II.

BEOBACHTUNGEN

über die

*Brechung der Lichtstrahlen, die nahe
über der Erdofläche hinfahren,*

VON

REINHARD WOLTMANN,

Baudirektor im hamburg. Amte Ritzbüttel*).

Was Herr Abbé Gruber im Kleinen, beym
Hinstreichen der Lichtstrahlen über erwärmte

- *) Ausgezogen aus zwey interessanten Abhandlungen des H. Woltmann: einer noch ungedruckten, unter obigem Titel, wovon in den *Göttingelehrten Anzeigen* J. 1796. St. 82 Nachricht gegeben wird; und aus *Woltmanns Bemerkungen über ein (scheinbar) katoptrisches Phänomen, welches an den Gegenständen nahe am Horizont nicht selten sichtbar ist*, gedruckt in den *Neuen Abhandl. der kön. böhmischen Gesellsch. d. Wiss.* B. 3. Prag 1798. S. 67 — 97. 4. Diese Bemerkungen waren dem H. Abbé Gruber in Prag vom H. Woltmann theilweise zugeschiedt worden, und machen auch die Substanz des der Göttinger Societät übersandten Aufsatzes aus. H. Abbé Grubers *Theorie des katoptrischen Phänomens, von Senkung und Hebung der Objecte am Horizonte*, in den *Neuen böhm. Abhandl.* B. 3. S. 98 — 107, enthält Bemerkungen und Zusätze zum Wolt-

Stein - und Erdf lächen beobachtet hatte, suchte Herr Woltmann auch durch Erfahrungen im Großen an erwärmten Wasser - und Erdf lächen zu bestätigen. Die Beobachtungen, die er zu dem Ende anstellte, sind die zusammenhängendsten und schärfsten, die wir bis jetzt über die irdische Strahlenbrechung besitzen, und ganz dazu geeignet, uns über diese schwierige Materie ins Klare zu bringen, wenn sie mit Abänderungen und Erweiterungen an dazu schicklichen Orten wiederholt würden.

Herr Woltmann wohnt zu *Cuxhaven* im hamburgischen Amte Ritzebüttel, wo, wie wir schon aus dem Aufsatze des H. Prof. Büsch's (Ann. d. Ph. II. 297.) wissen, die *Kimmung*, oder wie Woltmann sie nennt, die *Spiegelung*, ein sehr gewöhnliches Phänomen ist. Er giebt von ihr folgende Beschreibung und Merkmale, die wir nicht übergeln dürfen.

Beschreibung des Phänomens.

1) Entlegne Gegenstände, Häuser, Bäume etc. nahe am Horizonte, scheinen bey diesem Phänomene durch einen *hellen Luftstreif* oder einen glänzenden leeren Raum von der Erdf läche getrennt zu seyn; man glaubt sie in der Luft schwebend zu

mannschen Aufsatze, woraus ich hier theils in Form von Anmerkungen, theils im nachstfolgenden Aufsatze das Wesentliche beygefügt habe.

t. H.

sehn, oder wenn das Auge ansehnlich erhaben ist, ein stilles *glänzendes Meer*, über der ganzen Landschaft, worin die Gegenstände stehn und sich *spiegeln*, wahrzunehmen. Durch ein Fernrohr sieht man denn die entfernten Gegenstände sehr deutlich, gerade so mit einem umgekehrten Bilde darunter, wie sie sich in der Nähe darstellen, wenn zwischen ihnen und dem Auge ein ebner Wasser-Spiegel ist. Das verkehrte Bild und das Object sind an Farbe und Helligkeit gleich, und hängen unmittelbar zusammen, so daß man sie mit bloßen Augen für *einen* Gegenstand zu halten geneigt ist. Diese Erscheinung zeigt sich auch an Schiffen, auf ziemlich unruhigem Wasser, welches denn blau und dunkel erscheint, und sich sehr auffallend von dem hellen Streifen unterscheidet, in welchem sich das Schiff spiegelt. Man sieht sie eben so gut nach einem Regen, als gleich vor demselben, und selbst im Regen verschwindet sie nicht eher, als bis die Undurchsichtigkeit der Luft die Aussicht in die Ferne verhindert. Ueberhaupt ist die Erscheinung (wenigstens um Cuxhaven) weit häufiger, als man sie mit bloßen Augen gewahr wird, indem an dunkeln Tagen der Luftstreifen, welcher die Gegenstände von der Erde zu trennen scheint, nicht so als an hellen Tagen ins Auge fällt.

2) Der helle Luftstreifen ist vor Gegenständen desto breiter, je entlegner sie sind, je weniger sie mithin über dem Horizonte hervorragen; dagegen desto schmaler, je näher der Gegenstand kömmt, oder

je höher sich das Auge erhebt. Grade so sieht man, je nachdem der Gegenstand näher liegt, oder weiter entfernt ist, nur den untern, oder auch den mittlern und höchsten Theil desselben sich abspiegeln. Thürme und Mühlen müssen mehrere Meilen weit entfernt, oder das Auge sehr niedrig seyn, wenn sie sich ganz abspiegeln sollen. Daraus folgt, daß nur die Strahlen, welche unter sehr kleinen Winkeln auf die spiegelnde Fläche fallen, durch die scheinbare Reflexion vom Objecte in das Auge kommen.

3) Rückt bey unveränderter Lage des Auges der Gegenstand näher, so nimmt zuerst der Luftstreif an Breite ab, bis er ganz verschwindet; dann fängt auch das verkehrte Bild an abzunehmen, und zwar verliert sich der untere Theil desselben, der dem obersten Theile des Gegenstandes entspricht, zuerst. Grade das ist der Fall, wenn bey unveränderter Lage des Objects das Auge sich mehr und mehr erhebt. Offenbar kann also der helle Luftstreifen selbst kein Gegenstand, wie z. B. glänzender Nebel seyn, sondern ist ein Bild eines sich spiegelnden hellen Objects, nemlich eines nur wenige Minuten über den Horizont erhabnen Streifs der Atmosphäre. Er ist nicht Luft, sondern nur ein *Luftbild*, das der Luft selbst an Glanz und Ansehn vollkommen gleicht, und durch die Strahlen bewirkt wird, welche von der Luft, die wir dicht über dem Horizonte sehn, eben so

wie von den Gegenständen am Horizonte zurückgeworfen und scheinbar reflectirt wird.

