II.

DARSTELLUNG

seiner Untersuchungen über die irdische Strahlenbrechung, und über die sogenannte Luftspiegrlung;

und was in dieser Materie noch zu thun ist;

von

H. W. BRANDES zu Eckwarden;

in einem Schreiben an den Prof. Gilbert.

In dem Jahrgange 1804, Stück 6. (B. 19. S. 129.) dieser *Annalen* findet sich der ausführliche Bericht des Hrn. Dr. Brandes über die Beobachtungen, welche er vom 24. März bis 24. Oktober 1803 zu Eckwarden an der Jahde angestellt hat, um, wo möglich, die wunderbaren Anomalieen aufzuklären, welche sich in der Brechung der Lichtstrahlen zeigen, wenn diese von hohen und entlegenen irdischen Gegenständen zu dem Auge gelangen. Die Physiker haben dem Fleisse, womit diese Beobachtungen angestellt, und dem Scharffinne, womit aus ihnen Resultate gezogen sind, Gerechtigkeit widerfahren lassen. Herr Brandes begnügte sich mit ihnen nicht; er sah sie nur als eine Vorbereitung zu vollkommeneren Beobachtungen an. Diese führte er im folgenden Jahre aus (vergl. diese *Annalen*, J. 1804. St. 12.), und fügte ihnen im März 1805 eine wichtige Reihe von Beobachtungen, mit beständiger Beziehung auf die Temperatur, hinzu, welche die Luft zu derselben Zeit in 16 $\frac{1}{2}$ und in 4 F. Höhe über der Erdoberfläche

hatte (Jahrg. 1805. St. 4.). Erst diese musterhaften Reihen von Beobachtungen, deren Zahl auf 1500 stieg, führten Herrn Brandes zu ganz bestimmten Resultaten, und befriedigten ihn auch in Beziehung auf das Höhenmessen völlig (Jahrg. 1806. St. 8.). Da die Bearbeitung derselben für diese Annalen zu weitläufig wurde, entschloß er sich, sie in einem eigenen Werkchen bekannt zu machen, welches vor einigen Jahren erschienen ist: *Beobachtungen über die Strahlenbrechung, und empirische Resultate aus denselben, von Brandes. Oldenburg, bei Schulze. 1807. 8.* Diese Beobachtungen und dieses Werk sind es, über die Hr. Dr. Brandes in dem folgenden Briefe, den er mir schrieb, eine lehrreiche Uebersicht giebt; sie ergänzt die schon in den Annalen enthaltenen Notizen von seiner Arbeit, und wird den Physiker und den praktischen Geometer in mehr als einer Hinsicht interessiren. Herr Brandes hat mehrmahls den Wunsch geäußert, noch eine ausgedehntere Reihe gleichzeitiger Beobachtungen der irdischen Strahlenbrechung und der Lufttemperatur in verschiedenen Höhen anstellen zu können; bloß der Mangel eines Gehülfen und einiger Instrumente hindert ihn daran. Dieses Hinderniß ist mit so wenigem Aufwande zu beseitigen, daß ich hoffen darf, durch diese Zeilen die Veranlassung zu geben, daß die schon so weit geführten Beobachtungen, welche sich nicht überall anstellen lassen, zum allgemeinen Gewinn der Wissenschaft ganz zu Ende gebracht werden. Wenigstens schiene es mir dem Zwecke und den Mitteln mancher der größeren naturforschenden Gesellschaften zu entsprechen, dem geübten und scharfsinnigen Beobachter aus eigenem Antriebe und freiem Entschlusse hierzu die Mittel zu verschaffen.

Gilbert.

Eckwarden, 11. Dec. 1809.

Ihr letzter Brief, mein verehrungswürdiger Freund, enthält über meine Beobachtungen der Refraction eine Aeußerung, welche mich hoffen läßt, daß Sie einem kleinen Berichte über diese Beobachtungen und den Inhalt meines Werkes einen Platz in Ihren Annalen nicht verweigern werden. Ich habe einige Bemerkungen über dasjenige angehängt, was durch künftige Beobachtungen noch näher bestimmt werden mußte.

