstandes C bedeckt, wenn man, bei gleichmäßiger Wärme aller Luftschichten, das Fernrohr auf die Spitze von A auflegt, so sieht man bei erhitztem Boden die Spitze C hinter B hinabgerückt, oder den Pfahl B über jenen Gegenstand hervorragend, so wie es nach der Vergleichung der 5ten Figur sein muß. Und hieraus ergiebt sich nun eine vollständigere Erklärung jener doppelten Bilder, die uns als gespiegelte Bilder erscheinen.

Es sei (Fig. 6.) CQ ein hoher Gegenstand, der von dem Beobachter in A gesehen wird. Wenn die Luft überall gleich dicht wäre, so würde der Lichtstrahl CBA völlig gerade zum Auge kommen; dagegen bei einer unterwärts abnehmenden Dichtigkeit wird auch er eine kleine Krümmung erleiden, und in einer schwach gekrümmten Linie, die ihre Convexität nach unten kehrt, zum Auge gelangen. Die Krümmung dieses Strahles CA und selbst der von manchen niedrigern Puncten F ausgehenden Strahlen FA wird indeß, wenn diese Lichtstrahlen in ziemlicher Höhe über der Ebne fortgehen, unbedeutend sein, und der Beobachter A wird den Theil CF des Ge-

genstandes unter dem ziemlich richtigen Sehewinkel CAF sehen, der Gegenstand erscheint ihm aufrecht und in natürlicher Größe. Dieser nicht viel von der geraden Linie abweichende Gang der Lichtstrahlen gilt für alle diejenigen Strahlen, die nicht sehr nahe an der Erde vorbei gehen, weil in der Höhe von 6 oder 8 Fuß die Dichtigkeit der Luft sich nur sehr langsam, wenn gleich so, daß die höhern Schichten dichter sind, ändert; aber Lichtstrahlen, die der Erde sehr nahe kommen, weichen mehr von ihrem geraden Wege ab. Weil nämlich die Wärme der an der Erde befindlichen Luftschichten sehr groß ist, so wird ein Lichtstrahl CD, wenn er in diese sehr verdünnten Schichten eindringt, stärker gebrochen, und kann, bei hinreichender Erhitzung der unteren Luftschichten, so gebrochen werden, daß er in der Linie CDMEA zum Auge A gelangt. Das Auge sieht also den Punct C doppelt, einmal in der natürlichen Höhe, das andre Mal viel tiefer in einer Richtung, die eine Neigung gegen den Horizont unterwärts hat. Ebenso kann von dem niedrigeren Puncte F ein zweiter Lichtstrahl ins Auge kommen; aber dieser dringt nicht bis zu so großer Tiefe in die niedrigen erhitzten Luftschichten ein; denn es läßt sich leicht einsehen, daß, wenn sein tiefster Punct eben so tief, als der des vorigen, läge, er ziemlich eben so stark, als jener, gekrümmt werden, und folglich wie FGK über A weggehen würde. Der Lichtstrahl FGA kömmt daher in einer weniger tiefen Richtung als CEPA zum Auge, und der niedrigere Punct F erscheint hier höher liegend, als der obere Punct C; der im zweiten Bilde sichtbare Theil des Gegenstandes liegt also, ganz wie bei der Spiegelung, umgekehrt unter dem ersten Bilde.

Warum die tiefern Theile Q des Gegenstandes gar nicht gesehen werden, das läßt sich nun auch leicht erklären. Der Lichtstrahl QRH geht ungefähr in der Richtung vom Gegen-

stande aus, daß er bei weiterem geraden Fortgange das Auge A erreichen würde; aber da er sich in so tiefen Schichten, wo der Unterschied der Dichtigkeit groß ist, befindet, so wird er von dieser geraden Richtung abgelenkt, und geht über das Auge weg, nach V, so daß durch diesen Strahl kein Licht von demselben zum Auge kömmt. Wäre nun die Luft nicht durch die Erdfläche TU begränzt, so würde allerdings einer der tiefer gehenden Strahlen QTS zum Auge kommen, aber diesen hält die Erdfläche auf, und es läßt sich daher übersehen, warum der untere Theil des Gegenstandes in A gar nicht gesehen wird. Es läßt sich auch zeigen, wo die Gränze der noch sichtbaren Puncte liegt, nämlich da, wo die beiden Bilder eines und desselben Punctes in eines zusammenfallen. Der Lichtstrahl FGA liegt, bei seiner Ankunft in A, näher an FA oder macht mit ihm einen kleinern Winkel, als CMEA mit CA macht, das heißt, die beiden Bilder der tiefern Puncte liegen einander näher, als die beiden Bilder der höhern Puncte; es giebt daher zwischen F und Q einen Punct, von welchem aus nur ein Lichtstrahl zum Auge kömmt, indem alle unterhalb liegende entweder oberhalb des Auges A weggehen oder durch die Erdfläche aufgehalten werden, die höher liegenden aber auch über dem Auge weggehen. Ebenso läßt sich auch die Gränze bestimmen, bis zu welcher Höhe die Gegenstände sich noch im gespiegelten Bilde zeigen. Da nämlich der Scheitel E, der tiefste Punct des Strahles, immer tiefer hinab, in immer heißere Luftschichten, rücken muß, je höher der Punct C liegt, von welchem der Strahl zum Auge A gelangen soll, so rückt er für einen höher als C liegenden Punct bis zur Erde herab und kann von noch höhern Puncten gar nicht mehr zum Auge gelangen.

So erklären sich alle Umstände dieser Erscheinung. Es erhellt, daß ein höher, in V, stehendes Auge auch die niedri-

gern Puncte Q des Gegenstandes noch sehen kann, aber das zweite Bild nicht sehen wird, weil nach V keine von C ausgegangnen und sehr tief in die untern Schichten eingedrungenen Lichtstrahlen hingelangen. Auch der Umstand, daß das umgekehrte Bild allemal etwas kleiner erscheint, als das aufrechte, läßt sich erklären; denn, ohne hier auf eine strengere Bestimmung einzugehen, erhellet wohl, daß der Winkel NAP, der zwischen den tiefern Bildern der Puncte C, F, liegt, kleiner als CAF sein wird.

Die bisher beschriebene Erscheinung ist gar nicht selten; überall, wo eine Gegend auf zwei Stunden Weges weit ganz eben ist, kann man sicher darauf rechnen, sie bei starker Erhitzung des Bodens zu sehen, und ihr Entstehen Vormittags, so wie ihr Verschwinden Nachmittags giebt sehr gut den Zeitpunct an, wo die größere Erwärmung der unteren Schichten anfängt oder aufhört. Eben dadurch wird die Beobachtung dieser Erscheinung ein Mittel, um diejenige Zeit festzusetzen, wo man die Strahlenbrechung als am regelmäßigsten statt findend ansehen kann, und welche zu Höhenmessungen mit dem Barometer am passendsten ist, weil die regelmäßige Wärme-Abnahme in der Atmosphäre dann statt findet. Weit seltner ist ein zweites Phänomen, welches mit dem entgegengesetzten Zustande der Atmosphäre verbunden ist.