4) Da der lichte Streif nichts anders als das Bild des Luftstreifs dicht über dem Horizonte ist, und die obersten Punkte im Bilde zu unterst scheinen; so muß dieser Streif etwas von der sonst sichtbaren Erdoberfläche bedecken, und, da wir ihn für Luft halten, den scheinbaren Horizont vertiefen, mithin die Elevationswinkel erhöhen. Es sey nemlich AB (Fig. 5. Taf. VI.) ein Theil der Erdoberfläche, CD ein ihr concentrischer Bogen in der Atmosphäre, E der Ort des Auges, und ED die Gesichtslinie, welche die Erdoberfläche in F berührt, mithin F die Gränze des Gesichtskreises und AF der sichtbare Theil der Erdoberfläche. Ferner sey G der höchste Punkt im Bogen CD , von welchem Licht durch scheinbare Reflexion auf dem Wege GLE ins Auge E kommt; so muß der scheinbare Einfall- und Reflexionspunkt L zwischen A und F liegen, da von Punkten über F hinaus nach B zu, kein Strahl in grader Linie nach E gelangen kann. Folglich muß auch EL unter EF liegen, und das Auge erhält den Strahl GLE so, als käme er von einem unter D liegenden Punkte K der Atmosphäre im verlängerten Strahle EL her. Grade so werden die Strahlen, die aus andern Punkten des Bogens GD kommen, zwischen L und F so zurückgeworfen, als kämen sie von dem niedrigeren Bogen der Atmosphäre DK her. Von der sonst sichtbaren Erdoberfläche AF wird nun der Theil LF

zum Spiegel; man sieht ihn selbst nicht, und hält ihn für Atmosphäre, deren Licht er ins Auge sendet. Dadurch wird der Gesichtskreis um den Theil LF kleiner, der Horizont um den Winkel DEK tiefer, und um eben so viel jeder Elevationswinkel MED vergrößert.

Nennen wir der Kürze halber ED die Tangente des Horizonts, EG die Gränze der Reflexion, GED die größte Höhe derselben, AL den reflectiven, und AF den natürlichen Gesichtskreis; so folgt hieraus, daß alle *Gegenstände*, die sich abspiegeln, außerhalb des reflectiven Gesichtskreises liegen, und nicht über die Reflexionsgränze erhaben seyn, liegen sie aber auch außerhalb des natürlichen Gesichtskreises, über die Tangente des Horizonts hervorragend müssen. Dieses sey mit dem Objecte $b\beta$ in Fig. 6. der Fall; so wird der Theil ab desselben, der über den natürlichen Horizont hervorsteht, sich unterwärts verkehrt (wie $a\beta$) abspiegeln, und einen hellen Streif $\beta\gamma$ (das Bild der Atmosphäre zwischen der Spitze des Object und der Reflexionsgränze) unter sich haben.

Reichte das Object bis an die Reflexionsgränze hinauf, so würde kein heller Streif darunter sichtbar seyn, und ein Object, das über die Reflexionsgränze erhaben ist, wie in Fig. 7., spiegelt sich selbst nicht ganz ab, sondern nur der untere Theil ab desselben im Bilde $a\beta$. So sieht man hohe Kirchthürme sich selten ganz abspiegeln.

5) Wenn die Spiegung auf einer ebenen Fläche geschähe, so müßten die scheinbaren Größen des Objects und Bildes einander sehr nahe gleich oder $GED = DEK$ seyn. Denn ein ebner Spiegel stellt das Bild eines Gegenstands in derselben GröÙe und Entfernung vom Spiegel, den der Gegenstand selbst hat, dar; beide werden mithin einem Auge, welches nahe über dem Spiegel ist, in beynahe gleicher Entfernung und GröÙe erscheinen. Eben so müßte, wenn die Spiegung auf einer Kugelfläche, es sey auf der ErdoÙfläche oder einer damit concentrischen Fläche, vorginge, die GröÙe des Bildes, der GröÙe des Gegenstandes, so weit sich dieser abspiegelt, katoptrischen Gründen gemäß, ohne merkbaren Unterschied gleich seyn. — Bey unferm Phänomen sind dagegen die Bilder allemal *beträchtlich kleiner*, als ihre Objecte. An Häusern und Bäumen, wo Objecte und Bilder gleichsam in eins zusammenhängen, ist dieses nicht so deutlich als an Schiffen wahrzunehmen, wo man bey der Verschiedenheit der Segel und ihrer Zwischenräume, Object und Bild deutlich unterscheiden kann. Hiernach habe ich geschätzt, daß das Bild zuweilen weniger, zuweilen mehr, meistens aber die halbe GröÙe des Objects habe. Die 8te Figur stellt ein Beyspiel dar, wie ich ein Schiff, so weit es über dem Horizonte hervorragte, mit dem verkehrten Bilde sah *). Die Ursach, war-

*) Das scheint zwar den Bemerkungen des Abbé Gruber S. 394. (6) nicht gemäß zu seyn, stimmt aber

um die reflectirten Bilder beynahe um die Hälfte kleiner als ihr Object erscheinen, kann folglich nicht von der Gestalt der spiegelnden Fläche abgeleitet werden. Vielmehr liegt sie, wie wir gleich sehen werden, darin, daß hierbey keine wahre Spiegung, sondern eine Strahlenbrechung vorgeht, welche die Strahlen des Bildes desto mehr, je tiefer die Punkte liegen, von denen sie herzukommen scheinen, erhebt.

6) Hier ein bestimmtes *Beyspiel eines Phänomens*, und eine ungefähre Schätzung der Entfernungen und Winkel, auf die es dabey ankömmt. Aus meiner Wohnung zu *Cuxhaven*, (welche auf dem kleinen Grundrisse Taf. VII. Fig. 1. bey A vorge'tellt ist), sehe ich über eine Krümmung der Elbe fort, ein Haus *B*, welches dicht am Ufer auf *Hochland* steht, so daß die Gesichtslinie *AB*, die nach einer genau aufgenommenen Karte 2,465 geogr. Meilen oder 9337 Toisen, und mithin 9',86 eines größten Kreises beträgt, fast ganz über eine Wasserfläche hingeht. Das Auge ist über die Höhe des vollen Meeres oder der höchsten Stromfläche 5 Toisen erhaben, bey welcher Höhe ich die Weite des natürlichen Gesichtskreises auf

mit *Huddart's* Beobachtung A. d. Ph. II. 262. völlig überein. *Huddart* schätzt die Größe des umgekehrten Bildes auf $\frac{2}{3}$, zu andern Zeiten auf gleiche Größe mit dem Gegenstande, und erklärt diese Verschiedenheit S. 261. aus seiner Theorie.

d. H.