Der Zweck dieser Beobachtungen ging zuerst dahin, dreierlei zu finden: nämlich 1) die Gesetze, nach welchen die scheinbare Höhe gleich entfernter, aber ungleich hoher, *Gegenstände* sich ändert, wenn man sie aus einerlei Standpunkt betrachtet; 2) die Gesetze, nach welchen sich die scheinbare Höhe gleich hoher, aber ungleich entfernter, *Gegenstände* richtet; und 3) die Regel, wie die scheinbare Höhe *desselben* Gegenstandes sich ändert, wenn man ihn aus zwei bloß an Höhe verschiedenen Standpunkten beobachtet. Hierzu kam in der Folge noch 4) die Untersuchung, wie die scheinbare Höhe eines Gegenstandes sich ändert, wenn die obere Luft wärmer oder kälter als die untere ist.

Warum meine frühern Beobachtungen, wo der Lichtstrahl über eine Wasserfläche ging, keine deutlichen Resultate gaben, darüber habe ich mich in dem Buche umständlicher erklärt, und auch die einzelnen merkwürdigen Folgerungen, die sich bei diesen Beobachtungen fanden, angeführt. Von

den letztern will ich hier nur eine besonders auffallende erwähnen. Unter jenen ersten Beobachtungen waren mehrere auf eine 62000 par. Fuß entfernte Kirche, aus Standpunkten, die 14 Fuß an Höhe verschieden waren, gerichtet, und dieser Gegenstand hätte also bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen alle Mal im untern Standpunkte um 45" höher als im obern erscheinen sollen. Dieses war aber keinesweges der Fall; vielmehr änderte sich dieser Unterschied so sehr, daß er zuweilen beinahe das Sechsfache betrug, zuweilen aber verschwand, und sogar negativ wurde, indem die Kirche unten weniger über dem Horizonte erhoben schien, als in dem höhern Standpunkte. Wer also die Entfernung jenes Gegenstandes aus den auf dieser vertikalen Standlinie beobachteten Höhenwinkeln hätte bestimmen wollen, hätte nicht nur zu gewissen Zeiten diese Entfernung um $\frac{4}{5}$ zu klein bestimmt, sondern er würde zu anderer Zeit ganz verlegen geworden seyn, da die von demselben Gegenstande kommenden Lichtstrahlen merklich divergirten, statt zu convergiren.

Die Beschreibung der Beobachtungen übergehe ich hier. In dem *ersten Abschnitte* meines Buches findet man sie vollständig, und zugleich die ganze Reihe aller Beobachtungen, deren Mittheilung dort nöthig war, um den Leser in den Stand zu setzen, über die Richtigkeit der Folgerungen, welche ich aus ihnen gezogen habe, selbst zu urtheilen. Der *zweite Abschnitt* enthält diese Resultate, und von

ihnen will ich hier das Wichtigste in der Ordnung, welche die dortigen 5 Abtheilungen angeben, mittheilen.

1. Wenn man die scheinbare Höhe einiger Gegenstände auf der Erde öfters beobachtet, und zugleich die Wärme der Luft jedes Mahl in verschiedenen Höhen untersucht, so findet man ganz allgemein, daß die scheinbare Höhe jedes Gegenstandes desto größer ist, je wärmer die höhern Luftschichten in Vergleichung der niedrigeren sind. Bei meinen Beobachtungen änderte sich der Unterschied der Temperatur in Höhen, die nur $12\frac{1}{2}$ par. Fuß verschieden waren (nämlich 4 und $16\frac{1}{2}$ Fuß über der Erdoberfläche), von $-\frac{3}{4}$ bis $+\frac{15}{8}$ Grad der 80theiligen Scale, und zwar so, daß in den wärmsten Stunden des Tages ein negativer Unterschied Statt fand, oder die Wärme in der Nähe der Erde am größten war, indeß in den Morgenstunden und ganz vorzüglich Abends, kurz nach Sonnenuntergang, an stillen Tagen, die Luft in der Höhe bedeutend, zuweilen über $1\frac{1}{2}$ Grad, wärmer als unten war. Mit dieser verschiedenen Wärmedifferenz gehörte nun auch alle Mahl eine bestimmte scheinbare Höhe der beobachteten Gegenstände zusammen, und diese war immer desto größer, je mehr die Temperatur in der Höhe die untere Wärme überwog. Zwar fanden sich zwischen den Beobachtungen kleine Abweichungen, wie sich das hier, wo es auf Kleinigkeiten besonders bei den Thermometer-Beobachtungen ankam,