So wie in den heißen Tagesstunden die Abnahme der Wärme in den zunächst auf der Erde liegenden Schichten ungemein bedeutend und weit größer, als im natürlichen Zustande der Atmosphäre, ist, so findet man umgekehrt nach Sonnen-Untergang an heitern, warmen Tagen die Luft nahe an der Erde sehr abgekühlt, während sie in höhern Schichten noch die am Tage erlangte Wärme behält. Wenn die Sonne niedriger zum Horizonte herabsinkt, so ertheilt sie, bald nach der Zeit der größten Hitze, der Erd-Oberfläche nur noch

ebenso viele Wärme wieder, als diese durch Ausstrahlung der Wärme verliert, und etwas später wird der Gewinn geringer, als der Verlust. Die dann eintretende allmählige Abkühlung der Erde geht immer schneller fort, je näher die Sonne dem Horizonte kömmt, und da die höhern Schichten nicht ebenso an dieser Abkühlung Theil nehmen, so tritt immer mehr der Zustand ein, daß die 20 oder 100 Fuß oberhalb der Erde befindlichen Luftschichten wärmer sind, als die, welche die Erde berühren. Hierdurch wird eine viel schnellere Abnahme der Dichtigkeit der Luft in den höhern Schichten bewirkt, als sie, einer gleichförmigen Wärme entsprechend, sein würde, und dieses in sehr bedeutendem Grade, wie folgende Beobachtungen zeigen. Bei einer meiner Beobachtungen stand das Thermometer nahe an der Erde auf 2°, in $4\frac{1}{2}$ Fuß Höhe auf $2\frac{7}{8}$ Gr., und in 18 Fuß Höhe auf $4\frac{1}{2}$ Grad. Wäre die Luft gleichförmig warm, so würde die Dichtigkeit in 0 Fuß und $4\frac{1}{2}$ Fuß Höhe sich etwa wie 5400 zu 5399 verhalten, aber bei $\frac{7}{8}$ Grad Wärme-Unterschied fast wie 5400 zu 5376; bei gleicher Wärme in 0 und 18 Fuß Höhe würde die Dichtigkeit sich ungefähr wie 1340 zu 1339 verhalten, aber bei $2\frac{1}{2}$ Gr. Wärme-Unterschied wie 1340 zu 1324, statt daß bei gleicher Wärme erst in mehr als 290 Fuß Höhe eine so große Verdünnung eintreten würde. Die Strahlenbrechung, vermöge welcher schon beim gleichmäßigen Zustande der Wärme die Lichtstrahlen etwas gekrümmt zum Auge kämen, wird also bei diesem Zustande der Luft sehr verstärkt sein, die irdischen Gegenstände werden uns höher über die Horizontallinie hinaufgerückt erscheinen, und es können endlich, wenn die höhern Luftschichten in starkem Grade erwärmt sind, die höchst auffallenden Erscheinungen eintreten, deren einige ich vorhin beschrieben habe. Diese größere Erwärmung der höhern Luftschichten, die an jedem Abende eines warmen Tages dadurch

entsteht, daß die tiefern Schichten sich mit der Erde gleichmäßig stark abkühlen, die aber auch in Wintertagen dann merklich wird, wenn, vorzüglich an der Erde, die Kälte zunimmt, scheint zuweilen in ungemeinem Grade statt zu finden. Lapeyrouse erzählt, daß man einmal auf dem Maste seines Schiffes nach einem schönen Tage eine unerträgliche Hitze, die wenigstens 6 Grade mehr, als auf dem Verdecke betrug, empfand, und daß darauf ein Sturm folgte; und obgleich wir diese hoch in der Luft statt findende Wärme nur selten an unserm Körper zu empfinden und mit dem Thermometer abzumessen Gelegenheit haben, so mag doch bei Gewitterluft der Fall, wo oben eine große Wärme, wenigstens hie und da in der Atmosphäre herrscht, nicht so selten sein. Dieses können wir darum als gewiß annehmen, weil die Strahlenbrechung dann, wenn die Luft gewitterhaft ist, oft einen so ungemeinen Grad erreicht und zugleich mit auffallenden, nur durch große Abnahme der Dichtigkeit in einigen der höhern Luftschichten erklärlichen, Erscheinungen verbunden ist.

Bei einer sehr starken Refraction nämlich sieht man zuweilen die jenseits eines ausgedehnten Wasserspiegels liegenden Gegenstände *) nicht bloß unten in ihrer natürlichen Stellung, sondern zugleich ihr Bild mehr oder minder deutlich noch einmal oder zweimal, in der Luft schwebend. Schon die Erscheinung der Gegenstände selbst ist zu solchen Zeiten von dem gewöhnlichen Ansehen derselben sehr verschieden, nämlich so, wie ich schon oben erwähnte, daß die untern Theile der Gegenstände mehr, als die oberen gehoben scheinen, und sie daher viel minder hoch, in Vergleichung gegen ihre Breite, erscheinen, als es der Fall sein sollte; die Häuser erscheinen

*) Ich kenne noch keinen Fall, wo man mitten im Lande diese Erscheinung gesehen hätte.

gleichsam zusammengedrückt, und eben die Gegenstände, die in Fig. 3. in richtigen Verhältnissen gezeichnet sind, erhalten ungefähr das Ansehen, wie in dem untern Theile der Fig. 7. oder im untern Theile der Fig. 8., daß nämlich die Breite dieselbe bleibt, die Höhe aber mehr oder weniger vermindert ist. Dieses veränderte Ansehen der Gegenstände ist allemal ein sichres Zeichen starker Strahlenbrechung, und läßt sich recht oft wahrnehmen. Selten ist dagegen die Erscheinung, die ich Fig. 7. u. 8. in ihrer Vollkommenheit gezeichnet habe. Hier sieht man nämlich über jedem Gegenstande sein umgekehrtes und noch einmal sein aufrechtes Bild in der Luft schweben, und diese Bilder, obgleich sie oft so zusammengedrückt und, durch die bei solchem Zustande der Luft fast nie fehlenden Zitterungen der Luft, so undeutlich sind, daß man sie nur unvollkommen erkennt, bringen die mannigfaltigsten und auffallendsten, oft die Ansicht der Gegend ganz entstellenden Erscheinungen hervor. Was ich selbst davon mehrmals gesehen habe, besteht in Folgendem. Wenn nach heißen Tagen, bei ganz stiller Luft, die Sichtbarkeit solcher Gegenstände statt fand, die sonst unter dem Horizonte oder hinter andern Gegenständen verborgen lagen, so erschienen die näheren, sonst deutlich und in den bekannten Verhältnissen sichtbaren, Gegenstände so erniedrigt, daß man sie oft gar nicht für das, was sie waren, erkennen konnte. Aber über den höheren unter ihnen erhob sich eine, an Dunkelheit oder Färbung jenen ziemlich gleichende, hohe Säule, die entweder an ihrem obern Ende nur das Bild des untern Gegenstandes zeigte und als einzeln stehende Säule da stand, oder auch eine Abbildung der niedrigern Gegenstände neben sich hatte, wo dann ein neuer Horizont AB, über dem wirklichen Horizonte schwebend, sich darstellte. Wenn das Phänomen vollständig ist, so soll man, wie meine Figuren es zeigen, noch ein drittes aufrechtes Bild

sehen, welches aber oft so klein und undeutlich ist, daß man es nicht erkennt, und das bei meinen Bedbachtungen sich nie mit zureichender Deutlichkeit zeigte.

Andre Beobachter haben diese Erscheinung schöner gesehen. Vince zum Beispiel sah ein Schiff, das so entfernt war, daß der Horizont den untern Theil verdeckte und nur die höhern Theile des Mastes sehen ließ; über diesem in natürlicher Lage erscheinenden Schiffe, so wie Fig. 9. es zeigt, noch ein umgekehrtes und darüber ein aufrechtes Bild. An dem Tage, wo Vince diese Erscheinung, von der englischen Küste des Kanals aus, beobachtete, muß sie nicht allein die Bilder vorzüglich groß, weniger in Rücksicht der Höhe zusammengedrängt, sondern auch sehr ruhig gezeigt haben; denn er zeichnet die Bilder und beschreibt sie auch so, als ob jeder einzelne Theil ganz deutlich sichtbar gewesen wäre, statt daß bei den meisten Erscheinungen dieser Art alle Gegenstände in so zitternder Bewegung sind, das heißt, die Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre sich von Augenblick zu Augenblick so ändert, daß man schon deshalb die kleinern Theile der Gegenstände nicht deutlich erkennen kann. Seine umständliche Beschreibung, wie, bei zunehmender Entfernung der Schiffe, während der Mast allmählig sich tiefer unter den Meerhorizont hinabsenkte, das doppelte obere Bild sich immer vollständiger zeigte und sich immer mehr über den Gegenstand selbst erhob, ist nicht bloß anziehend, als lebendige Schilderung dieser schönen Erscheinung, sondern ist auch wissenschaftlich belehrend *). Auch bei seiner Beobachtung war das Phänomen nicht fortwährend und nicht in allen Puncten des Horizontes gleich, und dieser Umstand ist auch mir bei meinen eignen Beobachtungen aufgefallen. Während ich an den, nach Osten,

*) Gilberts Ann. d. Phys. IV. Theil.