4400 Toisen rechne. Der Firſt des Hauſes zu Hochſand iſt ungefähr $7\frac{1}{3}$ Toiſen über der Stromfläche erhaben. Von dieſen ſind nur 4 Toiſen ſichtbar; $3\frac{1}{3}$ Toiſen (und grade ſo viel beträgt die Höhe oder der Wahrſt, worauf das Haus ſteht.) ſind unter der Tangente des Horizonts. Die Gränze zwifchen dem Hauſe und deſſen Bilde kann ich nicht deutlich unterſcheiden, aber der helle Luftſtreif (das Luftbild unter dem Bilde des Hauſes) unterſcheidet ſich von beiden deutlich. Die Breite deſſelben ſcheint mir, wenn das Phänomen vollkommen iſt, nach *Schätzung*, etwas über die Hälfte und nicht völlig $\frac{2}{3}$ des Hauſes und ſeines Bildes zu betragen, wie das in Fig. 2. Taf. VII. dargeſtellt iſt,*).

*) Nimmt man daher (nach 5.) das verkehrte Bild für halb ſo lang an, als das Object, ſo ſind das Haus ab und deſſen Bild $a\beta$ zuſammengenommen 6 Toiſen lang, mithin der helle Streif $\beta\gamma$, der obigen Schätzung gemäß, etwa $3\frac{1}{2}$ Toiſen, und alſo das Object bc , deſſen Bild er iſt, ungefähr 7 Toiſen. Demnach wäre $\tan g GED. = \frac{ac}{aE} = \frac{1\frac{1}{2}}{7\frac{1}{3}} = 0,001173$, alſo der Winkel $GED = 4' 2''$, als die größte Höhe der Reflexion, und daher die größte ſcheinbare Länge, zu der ein verkehrtes Bild kommen kann, alſo der Winkel $DE\gamma$, $2' 1''$. In ſo fern man AF als gerade Linie anſieht, iſt $\tan g EFA = \frac{1}{4250}$, alſo der Winkel $EFA = 2' 10''$. Die beiden Winkel FEL und EFL ſind in dieſem Fall beynahe gleich, mithin auch die Linie EL , LF ; beide

7) So erscheint das Haus bey voller Fluth. Bey *veränderter Meereshöhe* verändert sich indess auch dieses Phänomen auf eine bemerkenswerthe Art. Bey *abnehmendem Meere* wird das *Luftbild* unter dem Hause immer kleiner, dafür das Haus und dessen Bild immer gröfser, so dafs bey völlig niedrigem Meere (wo die Meeresfläche ungefähr $1\frac{1}{2}$ Toisen niedriger steht, und die Höhe, worauf das Haus steht, sichtbar wird) der helle Streifen fast ganz verschwindet, und unter dem First im verkehrten Bilde des Hauses nur kaum noch eine helle Linie sichtbar bleibt. Die Erniedrigung der Meeresfläche hat also dieselbe Wir-

betragen folglich etwa die Hälfte von EF oder 2200 Toisen, und der effective Gesichtskreis ist etwa nur die Hälfte des natürlichen, welches indess bey andern Höhen des Auges anders ist.

Zieht man durch L eine Tangente TLU , so ergiebt sich der *gröfste Einfallswinkel* cLU , gleich dem *gröfsten Reflexionswinkel* TLE folgendermaßen: Bey einer Entfernung AL von 2200 Toisen, weicht die Tangente von der Erdoberfläche um $AT = \frac{3}{4}$ Toisen ab. Also ist $ET = 3 - \frac{3}{4}$, d. i. $\equiv 2\frac{1}{4}$ Toisen und an $\tan ELT = \frac{2\frac{1}{4}}{2200}$, folg-

lich der Winkel $ELT = 3' 30''$. Und dieses wäre dann nach einer ungefähren Schätzung der *gröfste Einfallswinkel*, bey welchem das Licht noch scheinbar über der Erdoberfläche reflectirt wird. Zu genauern Bestimmungen wären genauere Beobachtungen mit einem Mikrometer nöthig.

Woltm.

kung, als die Erhöhung des Auges oder des Objects. Woraus folgt, daß die Spiegelung nicht auf einer Luftschicht von bestimmter Höhe und Dichtigkeit, sondern in einem Raume vorgeht, der mit der Wasseroberfläche fällt und steigt, und unter einerley Umständen, z. B. an demselben Tage, einerley Entfernung von derselben behält. Denn diese Veränderung ist von der Erscheinung an demselben Tage und unter gleichen Umständen zu verstehn. Zu verschiednen Zeiten ist das Phänomen sehr verschieden, und ich habe auch bey niedrigem Meere das Haus mit seinem Bilde und eben so breiten Luftstreifen, als zu andern Zeiten bey vollem Meere, gesehn. Alsdann ist aber der Wart oder die Höhe, worauf das Haus steht, nicht sichtbar, der sonst bey niedrigem Wasser immer sichtbar ist. Dieser Fall tritt zwar selten ein, doch muß dann der Luftraum 1 bis $1\frac{1}{2}$ Toisen hoch über dem Wasser, wenn die Gesichtslinie weit darin fortgeht, *undurchsichtig seyn* *). Aus ähnlichen Beypielen an Schiffen und Schiffstonnen schliesse ich, daß die Undurchsichtigkeit meistens nur ein paar Fuß über dem Wasser reicht; alles, was höher ist, ist sichtbar, zittert aber sehr lebhaft, und wenn es weit genug entlegen ist, spiegelt es sich.

8) Mehrentheils gefällt sich zu unserm Phänomene noch die sonderbare Erscheinung, daß

*) Warum, erklärt sich aus der Bemerkung Ann.
d. Ph. III. 266. d. H.

alle Objecte eine *zitternde Bewegung* annehmen. Diese *Zitterung* ist zuweilen, besonders an hellen und warmen Tagen, wenn die Oberflächen der Körper sehr erhitzt sind, so lebhaft, zumal an den Rändern der Objecte, z. B. am First und an den Ecken der Häuser, und auf dem Gipfel der Deiche und Berge, daß diese Gegenstände gleichsam in einer wellenförmigen Bewegung zu seyn scheinen. Vermuthlich wird diese Zitterung durch unregelmäßige Brechung oder Ablenkung der Strahlen, die von den erwärmten Objecten, oder nahe an ihren Rändern vorbey zu unserm Auge kommen, bewirkt. Ein Kohlenbecken, über das man wegsieht, macht die Gegenstände auf eine ähnliche Art zittern, und zwar desto mehr, je entfernter die Gegenstände sind. An den erwärmten Objecten entwickeln sich vielleicht Dämpfe oder Dünste, welche bey gleichem Wärmegrad die Luft noch mehr ausdehnen, und bey ihrem wellenförmigen Aufsteigen oder Hin- und Herschweben die unregelmäßige Strahlenbrechung veranlassen. Eine durch Wind hervorgebrachte Bewegung würde nicht so gleichförmig, und allenthalben bebend seyn *).