auch nicht anders erwarten liefs; aber die Uebereinstimmung unter den Beobachtungen war wenigstens hinreichend, um bei der grossen Anzahl derselben aus ihnen genau zu bestimmen, welche scheinbare Höhe der beobachteten Gegenstände jeder bestimmten Wärmedifferenz entspricht, und so eine vollständige Reihe der gegenseitig correspondirenden Werthe dieser beiden Grössen anzugeben. Diese reguläre Reihe, welche sich in der Mitte zwischen den Abweichungen hält, die aus Beobachtungsfehlern oder zufälligen Irregularitäten entspringen, kann als das wahre Resultat der Beobachtungen angesehen werden. Sie zeigte, daß bei gleichförmigem Wachsen des Wärme-Unterschiedes die scheinbare Höhe eines Gegenstandes nicht gleichförmig wuchs, sondern daß bei gleichem Wachsen der Wärmedifferenz die scheinbare Höhe sich am schnellsten änderte, wenn diese Differenz $+\frac{1}{2}$ Grad betrug. Bei einem Gegenstande, der 28050 par. Fufs entfernt war, betrug so z. B. die scheinbare Höhe 3' 45", als die Luft in $16\frac{1}{2}$ Fufs Höhe um $\frac{1}{8}$ Gr. kälter war, als in 4 F. Höhe; dieser Gegenstand erhob sich um 16", während diese Wärmedifferenz um $\frac{1}{8}$ Gr. abnahm; und die scheinbare Höhe desselben änderte sich um 25", als sich die Wärmedifferenz von $+\frac{1}{8}$ bis $+\frac{1}{2}$ vermehrte, als nämlich die obere Luft die untere an Wärme übertraf. Eben diese Aenderung betrug nur 18", als die Wärmedifferenz von $+\frac{1}{8}$ bis $+\frac{1}{2}$ Grade zunahm. Die Ursache dieser Ungleichheit scheint

in dem Gefetze zu liegen, welches die Wärmeabnahme in großen Höhen befolgt, worüber aber fortgesetzte Beobachtungen, welche sich bis zu größern Höhen erstrecken müssen, noch vollständigere Aufklärung geben werden.

Die Beobachtungen leiteten nun auch zu Schlüssen über die *wahre* Höhe der beobachteten Gegenstände, indem sich aus ihnen der Zeitpunkt bestimmen liefs, wo die Lichtstrahlen geradlinig fortgingen. Auch die Tageszeit, zu welcher man die Gegenstände am meisten in ihrer natürlichen Höhe sieht, liefs sich nun angeben, so dafs die Resultate dieser Beobachtungen schon für sich allein für das Nivelliren sehr interessant seyn würden.

2. Unter den 11 Gegenständen, worauf die Hauptreihe der Beobachtungen gerichtet war, fanden sich mehrere, welche eine gleiche Entfernung, aber eine ungleiche scheinbare Höhe, hatten; aus ihnen liefs sich also bestimmen, wie die nach vertikaler Richtung genommene scheinbare Gröfse desselben Gegenstandes sich ändert, wenn er bei verschiedenem Zustande der Luft mehr oder minder über die Horizontallinie erhoben scheint. Dafs mit gröfserer Erhebung die scheinbare Gröfse (nämlich immer blofs nach vertikaler Richtung gerechnet) abnimmt, hat man schon sonst bemerkt; diese Aenderung betrug bei einem 10000 Fufs entfernten Gegenstande, dessen Mitte bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen etwa $5\frac{1}{3}$ Min. über