Süden und Westen mich umgebenden, 1 bis 2 Meilen entfernten, Ufern der Jahde über einer Reihe von Gegenständen diese verdoppelten Bilder sah, zeigten sie sich über andern mehr rechts oder links liegenden Gegenständen nicht; aber, so wie eine Wolke fortzieht, so schien hier jene Beschaffenheit der Luftschichten fortzuziehen, und nach und nach stellten sich diejenigen Gegenstände oberwärts verlängert oder auch in besser erkennbaren Bildern oberwärts verdoppelt dar, die vorhin keine solche Erscheinung gezeigt hatten. Vince sah an einigen Gegenständen das obere Bild plötzlich erscheinen und wieder verschwinden, sah es, wie plötzlich hinauf bewegt, seine Stelle ändern, und erblickte also in diesem Falle die Erscheinung deutlich, die sich in der säulenförmigen Verlängerung gewöhnlich undeutlich darstellt. Die ungleiche Refraction, deren momentaner Wechsel sich uns durch das Zittern der Gegenstände verräth, bringt nämlich außer den Lichtstrahlen, die, ein regelmäßiges Bild gebend, zum Auge gelangen, auch zwischen Gegenstand und Bild noch mehr oder minder zerstreut und unterbrochen Lichtstrahlen von demselben zum Auge, und so wie das Bild der Gegenstände im Wasser in den Wellen sich verlängert, so verlängert es sich auch hier zu jenen hohen Säulen, die ich in der Figur durch die dunkeln hinaufgehenden Streifen angedeutet habe.

Nach Scoresby's Erzählung und Zeichnung zeigt sich diese Erscheinung oft in den Polarmeeren. Auch hier stiegen die Vorragungen der Gegenstände zu säulenförmigen Höhen auf, so daß man hohe Schlösser oder Obelisken da zu sehen glaubte, wo vorher nur mäßig hohe Eisberge oder andre Gegenstände erschienen waren. Man sah den ganzen Rand des mit Eis bedeckten Meerhorizonts noch einmal in der Luft abgebildet, und die umgekehrten und aufrechten Bilder der Schiffe vollständig oder unvollständig damit verbunden. Die Erschei-

nung war in demselben Augenblicke bei verschiedenen Gegenständen sehr ungleich, und so schnell wechselnd, daß derselbe Gegenstand sich in den mannigfaltigsten Gestalten zeigte. Als eine der überraschendsten Erscheinungen beschreibt Scoresby die am 18 Juli 1822. Sonst waren bei diesem Zustande der Luft die Gestalten der Schiffe undeutlich und verwirrt, aber an diesem Tage gegen 9 Uhr Abends zeigten sich die Schiffe mit ihren Bildern sehr schön und deutlich. Einige Schiffe, deren Körper hinter dem Seehorizonte verborgen war, zeigten doppelte, ja eines sogar dreifache Bilder (Fig. 10.) in umgekehrter Stellung über einander und hoch über dem Gegenstande selbst. Die Bilder zeigten sich hier nur an den Stellen, wo man zugleich Eis durch diese ungewöhnliche Refraction über dem Horizonte erhaben sah, und fehlten ganz oder waren unvollkommen, da wo gar kein Eis oder nur ein schmaler Eisstrich vorhanden war. Auch das Land bot seltsame Erscheinungen dar. An manchen Stellen sah man den Gegenstand und sein Bild so vereinigt, daß sie zwei abgekürzten Pyramiden mit vereinigten Spitzen glichen; die obere war offenbar das Bild der unteren. Da wo sich zufällig zwei oder drei solche Pyramiden neben einander fanden, vereinigten sich ihre obern Ränder und bildeten anscheinend Brücken, die, wenn mehr solche Gegenstände sich an einander reiheten, als Brücken von ungeheurer Länge erschienen, unter denen man den Himmel sah. Zuweilen sah man drei oder vier solche Pyramiden über einander. Wenn man das Land mit dem Fernrohre ansah, so glich es im Allgemeinen einer weit ausgedehnten alten Stadt, worin Ruinen von Schlössern, Obelisken, Kirchen und andern großen Gebäuden zahlreich zu sehen waren. Einige Hügel erhoben sich zu Thürmen, hohen Mauern und Spitzen, während sie an andern Stellen, wo die Refraction anders war, ungeheure in der Luft schwebende Fels-

massen darstellten. Und diese Erscheinungen waren so wechselnd, daß man kaum die eine recht aufgefaßt hatte, wenn schon eine neue ganz verschiedene entstanden war.

Diese Beschreibung zeigt uns beinahe genau das, was man von der Fata Morgana an der Meer-Enge von Messina erzählt, wo man auch statt der bekannten Gegenstände, in solchen Zeitpuncten ungewöhnlicher Refraction, Feen-Paläste, große Tempel mit Säulen, hohe Thürme, die in jedem Augenblicke eine andre Gestalt annehmen, zu sehen glaubt, und sich in ein fremdes wundervolles Land versetzt wähnt. Da es weniger bekannt ist, daß man auch in Venedig eine ähnliche Erscheinung kennt, so theile ich eine, mir von einem italienischen Gelehrten ohne Namens-Unterschrift zugesandte, Notiz davon hier mit.

„In dem Raume der Lagunen, der zwischen den Ufern von Treporti, Venezia und Murano eingeschlossen ist, zeigt sich die Fata Morgana fast ganz ebenso, wie an der Sicilianischen Meer-Enge. Ein italienischer Geschichtschreiber hat sie in einem Werke: memorie storiche dei Veneti primi e secondi, so beschrieben. Die Oberfläche des Wassers erscheint an heißen, stillen Sommertagen, etwa 3 Stunden vor Sonnen-Untergang, erhaben und convex. Sieht man vom Wasser aus gegen das Ufer, so sieht man einen weißen glänzenden Streif, dann einen azurblauen und endlich einen dritten, ziemlich weißen, auf welchem mit den glänzendsten Farben die grünen Bäume, die Hecken und Häuser, die sich am Ufer befinden, gezeichnet sind. Die Farben sind so lebhaft, daß man sagen kann, das Grün der Pflanzen sei in Smaragd, das Weiß der Häuser in Silberglanz verwandelt; so daß die Beleuchtung dieser Bilder, verbunden mit dem Glanze des Spiegels, worauf sie stehen, und dem schönen Blau des dahinter liegenden Streifens und dem Glanze des weißen noch

mehr zurückliegenden Streifens, ein so magisches Gemälde darbietet, daß man es unmöglich beschreiben kann. Dazu kömmt die convexe Gestalt, welche in solchem Falle die Ebnen anzunehmen scheinen. Es sieht aus, als ob sich die Lagunen, die zwischen dem Ufer und dem Auge des Beobachters liegen, erhöheten und aufbläheten; damit verbinden sich andre nahe liegende Farbezonen, die purpurfarben, grün, weiß oder blau erscheinen; dazu kömmt, daß der Himmel jenseits des Ufers und über dem Meere so glänzend klar ist, als ob er von Krystall wäre, so daß das Auge den Glanz kaum ertragen kann; ferner die glänzendsten weißen Wölkchen, die einzeln am Himmel stehend sich auf einigen der blauen Streifen oder auf dem Wasser abbilden; endlich der häufige Wechsel dieser Scenen und der schnelle Uebergang von einer Decoration zur andern; und so wird wohl jeder einsehen, daß das angenehmste und überraschendste Schauspiel hieraus hervorgehen muß."