Eben diese Dünste in aufgelöstem, durchsichtigem Zustande *vergrößern zuweilen die horizontale Refraction* so, daß die Meeresfläche, die entlegnen Ufer, Küsten und Sandbänke, eine ganz ungewöhnliche Gestalt annehmen. Die Meeresfläche

*) Vergl. Ann. d. Ph. III. 389. auch Woltm. Erklärung weiter unten. d. H.

fläche wird concav gekrümmt *), die nähern Schiffe erniedrigen sich, oder vielmehr, der entlegne Horizont scheint über ihnen fast hervor, entfernte niedrige Ufer erscheinen wie hohe Küsten, und hohe 7 bis 8 Meilen entlegne Küsten, die weit unterm Horizont sind, treten wie Gewölke über demselben hervor, so wie ganze Landschaften, die man sonst wegen der vorliegenden Sandhügel nicht sehn kann, über dieselben hervorscheinen. Die Fülle einer so starken Refraction, auf welche nicht selten ein Gewitter, oder statt dessen viel Regen oder stürmische Witterung erfolgt, (worin bey uns die Gewitter sich auflösen,) sind jedoch nicht so häufig, als das Phänomen der Spiegelung **).

* *

Nimmt man alles dieses zusammen, so läßt sich leicht absehn, daß die hier beschriebne Spiege-

*) Dalby's Beobachtung, Ann. d. Ph. III. 276. Anm. unter einer andern Form. Vergl. Ann. d. Ph. III. 390. d. H.

**) Dieses ist, wie man sieht, das Phänomen, welches *Ellicot* im vorigen Stück der Annalen beschrieben hat, und worüber man im nächsten Hefte einige interessante Beobachtungen *Vince's* und *Latham's* finden wird. Wir werden weiter unten sehn, wie H. Woltmann es mehrentheils mit einer der bisher beschriebnen entgegengesetzten Spiegelnung oberwärts verbunden fand; und das war auch mit *Ellicot* und *Vince*, nicht aber mit *Latham* der Fall. d. H.

lung nur scheinbar ein katoptrisches Phänomen ist, und dafs es in der That auf keiner Zurückwerfung der Strahlen nach den Gesetzen der Katoptrik, sondern lediglich auf einer Brechung derselben beruht. Weder die Erde, noch das vom Winde bewegte Wasser können als Spiegel dienen; auch ist die Spiegelung viel zu ungleich, als dafs sie sich aus einer festen unveränderlichen Spiegelfläche erklären liesse. Eben so wenig wirkt eine Luftschicht die Strahlen gleich einem Spiegel zurück. Diese gehn vielmehr durch die Luftschichten durch, und werden von ihnen nur gebrochen; und dabey läfst sich denn recht wohl eine Veränderlichkeit im Brechungsverhältnifs denken, welche allein schon der grossen Veränderlichkeit des Phänomens zur Erklärung dienen möchte. Auch ist das Phänomen von der Höhe oder Niedrigkeit der Meeresfläche abhängig, bleibt also nicht unverändert in einerley Höhe und Luftschicht, wie das wohl bey einer katoptrischen Spiegelung der Fall seyn müfste. Um nun zu untersuchen, wie die Spiegelung von der Strahlenbrechung abhänge, habe ich folgende Reihe von Beobachtungen unternommen.

*Beobachtungen und dazu eingerichteter
Apparat.*

Aus dem Grundrifs Taf. VII. Fig. 1. übersicht man ungefähr, wie sich die Gesichtslinie von meinem Hause in Cuxhaven nach dem Hause auf Hochland quer über unsern Hafen *H* erstreckt.

Dieser ist zu beiden Seiten mit Deichen eingefasst, auf die ich den 15ten December 1794. grade in jener Gesichtslinie zwey Pfähle einschlagen liefs; den westlichen vor meiner Thüre, und den östlichen jenseit des Hafens, so dafs sie zur Bequemlichkeit der Beobachtung beyläufig $5\frac{1}{2}$ Fufs über den Deich hervorstanden, und dafs die Köpfe beider Pfähle mit dem First des Hauses auf Hochsand in einer graden Linie zu liegen schienen, wie es die 5te Figur darstellt. Ich legte nemlich die Achse eines dreyfüfsigen achromatischen Fernrohrs, mit welchem alle folgende Beobachtungen angestellt wurden, mit dem Kopf des westlichen Pfahls in gleicher Höhe, und liefs den östlichen Pfahl so weit hineintreiben, dafs der Kopf desselben mit dem First des Hauses in grader Linie war. Das Haus spiegelte sich, als dieses geschah, nach unten.

Darauf wurde täglich dreymal, Morgens, Mittags und Abends, beobachtet, und jedesmal auf einem am westlichen Pfahle vertical angebrachten Maafsstabe nachgesehn, um wie viel Zoll das Fernrohr über die Kopffläche dieses Pfahls erhöht oder erniedrigt werden mußte, damit der First des Hauses auf Hochsand und die Kopffläche des östlichen Pfahls, beide in der Axe des Fernrohrs sich deckend erschienen. Mußte das Fernrohr erhöht werden, so fand *Depression*; mußte es erniedrigt werden, *Erhebung* des Hauses auf Hochsand statt. Jene fand nur einigemal statt, und wurde dann im

Journal mit — bezeichnet: Diese war viel häufiger; oft ragte ein Theil des Hauses, zuweilen das ganze Haus über dem Kopf des östlichen Pfahls hervor, und man erniedrigte denn das Fernrohr bey dem westlichen Pfahl um so viel Zoll, als nöthig war, um den First des Hauses mit dem östlichen Pfahle zu gleicher Höhe zu bringen. Die Erscheinung des Firsts, wie sie am 15ten December zu Mittage war, gab o *).

An welchen Tagen überhaupt *Spiegelung* gewesen ist; oder nicht, beobachtete und notirte ich schon seit dem ersten September 1794. Aus diesen Notaten ergibt sich, daß das Phänomen statt hatte

- im September an 19 Tagen
- October an 16 Tagen
- November an 8 Tagen
- December an 11 Tagen
- Januar 1795 an 10 Tagen.