dem Horizonte erschien, $\frac{x}{15}$ der ganzen Gröfse und bei entfernten Gegenständen noch mehr. Es kam jetzt darauf an, das Gesetz dieser Aenderungen zu bestimmen. Meine Beobachtungen zeigen, dafs die scheinbare Gröfse nicht gleichförmig abnimmt, wenn die obere Seite des Gegenstandes gleichförmig in die Höhe zu rücken scheint; sondern dafs die Abnahme der scheinbaren Gröfse gerade dann am stärksten ist, wenn die Lichtstrahlen geradlinig fortgehen. Dieses wird durch alle Beobachtungen deutlich bestätigt.

5. Da die ungleich entfernten Gegenstände nicht alle gleich hoch erschienen, so liefsen sich die Beobachtungen nicht unmittelbar mit einander vergleichen, sondern man mußte zuvor zu bestimmen suchen, wie jedes Mal Gegenstände in eben diesen Entfernungen erscheinen würden, wenn sie bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen gleiche scheinbare Höhen hätten. Hierzu gaben die vorigen Beobachtungen Mittel an die Hand, weil nicht blofs durch sie bestimmt war, wie *zwei* ungleich hohe und gleich entfernte Objecte ihre scheinbaren Höhen gleichzeitig änderten, sondern auch, wie diese Aenderungen sich bei mehreren verhielten. Es war nämlich bei dieser Untersuchung nicht genug, zu wissen, wie sich die scheinbare Gröfse eines Gegenstandes ändert, dessen Grenzen bei geradlinigem Fortgange der Strahlen, zum Beispiel, 2 Min. und 8 Min. hoch erscheinen, sondern man mußte auch wissen, wie die obere Hälfte dieses Ge-

genstandes in Vergleichung gegen die untere, das obere Viertel in Vergleichung mit dem untern, u. s. w., seine scheinbare Gröfse änderte. Dieses in grösster Vollkommenheit zu leisten, reichten zwar die Beobachtungen nicht hin, sie gaben aber doch schon eine Regel an, die wenigstens weit genauer war, als es gewesen wäre, wenn man die Abnahme der scheinbaren Gröfsen gleichförmig über alle Theile vertheilt hätte, und die gewifs nur sehr wenig von der Wahrheit abweichen konnte. Mit Hülfe dieser Beobachtungen liefs sich durch eine Art von Interpolation bestimmen, wie z. B. ein Gegenstand in 9800 Fufs Entfernung, der im Normalzustande (bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen) 4' 55" hoch erschienen wäre, bei jeder Reihe von Beobachtungen hätte erscheinen müssen, und dieses Resultat mit denjenigen Höhen vergleichen, welche an einem 27600 Fufs entfernten Gegenstande wirklich beobachtet wurden, dessen Höhe im Normalzustande 4' 55" betrug. Wie genau man sich auf die berechneten Höhen jener fingirten Gegenstände verlassen kann; ferner, mit welcher Sorgfalt ich alle kleinen Correctionen wegen ungleicher Höhe des Auges u. s. w. in Rechnung gebracht habe, — darüber mufs man das Buch selbst nachsehen.

Die Vergleichung der Höhen dieser Gegenstände, die im Normalzustande gleich hoch erschienen, ergab nun, dafs bei gleichförmig zunehmender Höhe des entfernten Gegenstandes der nähere

sich ungleichförmig und dann am schnellsten erhebt, wenn der Lichtstrahl gerade fortgeht; eine Erfahrung, deren Grund ich deutlich erklärt zu haben glaube. Diese Ungleichförmigkeit ist bei niedrigen Gegenständen am bedeutendsten, und wird bei sehr hohen Gegenständen unmerklich, indem bei diesen die Variationen ein ziemlich beständiges Verhältniß unter sich behalten, welches mit dem Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den Entfernungen fast ganz genau übereinstimmt.