Ich gehe nun zur Erklärung der Ursachen dieses Phänomens über. Daß eine starke Erwärmung der höhern Luftschichten oder, genauer zu reden, eine bedeutend größere Wärme in diesen als in den tieferen Schichten die Ursache ist, das geht aus der immer statt findenden Verbindung dieser Vervielfältigung der Bilder mit starker Refraction, deren Verstärkung bei solchem Zustande der Luft wir aus unmittelbarer Beobachtung kennen, hervor. Die dabei eintretende Verdünnung der Luft erfolgt nun ohne Zweifel so, daß bis zu 100 oder 200 Fuß die Abnahme der Dichtigkeit schnell fortschreitet, aber in einer gewissen Höhe ein Extrem erreicht. Es ist nämlich offenbar, daß diese durch örtliche Umstände bewirkte Wärme sich nur auf eine bestimmte Höhe erstrecken wird, und wenn man, um nur einigermaßen eine der Wahrheit ähnliche

Rechnung zu führen, annimmt, die Luft sei unten 10 Grad warm,

in 50 Fuß Höhe 15 Grad,
in 100 Fuß Höhe 20 Grad,
in 150 Fuß Höhe 15 Grad,
in 200 Fuß Höhe 10 Grad,

so würde das unten auf 336 Lin. stehende Barometer in 50 Fuß Höhe auf 335''',35, in 100 Fuß Höhe auf 334''',72, in 150 Fuß Höhe auf 334''',08, in 200 Fuß Höhe auf 333''',33 gefallen sein; die Dichtigkeit der Luft verhielte sich aber in diesen fünf Standpuncten, wie 1000 zu 975; 949; 971; 992, und die Dichtigkeit wäre also in 100 Fuß Höhe nur $\frac{19}{20}$ von der in 200 Fuß Höhe statt findenden. Bei dieser zuerst stark abnehmenden, dann wieder stark zunehmenden, und in größerer Höhe wieder abnehmenden Dichtigkeit muß nun der Weg der durch verschiedene Schichten gehenden Strahlen sehr ungleich sein. Von dem Puncte F (Fig. 11.) wird erstlich der Strahl FGA, der ziemlich in derselben Schicht bleibt, nur wenig gekrümmt zum Auge A kommen; aber auch ein zweiter Strahl FP, welcher viel höhere Schichten erreicht, kann durch starke Brechung noch zum Auge herabkommen, ja dies kann noch für einen dritten Strahl FLA statt finden, der über die Gegend der größten Verdünnung hinaufgeht, wenn nur dort die oberwärts statt findende Verdichtung noch nicht sehr erheblich ist. So sieht also das Auge in A den Gegenstand F dreimal und kann ihn sogar noch öfter sehen, wenn nicht durch die ganze zwischen CD liegende Gegend eine gleiche Anordnung der Luftschichten statt findet. Unter diesen Bildern ist das untere aufrecht, denn der von einem höhern Puncte B des Gegenstandes herkommende Lichtstrahl BEA bleibt, da er überhaupt weniger gebrochen wird, in seinem ganzen Laufe oberhalb AGF. Das zweite Bild dagegen ist umgekehrt, weil der von

dem tiefern Puncte F herkommende Lichtstrahl FIA mehr gebrochen werden, also höhere und dünnere Schichten erreichen muß, als der von dem höhern Puncte ausgehende Strahl BPA, eben deshalb aber, obgleich er von einem niedrigern Puncte F ausgeht, dennoch von einer höhern Gegend I zum Auge herabkömmt. Daß das dritte Bild wieder aufrecht erscheinen muß, wenn die ganzen Luftschichten regelmäßig vorhanden sind, läßt sich so übersehen. Die von niedrigern Puncten F herkommenden Strahlen können noch zum Auge gelangen, aber es wird nun doch eine Grenze der Tiefe geben, jenseits welcher dies nicht mehr statt findet. Wäre f dieser äußerste, noch im zweiten Bilde sichtbare Punct, so läßt sich wohl einsehen, daß ein höher gehender von F ausgegangener Lichtstrahl FLA, obgleich er etwas minder als fpiA gebrochen wird, dennoch, weil er oberhalb f ausging, oberhalb fpiA bleiben, und dennoch zum Auge A kommen kann; ist das der Fall, so erscheint fF zum dritten Male aufrecht und auch der höhere Punct B wird oberhalb F erscheinen, desto deutlicher, je langsamer in größern Höhen die Zunahme der Dichtigkeit ist. Bei einem Phänomene, das in seiner stets wechselnden Mannigfaltigkeit uns deutlich auf eine sehr ungleiche, in jedem Puncte, und in jedem Augenblicke andre, und unregelmäßige Anordnung der Luftschichten hinweist, ist es genug zu zeigen, wie diese Erscheinungen entstehen können, indeß wäre es allerdings, besonders wenn wir einmal strenge abgemessene Beobachtungen der Bilder zum Grunde legen könnten, der Mühe werth, die Rechnung, wie es sich bei bestimmter Anordnung der Luftschichten zeigen muß, ganz genau zu führen.

Könnten wir einmal Beobachtungen erhalten, die uns ganz genau über die Wärme aller einzelnen Luftschichten in verschiedenen Höhen, gerade zu der Zeit, da jene Erscheinun-

gen statt finden, belehrten, so würden sich gewiß alle einzelnen Theile des Phänomens ganz genau erklären lassen; aber diese überraschenden Erscheinungen würden nur um desto mehr Anziehendes haben, je genauer wir die Umstände übersähen, die diesen zauberischen Wechsel in der Ansicht einer und derselben Landschaft hervorbringen.

---

3. Von den Nebensonnen.

Das Phänomen der Nebensonnen, von welchem wir freilich sehr oft die einfacheren Theile zu sehen Gelegenheit haben, ist in seiner Vollkommenheit ein so zusammengesetztes und bietet zugleich so viele Mannigfaltigkeit dar, daß es eine der schwersten Aufgaben der Optik zu sein scheint, diese Erscheinungen alle genügend zu erklären. Sehr oft sehen wir in heitern Nächten, wenn der Himmel mit einem leichten Dunste getrübt oder auch mit einer gleichförmigen dünnen Wolkendecke belegt ist, einen großen Ring um den Mond, und einen eben solchen Ring CED (Fig. 12.) um die Sonne sieht man gleichfalls bei dünner Bedeckung des Himmels mit geschichteten Federwolken; dabei sieht man, wenn die Sonne das Phänomen hervorbringt häufiger, als bei Mondschein, zwei hellere, gerade horizontal neben der Sonne stehende, Flecke, C, D, die farbig, wie kleine Stücke eines Regenbogens, erscheinen; und dieses ist der unzählig oft erscheinende Theil des Phänomens; jene regenbogenfarbigen hellen Stellen im Ringe um die Sonne sind die Nebensonnen. Diese Erscheinung sieht ein aufmerksamer Beobachter sehr oft, weil sie fast immer, wenn der Himmel mit jener Wolken-Art dünne bedeckt ist, oder wenn der Himmel weißlich blau, bloß mit Dünsten verschleiert ist, sich darstellt; aber in einzelnen Fällen bildet

sich das Phänomen viel weiter aus. Man sieht nämlich manchmal, außer jenem Ringe um die Sonne, noch einen zweiten Kreis SGIBKH, der horizontal durch die Sonne S geht, und dieser ist weiß, statt daß der Hof oder Ring, dessen Mittelpunct die Sonne ist, an seinem innern Rande roth erscheint, und gegen den äußern Rand hin ein bläuliches Weiß darbietet. Auf diesem weißen Horizontalkreise stehen allemal die beiden schon erwähnten Nebensonnen, die lebhaftere Farben, als der Ring, zeigen, aber ebenfalls das Roth der Sonne zukehren, und die bekannte Farbenfolge von Roth, Gelb, Grün und Blaulich, jedoch die letztern Farben mit vielem weißen Lichte vermischt, zeigen.