Unter den übrigen Tagen sind jedoch manche mit zweifelhafter Spiegelung, wenn Nebel, Dünste, Regen oder Schnee den ganzen Tag hindurch die entlegenen Gegenstände umhüllten. Wenn dieses der Fall war, wurde es im Journale bemerkt; doch zu-

*) Wir werden bald sehn, daß dieser Mittelpunkt nicht mit der natürlichen Gränze zwischen Erhebung und Depression übereinstimmte, sondern etwas zu hoch lag, und schon eine Depression zeigte.

weilen, wenn das Haus auf Hochsand wegen der größern Entfernung und vielen Dünsten nicht zu erkennen war, nahm man an Gegenständen im Lande Hadlen eine deutliche Spiegling wahr.

Der helle *Lichtstreif* unter den Bildern war im Januar selten recht merklich; dagegen sah man ihn vom 15ten bis 21sten December täglich ganz stark, und er zitterte am untern Rande, wie es mitten im Sommer zu geschehn pflegt, nemlich in anscheinend fortlaufenden Wellen. Dieses *Zittern* beym Frostwetter fiel mir sehr auf, und ich halte seitdem dafür, daß diese *Wellen* keine Dämpfe sind, wie ich zuvor glaubte, sondern nichts anders als plötzlich abwechselnde Aenderungen in der Reflexionsgränze. Denn da sie sich in dem untern Theil des hellen Streifs oder Luftbildes finden, so gehören sie zum obern Theil des sich spiegelnden Theils der Atmosphäre, und es ist wahrscheinlich, daß es keine so bestimmte Gränze dieses Theils giebt. Damit möchte ich jedoch nicht behaupten, daß es mit der Zitterung aller übrigen Objecte, die man zuweilen im Sommer sieht, auf eben diese Weise zugehe.

Unter *heiterer Luft* hat man Sonnenschein ohne Gewölke zu verstehn; doch waren dann meist so viel Dünste nahe am Horizonte, daß die Luft in größern Entfernungen undurchsichtig war, in-
deß man bey bedeckter Luft die entlegnen Gegenstände nicht selten viel besser sah. Seit dem 14ten

Januar waren die Erde und die Eisfläche des Stroms mit etwas Schnee bedeckt, und seitdem zeigte sich wenig, zuweilen gar nichts, von dem hellen Lichtstreif unter den Bildern, obgleich die verkehrten Bilder der dunkeln Objecte an ihrer Gestalt deutlich zu erkennen waren, und daher als Spiegelung in dem Journal notirt sind.

Folgende Tafel enthält die Beobachtungen über die Spieglung und Hebung entlegner Gegenstände, mit der gleichzeitigen Witterung während des Decembers 1794. und Januars 1795., um die *Mittagszeit* beobachtet.

1794 Dec.	Baro- meter.	Thermo- meter.	W i n d		Witterung.	Spiegelung.	Hebung des Hauſes auf Hochſand.
	engl. Zoll.	Fahr. Grad.	Geſchwin- digkeit.	Richtung.			Zoll.
15	30,32	25	8	SSO	bedeckt	Spiegl.	o
16	30,48	24	8	SSO	gewölkt	Spiegl.	o
17	30,50	27	17	S	heiter	Spiegl.	o
18	30,33	27	16	SSO	heiter	Spiegl.	o
19	30,25	28	15	SSO	heiter	Spiegl.	o
20	30,34	25	29	OSO	heiter	Spiegl.	o
21	30,34	32	32	O	bedeckt	Spiegl.	o
22	30,23	25	38	OSO	bedeckt	zwei- felh.	Dünſte; unſichtbar.
23	30,20	23	42	OSO	heiter	Spiegl.	o
24	30,13	21	41	O	heiter	etwas	Dünſte; unſichtbar.
25	29,68	20	39	O	Schnee	zwei- felh.	Schneegeſt. unſichtbar.
26	29,60	30	19	O	bedeckt	keine	+ $2\frac{1}{4}$
27	29,93	34	31	ONO	bedeckt	keine	+ $4\frac{1}{2}$
28	20,21	32			bedeckt	keine	+ 3
29	30,03	37	26	NW	Neb.	keine	+ $4\frac{1}{2}$
					Reg.		+ $5\frac{1}{2}$ *)
30	29,96	33	18	NW	gewölkt	keine	+ $5\frac{1}{2}$ *)
31	30,03	21	o	O	heiter	keine	+ 6 *)
1795 Jan.							
1	30,20	20			Nebel, Reif	zwei- felh.	Nebel un- ſichtbar.
2	30,24	23	22	SW	bedeckt	Spiegl.	Dünſte unſ.
3	30,92	27	16	WSW	bedeckt	zwei- felh.	Dünſte unſ.

*) Das ganze Haus war über dem öſtlichen Pfahl erhaben.

1795 Jan.	Baro- meter. engl. Zoll.	The. no- meter Fahr Grade	W i n d Geschwin- digkeit.	Richtung.	Witte- rung	Spiege- lung.	Hebung des Häufes auf Hochland. Zoll.
4	30,47	27	21	SW	gewölkt	Spiegl.	— $\frac{1}{3}$
5	30,08	31	42	WSW	N. Reg.	zweif.	unsichtbar.
6	30,09	39	36	WNW	N. Reg.	zweif.	unsichtbar.
7	30,37	37	7	W	heiter	keine	+ 14 $\frac{1}{2}$ *)
8	30,15	32	16	W	Nebel		unsichtbar.
9	29,90	34	24	NNW	etw. bed.	keine	+ 4 $\frac{1}{2}$
10	30,23	32	21	NNW	Reg.	keine	+ 4 $\frac{1}{2}$
					gewölkt		
11	30,14	33	28	NNW	gewölkt	keine	+ 4
12	30,20	29	15	NNO	gewölkt	keine	+ 3 $\frac{1}{2}$
13	30,40	27	9	NNO	gewölkt	Spiegl.	0
14	30,36	27	24	ONO	Schnee	Spiegl.	0
					geföb		
15	30,54	15	22	ONO	gewölkt	Spiegl.	undeutlich.
16	30,13	23	48	O	bedeckt	zweif.	Schnee unf.
17	29,99	25	21	OSO	bedeckt	zweif.	+ 1
18	29,83	26	17	O	gewölkt	zweif.	Dünste unf.
19	29,91	21	24	O	bedeckt	zweif.	unsichtbar.
20	30,01	17	27	O	gewölkt	Spiegl.	— 4
21	30,14	13	26	O	heiter	Spiegl.	Dünste unf.
22	30,07	8	19	OSO	heiter	Spiegl.	unsichtbar.
23	29,82	12	20	O	gewölkt	Spiegl.	unsichtbar.
24	29,96	20	6	N	bedeckt	Spiegl.	— $\frac{1}{2}$
25	30,14	20	21	WSW	bedeckt	zweif.	unsichtbar.
26	30,12	22	26	SSO	gewölkt	Spiegl.	— 1
27	29,36	39			Neb. Reg.	zweif.	unsichtbar.
28	29,34	33	24	NO	Schn. N.	zweif.	Sch. N. unf.
29	29,92	27	28	N	heiter	Spiegl.	0
30	30,09	31	18	NNW	heiter	keine	+ 3 $\frac{1}{2}$
31	30,03	30			Schnee	zweif.	Schnee unf.