Ich habe die Beweise für diese Behauptungen in diesem Abschnitte vollständig aus einander gesetzt, und man findet zugleich die correspondirenden Höhen mehrerer ungleich entfernter Gegenstände von größerer und geringerer Höhe hier tabellarisch so aufgeführt, wie sie vermittelst möglichst einfacher Schlüsse aus den Beobachtungen folgen.

4. Nach diesen Vorbereitungen war es nun möglich, auf die allgemeine Beantwortung der Frage zu kommen, wie hoch ein Gegenstand von bekannter Entfernung wirklich sey, wenn er sich zu einer Zeit, da man auch die scheinbare Höhe eines in aller Rücksicht genau bekannten Gegenstandes bestimmt hat, unter einem gegebenen Höhenwinkel zeigt. — Diese Frage würde beantwortet seyn, wenn man bestimmen könnte, wie der unbekannte Gegenstand erscheinen muß, wenn die Lichtstrahlen gerade fortgehen. Da die vorigen Beobachtungen Anleitung geben, aus der jetzigen scheinbaren Höhe des völlig bekannten Gegenstandes, dessen Ent-

fernung $\equiv A$ seyn mag, die wahre Höhe eines eben
 so entfernten Gegenstandes zu bestimmen, welcher
 jetzt mit dem andern Gegenstande gleich hoch er-
 schiene, so kann man nun auch die wahre Höhe dieses
 unbekannten Gegenstandes, dessen Entfernung $\equiv B$
 seyn mag, angeben. Wir dürfen nämlich die dem
 Normalzustande entsprechende scheinbare Höhe je-
 nes erdichteten Gegenstandes in der Entfernung
 $\equiv A$, als bekannt annehmen; ich setze sie $\equiv a$.
 Die jetzige Höhe sey $\equiv b$, der jetzigen Höhe des
 unbekannten Gegenstandes gleich. Obgleich nun
 die Variationen der Höhen ungleich entfernter Ge-
 genstände nicht genau in beständigem Verhältnisse
 stehen, so kann man doch zur ersten Annäherung
 ein solches beständiges Verhältniß, welches dem der
 Quadratwurzeln aus den Entfernungen gleich ist,
 annehmen, und also setzen: während der Gegen-
 stand in der Entfernung $\equiv A$ seine scheinbare Hö-
 he um $b - a$ ändert, ändere der Gegenstand in
 der Entfernung $\equiv B$ seine Höhe um $b - x$, und es
 sey $b - x : b - a \equiv \sqrt{B} : \sqrt{A}$, also im Normal-
 zustande die scheinbare Höhe des unbekannten Ge-
 genstandes $\equiv x \equiv b - (b - a) \sqrt{\frac{B}{A}}$. Es hätten
 sich aus meinen Beobachtungen vielleicht noch ge-
 nauere Correctionen dieses Werthes ableiten lassen,
 aber theils wollte ich absichtlich nicht zu weit
 über die Beobachtungen hinaus gehen, theils habe
 ich auch gezeigt, daß man aus etwas vollständi-
 gern Beobachtungen, so wie ich sie vor mir hatte,
 ohne weitere Correction schon sehr genaue Höhen-

bestimmungen ableiten könne. Ich habe die Rechnung hier etwas anders dargestellt, als in meinem Buche, weil die dortige Darstellung sich ganz auf Beispiele an Zahlen bezieht, die ich hier nicht anführen und erklären konnte. Die dortige Berechnung ist zuverlässiger, aber die hier mitgetheilte wird hinreichen, um zu zeigen, daß man wirklich zu der Beantwortung der vorhin aufgestellten Frage gelangen kann.

5. Das Bisherige betraf alles die wichtigsten und vollständigsten Reihen meiner Beobachtungen; die fünfte Abtheilung enthält eine nur kurze Zusammenstellung derjenigen Beobachtungen, welche von ungleich hohen Standpunkten auf *einerlei* Gegenstand gerichtet waren. Diese wenig vollständigen Beobachtungen zeigten doch so viel deutlich, daß bei gleichen Variationen der im höhern Standpunkte beobachteten scheinbaren Höhe, die unten beobachtete Höhe bei einem gewissen mittlern Zustande, oder, wie ich wohl bestimmt sagen darf, bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen, am schnellsten zunahm. Diese Erfahrung stimmt völlig mit der überein, die ich in Nr. 2. angeführt habe.