Diese sehr häufig vorkommende Luft-Erscheinung würde nicht schwer zu erklären sein; aber schon der in manchen Fällen hinzukommende zweite Ring, NGPHO, der ebenfalls die Sonne zum Mittelpuncte hat, doppelt so weit, als der erste, von ihr entfernt ist, und noch schönere Farben als der erste, das Roth wieder der Sonne zugewandt, das Blau an der äußern Seite, zeigt, erschwert die Erklärung; kommen nun sogar noch am obern und untern Puncte des ersten Ringes, und am obern Puncte des zweiten Ringes bei E, F, P, die berührenden Bogen, welche Fig. 12. zeigt, hinzu, so erhellt immer mehr, auf wie vielen Umständen die vollständige Erklärung beruhen muß. Und doch ist die Erscheinung in dem bisher Beschriebenen noch lange nicht vollständig dargestellt, sondern es können, wie sich aus den verschiedenen Beobachtungen ergiebt, bei welchen bald der eine, bald der andre Kreis sich gezeigt hat, noch sieben andre Kreise gesehen werden.

Das vollständige Phänomen, von welchem man fast immer nur den geringsten Theil sieht, scheint nämlich aus wenigstens dreizehn Kreisen oder Bogen zu bestehen, auf denen sich acht, zehn und vielleicht noch mehr lebhaft glänzende Stellen

befinden können, die den Namen Nebensonnen mit mehr oder minderem Rechte verdienen. Außer den schon beschriebenen zwei Ringen um die Sonne kann es noch einen dritten geben, der aber nur ungemein selten sichtbar wird; sie haben die sehr bestimmten Abstände von 22 Grad, etwa 44 Grad und etwa 90 Grad von der Sonne. Außer dem einen durch die Sonne gehenden Horizontalkreise zeigen sich zuweilen noch zwei, unter 60 Graden gegen ihn geneigte, ebenfalls durch die Sonne gehende Kreise, SQB, SRB. Auch diese zwei Kreise sind weiß, und haben ihren zweiten Durchschnittspunct in dem Horizontalkreise, der Sonne gerade gegenüber. An den beiden Ringen sieht man zwar manchmal nur die im höchsten und tiefsten Puncte berührenden Bogen, aber zuweilen, sehr selten, zeigen sich noch zwei andre Berührungsbogen nN, oO, die, nach den Zeichnungen der Beobachter zu urtheilen, in 60 Graden Entfernung vom untern Puncte des zweiten Ringes berühren, und eben solche Berührungsbogen CL, mM, scheinen auch am innern Ringe sein zu können, wenn sie gleich da nie so deutlich hervorgetreten sind *). So hätten wir also drei Ringe, drei durch die Sonne gehende Kreise, drei Berührungsbogen am zweiten Ringe und vier Berührungsbogen am ersten Ringe; — auch am zweiten Ringe mag es vier Berührungsbogen geben können, aber da der zweite Ring 43 bis 44 Grade von der Sonne entfernt ist, so tritt sein unterer Rand nur sehr selten hinreichend über den Horizont hervor. Die heller glänzenden Stellen, die man als Nebensonnen erkennt, liegen in folgender Ordnung. Auf dem Horizontalkreise SGIK erscheinen erstlich sehr oft die zwei Nebensonnen C, D, entweder im ersten Ringe, oder wenig

*) Nur in einer Beobachtung von Lowitz zeigen sich Spuren derselben.

außerhalb des ersten Ringes; zweitens können wieder zwei Nebensonnen da erscheinen, wo der zweite Ring den Horizontalkreis schneidet; drittens erscheint manchmal eine Gegensonne in B, gerade der wahren Sonne gegenüber, und viertens sieht man, freilich auch nur selten, noch zwei Nebensonnen I, K, in der Gegend, wo etwa der dritte Ring den Horizontalkreis schneiden sollte. Aber außerdem glänzt oft der obere und der untere Theil des innern Ringes bei E, F, so hell, daß man auch hier einen blendenden Glanz, meistens von einem längern Bogenstücke ausgehend, gewahr wird, und diese Bogenstücke als zwei neue Nebensonnen darstellend ansehen könnte. Endlich zeigt sich der innere Hof zuweilen noch durch einen elliptischen Ansatz so verdoppelt, daß der elliptische Hof oben und unten mit dem kreisförmigen zusammenfällt, neben der Sonne aber sich rechts und links weiter ausdehnt.

Um die Erklärung des Phänomens ganz durchzuführen, muß man vorzüglich die drei Arten von Kreisen und Bogen unterscheiden, und dann scheint es mir, daß die von Mariotte, Venturi und Fraunhofer, zum Theil auch schon von Huyghens angegebenen Erklärungen fast ganz ausreichen, um die Entstehung des ganzen Phänomens, das freilich in einzelnen Fällen noch mehr unregelmäßige Kreise gezeigt hat, zu übersehen.

Der Grund dieser Erklärung liegt in der Voraussetzung, daß zu der Zeit, da die Erscheinung sich zeigt, die höhern, zuweilen vielleicht auch die tiefern Luftschichten mit Eisnadeln erfüllt sind, die die Gestalt gleichseitiger dreieckiger Prismen haben, und unter Winkeln von 60 Graden mit einander verbunden sind. Diese Voraussetzung hat freilich vielen Widerspruch gefunden, da die Erscheinung oft auch im Sommer statt findet, und namentlich der innere Hof, selbst im Som-

mer, so oft erscheint, daß man zweifelte, ob zu diesen Zeiten Schneenadeln in der Luft sein könnten; aber wenn man die große Einfachheit erwägt, mit welcher mehrere Umstände völlig genau, und andre wenigstens so wahrscheinlich, daß man nur genauerer Beobachtungen zu bedürfen scheint, um auch sie als genau in der Theorie begründet anzusehen, erklärt werden, so kann man jener Voraussetzung schwerlich seinen Beifall versagen. Schon das spricht sehr für diese Hypothese, daß doch der Winter diese Phänomene zahlreicher liefert, und daß die ausgezeichnet schönen Phänomene vorzugsweise in nordlichen Gegenden, selten in südlichern Gegenden, beobachtet sind; ferner, daß man zuweilen bei heiterm Himmel an kalten Tagen feine Schneenadeln herabfallen sieht, die so fein sind, daß sie nur unter günstigen Umständen einzeln, als hervorglänzend im Sonnenstrahle, wahrgenommen werden; aber auch der Umstand, daß Ringe um die Sonne und selbst recht ausgezeichnete Phänomene dieser Art im Sommer erscheinen, giebt keinen Gegengrund gegen diese Hypothese, indem gewiß die Wolken sich oft in Gegenden befinden, wo es, selbst in der wärmsten Jahreszeit, Eisnadeln geben kann, dann aber diese Eisnadeln beim Herabfallen längst geschmolzen und verdunstet sind, ehe sie die Erde erreichen können. Es kömmt daher nur darauf an zu zeigen, wie jene drei verschiedenen Arten von Kreisen oder Bogen und wie die Nebensonnen sich mit Hülfe jener dreiseitigen Prismen erklären lassen.

Die durch die Sonne gehenden Kreise lassen sich am leichtesten erklären, und wir haben dazu nicht nöthig, zu entscheiden, ob die Eisnadeln prismatisch oder cylindrisch sind. Der durch die Sonne gehende Horizontalkreis entsteht nämlich ohne Zweifel aus der bloßen Reflexion des Sonnenlichtes an diesen Schneenadeln, und zwar an denen, welche in verticaler Richtung schweben. Denken wir uns, rund um uns, vertical

gestellte Spiegel-Ebnen, so wird das Sonnenbild, welches sich uns in einem derselben zeigt, ebenso hoch, als die Sonne selbst über dem Horizonte erscheinen; denn die Regel der Spiegelung ist ja, daß das Bild so weit hinter dem Spiegel, als der Gegenstand vor dem Spiegel, liegt, und daß also, bei verticaler Lage des Spiegels, unser Auge sich nach einem Puncte der durch die Sonne gehenden Horizontallinie hinrichtet, der ebenso entfernt, als sie selbst, ist. Solche Bilder aber können wir in unzähligen Verticalspiegeln sehen, wenn der der Sonne gegenüber stehende senkrecht auf die Gesichtslinie ist, wenn der 90 Grade von der Sonne abstehende mit der Gesichtslinie einen Winkel von 45 Graden macht, wenn der 60 Grade von der Sonne abstehende 30 Grade von der Gesichtslinie abweicht u. s. w. Befinden sich also überall in der ganzen Atmosphäre solche Spiegel oder solche vertical schwebende Eisnadeln, so können wir rund um den Horizont herum, überall gleich hoch mit der Sonne, solche Sonnenbilder, also einen ganzen hellen Ring sehen, der bloß weiß erscheinen wird, weil bei der Spiegelung keine Zerlegung des Lichtes in Farbenstrahlen eintritt.