*) Das ganze Haus ragt über den östlichen Pfahl hervor.

Aus dieser Tabelle erhellt heym ersten Anblick, daß bey *verstärkter Refraction* oder *Hebung* des Hauses *niemals Spiegelung* gewesen ist, und daß umgekehrt bey der Spiegelung das Haus stets weniger erhaben war, folglich dabey eine *relative Depression* der Objecte statt hat. Ob aber bey der Spiegelung eine *absolute Depression*, oder vielleicht noch Erhebung, oder keines von beiden statt finde, d. h., ob die Strahlen, durch welche die Kopffläche beider Pfähle und der First des Hauses in grader Linie gesehen werden, nach oben oder nach unten zu *convex* oder *grade* Linien sind, das kann nur durch Rechnung ausgemacht werden, zu der wir aber genauerer Maafse, als der vorhin angegebenen, bedürfen.

Nach der Messung des Herrn Gränzinspectors *Reinke* in Hamburg, der die oben erwähnte Karte aufgenommen hat, beträgt die Entfernung des Hauses auf Hochsand vom Ritzelbütteler Schloß genau 64240 hamb. Fufs; das Perpendikel von dem Hause auf den Meridian des Schlosses gezogen, 63972 hamb. Fufs; und das dadurch abgeschnittene Stück des Meridians 5867 hamb. Fufs. Aus diesen Datis ergibt sich mit Hülfe specieller Risse die Entfernung des westlichen Pfahls vom Hochsander Hause auf 63716 hamb. Fufs. Beide Pfähle stehen nach genauer Messung 1072 hamb. Fufs weit von einander ab. Die Höhe des Hauses, von einem dahin geschickten Manne gemessen, beträgt $59\frac{1}{2}$ hamb. Fufs, und die Höhe des Hügels,

worauf es steht, über der Meeresfläche, 21 Fufs. Diese letztere Höhe ist bis auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Fufs ungewifs, daher man die Höhe des Firftes über der Meeresfläche auf 61 hamb. Fufs rechnen kann. Der westliche Pfahl ragt $15' 10\frac{1}{2}''$, der östliche $15' 1''$ über der Meeresfläche hervor. Der Durchmesser der Erde zu 6558594 Toifen gerechnet, beträgt 44483055 hamb. Fufs, wofür ich 44483000 Fufs setzen werde.

Denkt man sich nun durch den Kopf *B* des westlichen Pfahls *AB* (Fig. 4.) die scheinbare Horizontallinie *Bβ* (oder durch dessen Fufs *Aα*) und zugleich die wahre, d. h. einen mit der Meeresfläche concentrischen Kreisbogen *AD*; so läßt sich fragen:

1) Wie viel senkt sich auf 1072 Fufs und auf 65716 Fufs Entfernung die wahre Horizontallinie *AD* unter die scheinbare *Aα*? — Nach der bekannten Formel um $\frac{107^2}{44483000}$ und um $\frac{65716^2}{44483000}$, d. i. im ersten Fall um 0,5096, im letztern um 91,265 hamb. Fufs, oder in jenem um $\frac{3}{10}$ Zoll, in diesem um $91\frac{1}{4}$ Fufs.

2) Wie viel senkt sich die grade Linie durch die Köpfe beider Pfähle auf die angegebenen Entfernungen? — Der Unterschied der Höhe der beiden Pfähle über der Meeresfläche beträgt $9\frac{1}{2}$ Zoll. Dazu $\frac{3}{10}$ Zoll, um welche sich die scheinbare Horizontallinie über die wahre auf 1072 Fufs erhebt; giebt $9\frac{4}{5}$ Zoll, als so viel sich die grade Linie

durch die Köpfe beider Pfähle unter dem scheinbaren Horizonte senkt *). Diese Senkung ist der Entfernung proportional, beträgt folglich für 637,16 Fufs, $637,16 \cdot \frac{9}{1072} = 48\frac{3}{4}$ Fufs.

1072.12

Da nun die scheinbare Horizontallinie über die wahre am Hause auf Hochland um $91\frac{3}{4}$ Fufs, die grade Linie durch die Kopfflächen beider Pfähle, dort aber um $48\frac{3}{4}$ Fufs unter der scheinbaren Horizontallinie wegging; so mußte der Firft des Hauses auf Hochland um 42,66 Fufs über der wahren Horizontallinie durch den Kopf des westlichen Pfahls erhaben seyn, wenn die Köpfe beider Pfähle und der Firft in grader Linie gelegen hätten. Der Firft des Hauses lag aber 61, und der Kopf des westlichen Pfahls, durch den die wahre Horizontallinie geht, $15' 1''$ über der Meeresfläche. Also ist der Firft über die wahre Horizontallinie beyläufig $45'$ erhaben, mithin ungefähr 2 Fufs höher, als es die grade Linie erfordert. Sind diese 2 Fufs nicht kleinen Irrungen im Messen und

*) Das giebt eine Senkung der Nulllinie unter der scheinbaren Horizontallinie von $2' 36\frac{3}{4}''$. Will man daher die scheinbare Horizontallinie zum Mittel der Depressionen und Hebungen machen; so müßte die vorige und die folgende Tafel des Herrn Woltmanns dahin reducirt werden, daß man jede Depression um $2' 36\frac{3}{4}''$ vermehrte, jede Hebung um eben so viel verminderte da denn der Depressionen weit mehrere werden würden, als die Tafel zeigt. *Grub.*

Rechnen zuzuschreiben, so hätte, als die Pfähle eingeschlagen wurden, allerdings eine absolute *Depression* bey der Spiegelung statt gehabt, die doch meistens sehr gering, und nur am 20sten Jan., als man den Tubus 4 Zoll über den westlichen Pfahl erhöhen mußte, beträchtlich war. Denn an diesem Tage betrug die Neigung der Observationslinie unter dem scheinbaren Horizonte $9\frac{4}{7} + 4$ d. i. $10\frac{4}{7}$ Zoll auf eine Weite von 1072 Fuß, welches auf die ganze Länge bis zum Hause auf Hochland etwa 19 Fuß mehr Erniedrigung, und eben so viel mehr *Depression* des Hauses giebt.