Von dem Inhalte des *dritten Abschnittes* meines Buchs kann ich hier nicht wohl einen vollständigen Abriss geben, da ich sonst ganze Stücke abschreiben müßte, und doch nur denjenigen Lesern verständlich seyn würde, welche sich der zu erklärenden Phänomene genau erinnern. Dieser Abschnitt betrifft die Erscheinungen, die schon länger

ger unter dem Namen von *Spiegelungen* bekannt sind, und enthält eine physische Theorie derselben, oder eine specielle Erklärung der Ursachen, warum alle Umstände dabei gerade so sich verhalten; — eine mathematische Theorie müßte nun noch in Zahlen angeben, wie mit dem jedesmahligen Zustande der Luft gerade diese bestimmte Bahn der Lichtstrahlen zusammen gehört.

In Rücksicht der *Spiegelung unterwärts* zeigen auch meine Beobachtungen, daß sie durch starke Erwärmung des Bodens und die damit verbundene Verdünnung der Luft, nahe an der Erde, hervor gebracht wird. Ich habe deutlich nachgewiesen, warum das eine Bild umgekehrt erscheint, nämlich weil der Scheitel der von niedrigen Punkten zum Auge gelangenden Strahlen höher liegt, als es für höhere Punkte der Fall ist; ferner, warum nur Gegenstände, die eine gewisse Höhe nicht übertreffen, gespiegelt erscheinen, nämlich weil für höhere Gegenstände der Scheitel des Strahls unterhalb der Erdoberfläche liegen würde; auch, wie die Grenze der an einander stoßenden Bilder durch ein gewisses Maximum, welches die Richtung der Lichtstrahlen nicht überschreitet, bestimmt wird; wie dieses alles bei verändertem Zustande des Luftkreises sich ändert, u. s. w.

Die Erklärung der Erscheinungen, welche die *Spiegelung oberwärts* darbietet, hat mehr Schwierigkeit. Offenbar rührt sie davon her, daß in einer gewissen Luftschicht die Dichtigkeit mit der

wachsenden Höhe äusserst schnell abnimmt, höher hinauf aber weniger schnell. Die Beobachtungen zeigen, dass fast nie diese Schicht eine grosse horizontale Ausdehnung hat, da man die Spiegelung oberwärts immer nur an einzelnen Gegenständen, und nicht an allen, die in Rücksicht der Entfernung und Höhe eben so geschickt dazu wären, bemerkt. Man kann daher die Angaben der Beobachtungen nicht ohne weitere Prüfung als einfache Erscheinungen bei der Erklärung zum Grunde legen, sondern muss zuerst untersuchen, wie das Phänomen sich zeigen müsste, wenn sich jene passende Constitution der Atmosphäre über die ganze Gegend erstreckte, durch welche Lichtstrahlen zu uns gelangen. Die Beobachtungen selbst geben uns hierzu Data genug, und lassen uns auch die Ursachen muthmaassen, warum die Erscheinung sich so oft verstümmelt zeigt. Eine genaue Betrachtung der Umstände, welche diese Spiegelung fast unstreitig bewirken, zeigt, dass man eigentlich dann immer drei vollständige Bilder und in dem höchsten alle Mal die Spitzen der Gegenstände sehen sollte, wenn die gleichen Umstände nicht bloß in einer beschränkten Gegend Statt fänden. Auch hier lassen sich über die Grenzen der Bilder, über die Ursache, warum das eine umgekehrt erscheint und warum von gewissen Punkten keine Lichtstrahlen ins Auge kommen, ganz ähnliche Betrachtungen anstellen, wie bei der Spiegelung unterwärts.