Dieser weiße Horizontalkreis deutet also, so oft er sich zeigt, auf eine in vorwaltender Menge vorhandene Zahl von vertical schwebenden Eisnadeln hin; aber da mit diesen Nadeln gewöhnlich andre unter einem Winkel von 60 Graden verbunden sind, so können nun auch noch andre weiße Kreise sich zeigen, die gleichfalls durch die Sonne gehen und mit jenem Kreise Winkel von 60° machen. Indeß, damit diese entstehen können, müssen die unter 60 Grad geneigten Prismen alle nach einer Richtung geneigt sein, und die Entstehung der beiden Kreise SQB, SRB scheint daher zu fordern, daß die Schneesternchen, wo nicht alle, doch in überwiegender Zahl eine gleiche Lage haben. Wenn man sich solche parallele, un-

ter 60 Grad gegen den Horizont geneigte Nadeln denkt, so wird sich ein Kreis, dessen ganze Ebne senkrecht gegen ihre Richtung ist, ebenso gut zeigen, als sich der Horizontalkreis senkrecht auf die Richtung der verticalen Nadeln zeigte, und ich glaube, daß man jene Kreise wohl als auf diese Weise entstehend ansehen darf. Der Fall, daß eine so große Menge von Eisnadeln die gleiche und vortheilhafte Lage hat, kann aber wohl nur selten eintreten, und daher mag es kommen, daß diese Kreise sich auch nur selten zeigen, und da gewiß immer nicht alle diese Lage haben, auch die Kreise ein matteres Licht zeigen, als der Horizontalkreis.

Zu den durch die Sonne gehenden Kreisen gehört auch noch der nicht oft mit dem Phänomene der Nebensonne gleichzeitig vorkommende Verticalkreis, der sich zuweilen ohne Begleitung der übrigen verwandten Erscheinungen, zuweilen zugleich mit dem Horizontalkreise zeigt, und im letztern Falle ein Kreuz, dessen Mitte die Sonne oder der Mond einnimmt, oder ein Kreuz, dessen Mitte diesen Gestirnen gerade gegenüber steht, darstellt. Dieser Verticalkreis entsteht wohl sicher durch Spiegelung an horizontalen Nadeln, wenn diese in hinreichend großer Anzahl eine gegen die nach der Sonne gehende Richtung senkrechte Lage haben. Man sieht diesen Horizontalkreis am besten beim Aufgange oder Untergange der Sonne, wo er sich zuweilen als eine hoch hinauf reichende feurige Säule zeigt, deren Farbe weiß oder feuerroth ist, je nachdem das weiße oder orangefarbene Licht der höher oder tiefer stehenden Sonne es fordert.

Die zweite Art von Kreisen, die bei dem Phänomene der Nebensonnen vorkömmt, sind die Ringe oder Höfe, oder diejenigen Kreise, deren Mittelpunct die Sonne ist.

Wenn man die Entstehung des Regenbogens kennt, so findet man sich leicht veranlaßt, auch für diese Ringe eine

ähnliche Erklärung aufzusuchen, und das um so mehr, da die verhältnißmäßig dunkle Farbe des innern Raumes des ersten Ringes zu der Vermuthung führt, daß dieser Ring eine Grenze des uns durch irgend eine Brechung zugesandten Lichtes darstelle. Da diese Ringe einen so sehr nahe gleichen, fast immer zu 22 Graden (oder von 20 bis 24 schwankend) angegebenen Halbmesser haben, so kann die Hypothese, welche nach genauer Berechnung den Ringen einen solchen Halbmesser giebt, als durch diese Uebereinstimmung sehr wohl bestätiget angesehen werden. Eine solche Hypothese ist aber die, daß gleichseitig dreiseitige Prismen durch die in ihnen statt findende Brechung die Höfe hervorbringen. Daß wir dabei die Prismen als mit ihren Kanten senkrecht gegen die durch Sonne und Auge gelegte Ebne stehend voraussetzen, wird wohl niemanden befremden; denn wenn auch Prismen in allen Richtungen in der Luft schweben, so kommen unter ihnen doch gewiß sehr viele vor, die diese Richtung haben, und die Wirkung, die sie hervorbringen, findet statt, wenn gleich andre unwirksame Prismen zu eben der Zeit in großer Menge neben ihnen vorhanden sind. Man kann sich aber leicht überzeugen, erstlich, daß aus solchen Prismen, wenn sie gerade zwischen dem Auge und der Sonne stehen, kein gebrochener Lichtstrahl zum Auge gelangen kann, sondern daß man das Prisma beträchtlich von dieser Linie entfernen muß, um einen gebrochenen Sonnenstrahl durch dasselbe zu erhalten, und zweitens, daß die Prismen, welche gerade die Stellung erreicht haben, um uns zuerst durch Brechung einen Sonnenstrahl zuzusenden, uns mehr Sonnenlicht zusenden werden, als es bei weiterer Entfernung von der Sonne der Fall wäre. Gewiß haben die Prismen, deren Längenrichtung senkrecht gegen die durch Sonne, Auge und Prisma gelegte Ebne ist, die mannigfaltigsten Lagen, und man kann im Allgemeinen sagen,

daß nur bei einer einzigen sehr bestimmten Lage der sie treffende Sonnenstrahl ST dem Auge O zu gebrochen werde (Fig. 13.); aber schon eine sehr genaue Zeichnung, noch besser eine sorgfältige Berechnung, zeigt, daß es auf diese genau bestimmte Lage nicht so sehr ankömmt, wenn das Prisma in der Richtung liegt, aus welcher zuerst ein Sonnenstrahl zum Auge kommen kann. Bei dieser Stellung geht der gebrochene Strahl im Innern des Prisma's so fort, daß das Dreieck WTV gleichschenklich wird, und wenn in der Linie OV mehrere Prismen liegen, deren Lage auch um 10 Grade anders ist, oder wenn auch das Prisma TWV selbst um 10 Grade gedreht wird, so erhält noch immer das Auge O den gebrochenen Lichtstrahl, statt daß für ein in t befindliches Prisma die kleinste Drehung hinreicht, um zu bewirken, daß der Lichtstrahl am Auge O vorbeigeht *). Liegen also in der

*) Daß dies sich so verhält, davon kann man sich mit Hülfe eines Glasprisma's überzeugen. Man halte ein Prisma zwischen dem Auge und einem brennenden Lichte so, daß die Axe des Prisma's senkrecht gegen die nach dem Lichte gezogene Linie ist, und man wird bei der Drehung des Prisma's um seine Axe nie das Licht durch das Prisma sehen. Man rücke das Prisma ein wenig herab, lasse es senkrecht bleiben gegen die Ebne, welche durch das Auge, das Licht und das Prisma gelegt ist, und versuche, durch Drehung des Prisma's um seine Axe, ob es eine Stellung giebt, wobei das Licht gesehen wird; und man wird bald finden, daß das Prisma schon ziemlich weit von der nach dem Lichte zu gezogenen Linie entfernt werden muß, um ein Bild des Lichtes durch das Prisma zu erhalten. Da, wo dieses Bild sich zuerst zeigt, behält es seine scheinbare Lage ungeändert, wenn man auch das Prisma um mehrere Grade dreht, und mehrere kleine Prismen neben einander, oder vor einander, um mehrere Grade in ihrer Stellung von einander abweichend werden alle den Lichtstrahl zum Auge hin senden. Ist dagegen das Prisma weiter vom Lichte entfernt und hat man ihm die richtige Stellung, um das Bild des Lichtes zu sehen, gegeben, so bedarf es nur einer ganz geringen Drehung, um

Richtung OV ebenso viele Prismen, als in der Richtung Ot, so erhält O in der erstern Richtung viel mehr Licht, weil alle Prismen, deren Stellungswinkel nur nicht über 8 oder 10 Grade von der vortheilhaftesten Lage abweicht, noch ihr Licht dem Auge zusenden, statt daß in Ot schon eine Ungleichheit der Lage, die einen Grad beträgt, zureicht, um das Licht abzulenken. Aus diesem Grunde zeigen sich also die Eisprismen, welche uns zuerst, in der möglichst größesten Nähe bei der Sonne, den Lichtstrahl zusenden, am glänzendsten, und da eben dieses rund um die Sonne in gleicher Entfernung statt findet, so sehen wir in dieser Entfernung einen Ring um die Sonne.