Das Haus auf Hochland stand vom östlichen Pfahle um 637.16 — 1072, d. i. um 62644 hamb. Fuß ab. Gesetzt also, der Tubus werde am westlichen Pfahl um 1 Zoll erhöht oder erniedrigt; so beträgt das am Hause auf Hochland $\frac{62644}{1072.12}$ = 4.8 hamb. Fuß. Hieraus läßt sich sogleich für jeden Fall die Gröſſe der Erhebung oder der *Depression* übersehn, und daß so z. B. am 7ten Januar, als der Tubus $14\frac{1}{2}$ Zoll erniedrigt werden mußte, diese stärkste Erhebung des Hauses 69 Fuß, folglich mehr als noch einmal so viel, als die wirkliche Höhe des Hauses über der Meeresfläche, betrug.

Zu 1 Zoll oder $\frac{1}{12}$ Fuß Erhebung oder *Depression*, wie sie der Tubus am westlichen Pfahle zeigte, gehört ein Winkel, dessen Tangente

$\frac{1:12}{1072} = 0,0000777$ ist, mithin ein Winkel von 16 Secunden. Die *stärkste Hebung* in der Tafel gehört also sehr nahe zu einem Winkel von $3' 52''$. Nimmt man den Weg des Lichtstrahls für einen Kreisbogen, so ist die Amplitudo desselben das Doppelte dieses Winkels, also $7' 44''$. Die Meeresfläche ist auf einer Länge von $626\frac{1}{4}$ hamb. Fuß in einen Kreisbogen von $9' 40''$ gekrümmt. Folglich verhält sich der Krümmungshalbmesser der Bahn des Lichtstrahls, zum Erdhalbmesser, nahe wie $9\frac{3}{4}:7\frac{1}{4}$, da bey gleicher Länge der Bogen, die Krümmungshalbmesser verkehrt proportional sind. Aus dieser so starken Krümmung der Lichtstrahlen wird es begreiflich, *wie entfernte Gegenstände, die von nähern bedeckt, oder unter dem Horizont befindlich und nach graden Linien nicht sichtbar sind, dennoch durch eine solche Hebung, die nach den Quadraten der Entfernungen zunimmt, sichtbar werden können.* Die stärkste unter den beobachteten Hebungen betrug $14\frac{1}{2}$, die größte Senkung 4 Zoll, folglich machen sie einen Winkel von 296 Secunden oder beynahe 5 Minuten. Auch die *astronomische Horizontalrefraction* würde daher wenigstens um eben so viel, d. i. etwa um $\frac{1}{6}$ ihrer ganzen Gröfse veränderlich und ungewifs seyn *).

*) Bey den gleich folgenden fortgesetzten Beobachtungen fand sich eine Hebung von 33, und eine Senkung von $5\frac{1}{2}$ Zoll, mithin eine Hebung

Wie nahe endlich die grade Linie BG (Fig. 4.) durch den First des Hauses G und durch den Kopf des westlichen Pfahls B an der Meeresfläche ADF hinstreicht, giebt folgende Rechnung: Sie senkt sich auf 1072 Fufs um $9\frac{1}{2}$ Zoll, mithin um $2' 36\frac{1}{2}''$ unter den scheinbaren Horizont $E\beta$ oder $A\alpha$; so grofs mufs also auch der Erdbogen AD zwischen dem westlichen Pfahle und dem Punkte D seyn, wo eine Parallellinie mit ihr, MDN , welche die Meeresfläche berührt, diese trifft. Dieser Berührungspunct D steht mithin vom Hause um $9' 50\frac{1}{2}'' - 2' 36\frac{1}{2}''$ d. i. um $7' 14''$ ab, oder vom westlichen Pfahle um $157''$, vom Hause um $434''$. Sehr nahe wie diese Bogen AD , DF verhalten sich die beiden Stücke der berührenden Linien MD , DN , und die Stücke MA , NF sehr nahe wie $MD^2 : DN^2$. Nun betrage der Abstand der beiden Parallellinien von einander x Fufs, so sind AB , NG sehr nahe gleich x , und dieses von der Höhe des Pfahls und des Hauses abgezogen, $AM = 15' 10\frac{1}{2}'' - x$ und $NF = 61' - x$. Folglich verhält sich $15\frac{1}{2} - x : 61 - x = 157^2 : 434^2$, woraus sich x nahe $= 9$ Fufs ergibt; und so

von $528''$ oder $8' 48''$ und eine Senkung von $88''$, also eine Verschiedenheit von $10' 6''$, welche eine noch einmal so grofse Veränderlichkeit der Horizontalrefraction, als die angegebene, beweist. Eben so werden aus der unglaublichen Hebung von $8' 48''$ die sonderbaren Beobachtungen Ellicots, Lathams, und Vince's völlig begreiflich, wie entfernte sonst unsichtbare Klippen hoch aus dem Meere ansteigen konnten. *d. H.*

weit bleibt die grade Linie zwischen dem Firft des Haufes und dem weftlichen Pfahle von der Meeresfläche entfernt.

*

*

*

Die Beobachtungen, welche in der vorigen Tabelle mitgetheilt find, hat Herr Woltmann feitdem noch 9 Monate lang, bis zu Ende Octobers 1795, ununterbrochen fortgefetzt, und folgendes find die intereffanten Resultate diefer zufammenhängenden Reihe von Beobachtungen, welche die zufammenhängendften und fchärfften find, die wir bis jetzt über die Strahlenbrechung irdifcher Gegenstände befitzen.

1795 im	1) Anzahl der Spiegelungen		
	Morgens	Mittags	Abends
Februar	5	6	4
März	6	6	4
April	8	3	1
May	19	18	18
Juni	20	11	12
Juli	25	19	16
Auguft	27	14	13
September	28	17	14
October	13	8	8

Man fieht aus diefer Tafel, wie oft fich das Haus auf Hochland, oder, wenn diefes nicht deutlich zu fehn war, andre Gegenstände im Lande Khedingen, *fichtlich unterwärts gefpiegelt* haben; z. B. im Februar fünfmal des Morgens, fechsmal des Mittags, viermal des Abends; zu allen übrigen Zeiten fand diefes Phänomen entweder nicht ftatt, oder die Gegenstände waren wegen trüber Luft unfichtbar.