Mit dieser Spiegelung scheint mir noch immer (was man auch dagegen sagen mag) die *Fata Mor-*

gana verwandt zu seyn. Sie scheint mir eine *veränderliche* Spiegelung zu seyn, die in einem Augenblicke vielleicht in demselben Punkte des Horizonts einen Gegenstand zeigt, der Meilen weit hinter dem liegt, welchen man im nächst vorhergehenden Augenblicke sah. Wäre dieses, so könnte ein Beobachter in den Gegenden Italiens, wo sich diese Erscheinung zeigt, der Sache nicht besser auf den Grund kommen, als wenn er sich durch zwei feste Signale eine Richtung ganz genau bemerkte, und nun, so oft die Erscheinung sich zeigte, bloß auf diesen einzigen Punkt des Horizonts seine Aufmerksamkeit richtete; dann müßte es sich doch zeigen, ob nicht die hier vorkommenden Erscheinungen zu den Originalen paßten, die gerade nach dieser Richtung liegen. Freilich könnte auch dann noch, wegen der Mannigfaltigkeit der Gegenstände, die hinter einander in einerlei Richtung liegen, sich mancherlei zeigen; aber gewiß würde man bei solchen Beobachtungen doch eher zu einer Erklärung gelangen, als durch die Beschreibung von Feenschlöffern und andern Herrlichkeiten, die gewiß nur die Fantasie sah, und nicht das Auge.

*

*

*

Dieses sind die Resultate derjenigen Untersuchungen und Beobachtungen, die ich bis jetzt angestellt und bekannt gemacht habe. Erlauben Sie mir nun, noch etwas von dem zu erwähnen, *was noch durch künftige Beobachtungen ausgemacht werden muß.*

Einer der wichtigsten Punkte ist die nähere Kenntniß der *Wärmescale* für grössere Höhen, die, wo möglich, bis 100 Fufs gehen müßten. Diese *Wärmescale* ist zwar von Stunde zu Stunde veränderlich, und die theoretische Untersuchung wird sich nicht für jede dieser *Scalen* anstellen lassen, aber man wird doch eine Menge *Data* erhalten, um die mit jeder *Wärmescale* zusammen gehörige *Refraction* zu bestimmen. Diese Beobachtungen lassen sich durch einen Beobachter allein nicht ausführen, da einer an den *Thermometern* und ein anderer an den *Refractionen* genug Arbeit hat, wenn die Beobachtungen bei schnellen Aenderungen der *Refraction* gleichzeitig seyn sollen.

Ein zweiter Gegenstand, der eine große Reihe recht genauer Beobachtungen fordert, ist die *Aenderung der scheinbaren Grösse* mehrerer gleich entfernter, aber ungleich über dem Horizonte erhabener, Gegenstände; wie nämlich diese Gegenstände, die ich im Normalzustande alle 1 Min. groß annehmen will, ihre scheinbare Grösse gleichzeitig ändern, wenn sie so liegen, daß der eine nur 1 Min., der zweite 3 Min., der dritte 5 Min. u. s. w. im Normalzustande über dem Horizonte erscheint. Die Regel, welche ich nach meinen Beobachtungen hierfür festgesetzt habe, giebt zwar schon erhebliche Genauigkeit, aber für völlige Uebereinstimmung mit der Natur läßt sich noch nicht bürgen.

Mit Hülfe solcher Beobachtungen würde das, was ich über gleichzeitig hohe, ungleich entfernte,

aber bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen gleich hoch erscheinende Gegenstände schon beobachtet habe, einen hohen Grad von Vollkommenheit erreichen. Wichtig aber wäre es dann noch, die *Krümmung* des Lichtstrahls bei kleinern Entfernungen ganz genau zu untersuchen, z. B. wenn ein beobachteter Gegenstand 4000 Fufs entfernt wäre; und Signale auf 2000, 1500, 1000, und 500 Fufs zu setzen, und zu beobachten, wie die Spitzen dieser Signale sich gleichzeitig zeigen. Schon in meinen vorigen Beobachtungen war eine Krümmung des Strahls auf 1000 Fufs Entfernung merklich, die aber in Ermangelung vollständiger Beobachtungen sich bloß entdecken, aber nicht genau bestimmen liefs. (Ich habe in dem Buche hierüber etwas gesagt.) Vollständige Beobachtungen würden uns in den Stand setzen, statt der beobachteten Sehne des Strahls seine Tangente, die man eigentlich haben will, zu bestimmen; — ein wichtiger Umstand, auf den Hr. Dr. Olbers mich zuerst aufmerksam gemacht hat.