Da man die Größe der Brechung des Lichtstrahls im Eise kennt, so kann man berechnen, wie weit von der Richtung nach der Sonne das Prisma entfernt sein muß, welches zuerst gebrochene Strahlen in das Auge sendet; man findet diesen Abstand für die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit 21°. 50′, für die rothen 21°. 32′, und diese Zahlen stimmen so genau, als man verlangen kann, mit der Beobachtung überein; das Roth macht nämlich den innern Rand dieses Ringes aus.

---

dieses Bild merklich fortrückend zu zeigen, so daß mehrere nahe an einander oder vor einander liegende Prismen nicht mehr bei etwas ungleicher Stellung dem Auge ihre Strahlen vereint zusenden.

Wenn man so allmählig weiter von der nach dem Lichte gezogenen Linie dem Prisma die Stellung zu geben sucht, bei welcher man das Bild sieht, so bemerkt man endlich, daß die Seitenfläche, aus welcher der Strahl hervorgeht, erweitert das Auge trifft, und daß man bei weiterer Entfernung von jener Linie das Bild gar nicht mehr sehen kann. Erst wenn man das Prisma viel weiter von jener Linie entfernt, erhält man ein durch Zurückwerfung von der Hinterfläche dem Auge zugeworfenes Licht.

In dem Durchschnitte dieses Ringes mit dem Horizontalkreise stehen nun ungefähr die Nebensonnen; aber nicht immer sind sie ganz genau in diesem Ringe, sondern, namentlich dann, wenn die Sonne ziemlich hoch steht, sieht man sie etwas außerhalb des Ringes auf dem Horizontalkreise. Auch dieser kleine Umstand erklärt sich aus der Brechung in prismatischen Eisnadeln. In den vertical schwebenden Nadeln nämlich giebt es ebenso wie in denen, welche gegen die durch Sonne und Auge gelegte Ebne senkrecht sind, ein Minimum des Abstandes, wobei noch gebrochene Strahlen in das Auge kommen; aber die Rechnung zeigt, daß bei ziemlich hohem Stande der Sonne diejenigen Prismen, die, bei verticaler Lage, zuerst Lichtstrahlen dem Auge zusenden, entfernter von der Sonne liegen, als die gegen jene Ebne senkrechten Prismen. Daß die Prismen, die so zuerst Strahlen ins Auge senden, die wirksamsten sind, findet aus eben den Gründen, wie vorhin, statt, und so ist es ganz richtig, daß, wenn die verticalen Prismen die größere Zahl ausmachen und die gegen den Sonnenstrahl senkrechten Prismen nur einen schwachen Ring darstellen, die Nebensonnen außerhalb des Ringes stehen müssen.

Die Nebensonnen zeigen sich oft an der von der Sonne abgekehrten Seite wie mit einem horizontalen Schweife versehen. Dieses kömmt theils davon her, weil auch für die etwas entfernteren Prismen das noch ziemlich gut statt findet, was für die nächsten noch besser der Fall ist, daß Prismen in etwas ungleichen Lagen zu Verstärkung des dem Auge zu gebrochenen Lichtes beitragen, theils entsteht es aus der Mischung der Strahlen, die hier von den gegen den Sonnenstrahl senkrechten Prismen und von den verticalen Prismen dem Auge zugesandt werden, und diese schweifähnliche Ver-

längerung der Nebensonnen muß also am meisten bei hohem Stande der Sonne statt finden.

Diese erste merkwürdige Stellung des Prisma's, wobei zuerst Sonnenstrahlen ins Auge kommen, erklärt also alle Umstände des ersten Ringes. Eine zweite merkwürdige Stellung ist die, wo die letzten Strahlen aus dem Prisma durch Brechung in das Auge gelangen. Wenn das Prisma sich ungefähr in der Gegend von t befindet, so macht der aus dem Prisma gegen das Auge O gebrochene Strahl schon einen kleineren Winkel, als OV mit der Seite des Prisma's, oder dieses muß, damit der gebrochene Strahl nach O gelange, eine solche Stellung haben, daß dieser Winkel kleiner ist. Je mehr das Prisma nach Y zu rückt, desto kleiner wird dieser Winkel, und XYZ ist die Lage und Stellung des Prisma's, bei welcher der letzte aus dem Prisma hervorgehende Strahl noch das Auge erreichen kann, wenn immer der einfallende Strahl S'T' mit ST parallel ist. So wie also das Auge, in dem scheinbaren Abstande = sOV = 21°. 50′ von der Sonne, den ersten gebrochenen Strahl empfing, so erhält es aus dem Prisma, dessen scheinbarer Abstand von der Sonne = sOY ist, den letzten Strahl durch Brechung. Die Rechnung zeigt, daß der so entstehende Ring sich etwas über 43 Grade von der Sonne zeigen muß. Dieser Rand, der durch die letzten aus Brechung hervorgehenden Sonnenbilder entsteht, sollte vorzüglich nur Blau und Violett, als die von der Sonne am meisten entfernten Strahlen, zeigen; aber es ist merkwürdig, daß bei Eisprismen sich mit diesen letzten aus den Prismen hervorgehenden Strahlen noch andre Strahlen verbinden, um uns eben den Ring schöner zu zeigen. Nicht bei jedem brechenden Körper würde sOV′ doppelt so groß als sOV sein, aber bei Eisprismen, wenn in ihnen, wie Brewster angiebt, das Brechungsverhältniß 1 : 1,307 ist,

trifft diese Verdoppelung fast aufs Genaueste zu, und daraus geht diese Verstärkung des zweiten Ringes hervor. Läge nämlich etwa in L ein Prisma genau in eben der Stellung wie WRQ, so ginge der am wirksamsten gefundene Strahl aus diesem Prisma parallel mit VO hervor; und wenn dieser Strahl auf ein in der Gegend XYZ schwebendes Prisma trifft, welches die gehörige Stellung zur vortheilhaftesten oder wirksamsten Brechung hat, so gelangt der zum zweiten Male in diesem Prisma gebrochene Strahl in eben der Richtung V'O zum Auge, und es würde sich also durch die Strahlen, welche in zwei Prismen so gebrochen sind, daß sie am meisten Licht ins Auge bringen, ein farbiger Ring von genau doppelt so großem Halbmesser, als der erste Ring, bilden. Dieses Zusammentreffen mit jenem vorhin bestimmten Farbenrande muß uns einen lebhafteren Ring zeigen, der die Farben schöner als der erste darstellt, weil sie doppelt so weit auseinander gebrochen sind, als im ersten Ringe. Die Beobachtung zeigt, daß dieser zweite Ring so genau, als man bei so matt erleuchteten Gegenständen messen konnte, wirklich einen doppelt so großen Halbmesser, als der erste, hat, und also auf den berechneten Ort trifft; sie zeigt, daß die Farben schöner und reiner sind, als beim ersten Ringe, und wenn ich meiner Erinnerung trauen kann, so zeigt auch das Roth und Grün sich so, daß man jene Beimischung von Blau, die der blaue Rand der letzten gebrochenen Strahlen liefert, darin erkennen kann; — doch muß aus künftigen Beobachtungen dies noch vollständiger entschieden werden.