Noch eine andere Reihe von Beobachtungen scheint mir wichtig zu seyn. Da die Wärme ganz nahe an der Erde, in Höhen, die wenig verschieden sind, oft so sehr merklich ungleich ist, so kann schon eine Aenderung von 1 oder 2 Fufs in der Höhe des Auges die scheinbaren Höhen ganz merklich afficiren. Einige Beobachtungen, die zu isolirt stehen, um allein etwas zu entscheiden, deuten sehr bestimmt hierauf hin. Es wäre daher interessant, ein Mahl einerlei Gegenstände, wozu

ziemlich nahe am passendsten wären, so zu beobachten, daß bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen das Auge sich etwa ein Mahl in 5 Fuß, das andere Mahl in 2 Fuß Höhe befände.

Die Vervollkommnung der oben in Nr. 5. erwähnten Beobachtungen gäbe noch außer dem eine neue nothwendige Reihe von Beobachtungen.

Endlich müßte man dann noch, um über die wahre Höhe der Gegenstände gar keinen Zweifel übrig zu lassen, ein ganz genaues Nivellement bis zu jedem derselben anstellen.

Dieses sind in Kurzem die Projecte zu ein Paar tausend neuen Beobachtungen, die ich gern anstellte, wenn es mir nur nicht an manchen Erfordernissen, besonders an einem Gehülfen und an Instrumenten, fehlte.

Vom Rechts wegen folte man auch über die Bahn derjenigen Lichtstrahlen, welche die Spiegelung unterwärts bewirken; noch genauere Beobachtungen anstellen; aber da mit dieser Spiegelung bei Gegenständen, die man über eine Erdofläche hin sieht, fast ohne Ausnahme ein heftiges Zittern der Gegenstände verbunden ist, so glaube ich kaum, daß sich darüber etwas Genaues beobachten läßt.

Noch weniger lassen sich Beobachtungen über die Bahn der Strahlen bei der Spiegelung oberwärts anstellen, weil diese so selten ist, und in Rücksicht der Gegenstände, an denen sie sich zeigt, so ungewiß, daß man darauf gar keine Anstalten im Voraus machen kann; und während ihrer kur-

zen Dauer ist dieses noch unmöglicher. Höchst interessant, aber schwerlich ausführbar, wäre es, zu der Zeit, da diese Spiegelung Statt findet, die Wärme der Luft in großen und verschiedenen Höhen zu beobachten, um den Punkt zu finden, wo die Dichtigkeit so sehr schnell abnimmt. Theils würde dieses für die Entwicklung der Theorie von Wichtigkeit seyn, theils auch uns vielleicht zur Kenntniß der wichtigen meteorologischen Prozesse helfen, die in diesem warmen Laboratorio (denn Wärme scheint doch die Hauptrolle bei allen Variationen der Refraction zu spielen) vorbereitet werden, und gewöhnlich kurz nachher in Sturm und Ungewitter uns ihre Wichtigkeit darthun.

Ueber die Morgana wünschte ich sehr, etwas Vollständigeres zu erfahren. Sollte nicht durch Hrn. Piazzì oder andere italienische Astronomen und Physiker, vielleicht auch besonders durch Hrn. Volta, obgleich dessen Wohnort schon zu entfernt von Calabrien ist, über diese Erscheinung Nachricht zu erhalten seyn? — Allem, was ich bis jetzt von Beschreibung dieser Phänomene kenne, scheint ganz der philosophische Geist zu fehlen, welcher nöthig ist, um gerade das Rechte zu treffen, und aus dem Chaos von zerstreuten Nebendingen nur, den Hauptpunkt hervor zu heben.

Aber es ist Zeit, daß ich aufhöre, um Sie nicht ganz zu ermüden.

Ihr

H. W. Brandes.