Endlich aber giebt es noch eine dritte Stellung der Prismen, die merkwürdig ist. Wenn das Prisma über Y hinausrückt, so werden bei eben der Stellung, welche XYZ zeigt, die auffallenden Strahlen nicht mehr bei V' hervordringen, sondern sie werden an der Hinterseite XY des Prisma's re-

flectirt. Diese zurückgeworfenen Strahlen gehen oberhalb O weg, bis das Prisma nach xyz kömmt, dort aber gelangt der reflectirte Strahl zum Auge. Vermöge dieses reflectirten Strahles sollte sich, 86 bis 87 Gr. von der Sonne entfernt, ein dritter schwacher Ring um die Sonne zeigen, und dieses scheint der schwache Ring zu sein, den Hevel einmal, als 90 Grade von der Sonne entfernt, beobachtet hat. In seinem Durchschnittspuncte mit dem Horizontalkreise könnten sich dann Nebensonnen zeigen, die genau in dem Durchschnittspuncte lägen, wenn die vertical schwebenden Nadeln in geringerer Anzahl vorhanden wären, und etwas näher bei der Sonne, als dieser, liegen, wenn die Brechung und Reflexion auf ähnliche Art in den Verticalnadeln statt findet. Mehrere Beobachter haben in I, K, Nebensonnen gesehen, und ihren Abstand von der Sonne bald 90 Grade angegeben, bald sie bis auf ein Drittel des Halbkreises nach der Gegensonne hingerückt wahrgenommen; und obgleich ich nicht sicher zu behaupten wage, daß diese beobachteten Nebensonnen eben die sind, die nach der eben angestellten Betrachtung hervorgehen sollten, so ist es doch wenigstens bemerkenswerth, daß die Berechnung diesen Nebensonnen eben den, nach Verschiedenheit der Sonnenhöhe, bedeutend ungleichen Platz anweist, den ihnen die nicht sehr genau angestellten Beobachtungen geben. Wenn sich bei künftigen Beobachtungen zeigen sollte, daß ihr Ort bei höher steigender Sonne sich so ändert, wie es die Rechnung angiebt, so würde daraus eine vollständige Bestätigung dieser Erklärung hervorgehen; — im entgegengesetzten Falle müßte man andre Umstände aufsuchen, auf welchen die Erscheinung dieser Nebensonnen, die immer silberweiß erscheinen, beruhet.

Den schwierigsten Theil des Phänomens haben immer die Berührungsbogen ausgemacht. Sie lassen sich aus denselben Principien wie die Ringe erklären, wenn man an-

nimmt, daß eine große Menge horizontal schwebender Schneenadeln zu der Zeit, da sie erscheinen, vorhanden sind. Diese horizontalen Nadeln müssen, wenn sie uns vertical über oder vertical unter der Sonne erscheinen, 22 Grade von ihr abstehen, um uns durch Brechung die am meisten wirksamen Strahlen zuzusenden; aber sie müssen entfernter von der Sonne sein und einen bestimmten Ort über dem Horizonte haben, wenn sie, seitwärts von dem Verticalkreise der Sonne, eben die Wirkung haben sollen. Eine genaue Rechnung zeigt, daß die Reihe der auf diese Weise wirksamen Prismen einen Bogen bildet, der wenigstens nahe dem Bogen gleich kömmt, welchen man in E und F berührend gesehen hat, und daß auch bei P ein eben solcher Bogen entstehen kann. Es fehlt uns an hinreichend genauen Beobachtungen, um die Resultate der Theorie *) zu prüfen; aber da die Theorie sehr strenge Bestimmungen giebt, so wird es künftigen Beobachtern nicht schwer sein, diese Prüfung anzustellen. Als einen Umstand, der günstig für die Theorie zu sprechen scheint, führe ich indeß an, daß sie befriedigende Gründe angiebt, warum der Berührungsbogen bei F so vorzüglich glänzend ist, wie Lowitz ihn beobachtet hat.

Ist aber diese Erklärung für diejenigen Berührungsbogen richtig, die gerade oberhalb und gerade unterhalb der Sonne sich zeigen, so leidet es wohl keinen Zweifel, daß auch die in L, M, N, O, 60 Grade vom Horizontalkreise beobachteten Berührungskreise ebenso erklärt werden müssen, indem die unter 60 Grad Neigung an die Horizontalnadeln befestigten Eisnadeln für sie die Erklärung ebenso ergeben, wie es die horizontalen Nadeln für jene thaten. Die Umstände, welche fel-

*) Wofür in Gehlers Wörterbuch Art. Hof genaue Zahlen-Angaben vorkommen.

ten eintretend sich gerade dann zusammenfinden müssen, wenn diese Berührungsbögen erscheinen sollen, werden sich vermuthlich auffinden lassen, wenn nur erst eine sehr sorgfältige Ausmessung der Berührungskreise und der Veränderungen, welche sie bei verändertem Stande der Sonne erleiden, die Ueberzeugung gewährt hat, daß die angegebne Erklärung der Hauptsache nach richtig ist. Die Berechnung ergiebt, daß diese Bogen nicht eigentlich Kreisbogen sind, daß sie aber in der Nähe des Berührungspunctes nicht sehr von der Kreisform abweichen, und daß bei einer Sonnenhöhe von 30 Graden die oberen Berührungsbogen ziemlich das Ansehen von Kreisbogen, die dem Horizonte parallel sind, haben müssen.

Ich muß endlich noch einige Worte über den elliptischen Bogen sagen, den man zuweilen als den inneren Hof umfassend und sich nach horizontaler Richtung breiter ausdehnend beobachtet hat. Es scheint, daß man ihn als sich an die ersten Nebensonnen anschließend betrachten muß, und daß er nur erscheint, wenn diese außerhalb des innern Ringes stehen. Dieser Umstand leitet zu der Vermuthung, daß sich in den von der verticalen Stellung etwas abweichenden Nadeln ebenso ein lebhafteres Sonnenbild an der Stelle der kleinsten Brechung zeigt, wie in den verticalen Nadeln, aber schwächer, weil es der vertical schwebenden Nadeln mehrere geben muß. Dieses Bild wird sich nahe am Horizontalkreise, die aus den verticalen Nadeln her entstehende Nebensonne verlängernd, zeigen, aber etwas weniger als diese von der Sonne entfernt sein. Auch für die noch in stärkerer Neigung gegen die Verticale schwebenden Nadeln wird es wieder ein solches Bild geben; und so wird sich die Folge der Bilder an einander reihen und sich zuletzt an das Bild, welches die horizontalen Prismen darbieten, das heißt, an die obere und untere Seite des ersten Ringes anschließen.

In einzelnen Fällen hat man statt des einfachen innern Ringes zwei oder drei gesehen. Waren es drei, so lag die Sonne selbst im Mittelpuncte des einen, und die beiden Mittelpuncte der beiden andern lagen nahe neben der Sonne auf dem Horizontalkreise; die drei Höfe liefen oberhalb der Sonne in einander, indem sie sich gerade über ihr, und ebenso gerade unter ihr durchschnitten. In solchen Fällen muß es wohl ganz nahe neben der Sonne zwei ungemein helle Flecke im Horizontalkreise geben, die, fast der Sonne selbst gleichend, jeder um sich einen eben solchen Ring darstellen, wie der Ring um die Sonne.

So, glaube ich, giebt die Brechung und Spiegelung in Eisprismen Auskunft über alle die Phänomene, die genau und öfter beobachtet sind; einzelne Beschreibungen, die noch andre Kreise angeben, sind theils zu unvollkommen, theils scheinen bei den Phänomenen so selten vorkommende Umstände eingetreten zu sein, daß man ihre Erklärung wohl bei Seite setzen muß.