		2) Des Hauses auf Hochland			
1795	Anzahl d.	mittlere	größte	größte He-	
im	beobach-	Hebungod.	Depref-	bung	
Februar	tungen	Dep. eff.	sion		
		Zoll	Zoll	Zoll	
Morg.	14	1,8	— 2½. V.	18	
Mitt.	15	2,31	d. 28ten	d. 15ten	
Ab.	13	2,6	Morg.	Nachm.	
März					
Morg.	15	1,88	— 2½. V.	27*	
Mitt.	21	4,43	d. 15ten	d. 25 ten	
Ab.	17	6,54	Morg.	Nachm.	
April					
Morg.	26	1,51	— 3. V.	26	
Mitt.	25	7,11	d. 14ten	d. 22ten	
Ab.	21	8,99	Morg.	Mitt.	
May					
Morg.	16	1,3	— 5½. V.	32*	
Mitt.	18	3,21	d. 9ten	d. 18ten	
Ab.	14	2,00	Morg.	Mitt.	
Juni					
Morg.	19	1,01	— 4⅛. V.	33	
Mitt.	24	5,87	d. 21ten	d. 4t. Mitt.	
Ab.	25	5,74	Mitt.	(22. A. d. 8ten)	
Juli				Nachm.	
Morg.	21	— 0,33	— 4. V.	20	
Mitt.	18	0,78	d. 16ten	d. 21ten	
Ab.	24	1,44	Morg.	Nachm.	
August					
Morg.	21	— 0,08	— 3½. V.	16. A.	
Mitt.	24	0,8	d. 12ten	d. 27ten	
Ab.	20	1,97	Mitt.	Nachm.	
September					
Morg.	20	— 0,56	— 3. V.	26 ½	
Mitt.	25	3,28	d. 20ten	d. 8ten	
Ab.	24	4,42	Morg.	Nachm.	
October					
Morg.	18	0,05	— 4½. V.	18½ A.	
Mitt.	23	2,45	d. 24ten	d. 1ten	
Ab.	17	4,41	Morg.	Nachm.	

In diesem zweyten Theil der Tabelle findet man zuerst die *Anzahl der Beobachtungen*, aus welchen die mittlern Hebungen oder Depressionen des Hauses auf Hochsland in jedem Monat berechnet sind. Zu allen übrigen Zeiten war das Haus gar nicht, oder doch nicht deutlich genug zu sehn, daß man die Hebung desselben hätte bestimmen können.

Die *Hebungen* und *Depressionen* des Hauses sind durch die Menge von Zollen bestimmt, um welche das Fernrohr am westlichen Pfahle über den Stand, den es am 15ten December 1794 hatte (S. 411), erniedrigt oder erhöht werden mußte, um den First des Hauses mit der Kopffläche des östlichen Pfahls in gleicher Höhe zu sehn. Die Depressionen haben das — Zeichen. Um das Mittel zu finden, wurden alle Erhebungen oder + Zahlen, und alle Depressionen oder — Zahlen, jede für sich addirt, die kleinere Summe von der größern abgezogen, und der Rest durch die Zahl aller Beobachtungen dividirt. Die größten positiven und negativen Zahlen des Journals in jedem Monat, gaben die *größte Erhebung* und die *größte Depression*. So erhält man in dieser Tabelle eine interessante Uebersicht von der GröÙe der irdischen Refraction und ihrer Aenderung. Doch beziehn sich alle diese Erhebungen und Depressionen auf eine Nulllinie, die schon $2' 36\frac{4}{7}''$ Depression unter der scheinbaren Hori-

zontallinie hat, und wären wohl billig auf diese als die wahre Nulllinie zu reduciren. (f. S. 419. Anm.)

Ein paarmal (am 25ten März und am 22ten April) war der Elbhorizont über den Firft des Haufes auf Hochland erhaben; dieses wenigstens nicht fichtbar. Die mit * bezeichneten Zahlen bedeuten die *Erhebung des Wasserhorizonts*, nicht die des Haufes. — Ferner habe ich dreymal (den 8ten Juli, 27ten August und 1sten October) stets Nachmittags, die entlegnen Gegenstände, nemlich die jenseitige Küfte der Elbe im Holsteinschen mit ihren Häusern, Kirchen u. f. w., das Haus auf Hochland, das Land Kehdingen und zum Theil das Land Hadeln, bey starker Hebung, *aufwärts in der Luft sich deutlich spiegeln* sehn. Die gleichzeitige Hebung des Haufes bey diesem Phänomen ist mit Λ bezeichnet. Das umgekehrte Zeichen V bedeutet *Spiegelung unterwärts*.

R e s u l t a t e.

1.

Nach den Beobachtungen, die vom Anfang Februar bis Ende October angestellt wurden, betrug die

	Morg.	Mitt.	Ab.
mittlere Refraction	11",9	52",5	67",8
kleinste Refraction	— 52"	— 41",3	— 32",4
größte Refraction	99",1	328"	330",2

Im Durchschnitt genommen betragen folglich die *Senkungen* oder *Depressionen* des Morgens am meisten, des Abends am wenigsten, dagegen umgekehrt die *Erhebungen* des Morgens geringer, des Abends stärker sind *). Die größte Erhebung und Erniedrigung sind zusammen $528'' + 28'' = 10' 16''$; um so viel (mehr oder weniger, nachdem der Gegenstand weiter oder näher ist) scheint man folglich bey geometrischen Höhenmessungen fehlen zu können, wenn man sie auf gerathewohl unternimmt, und keine Merkmale zur Verbesserung, wegen der jedesmaligen Beschaffenheit der Strahlenbrechung hat.

2.

Was die *Spiegelung mit umgekehrten Bildern* unterhalb der *Gegenstände* betrifft, so hatte dieses Phänomen, wie man aus der obigen Tafel sieht, bey Gegenständen, die über eine *Wasserfläche* fort gesehen wurden, sehr oft statt. Fast immer, wenn das Haus auf Hochland sich so spiegelte, war es mit den beiden Pfählen in gleicher Höhe, oder unter der Kopffläche des östlichen

Es 2

*) Damit stimmen die Beobachtungen *Ellicots* im vorigen, und *Vince's* und *Latham's* in dem folgenden Stück der *Annalen* aufs beste zusammen, welche die außerordentlichen Hebungen entlegener sonst unsichtbarer Küsten, die sie beschreiben, des Nachmittags, wenigstens, in größter Stärke sahen.

d. H.

Pfahls gefenkt, selten um 1 bis $1\frac{1}{2}$, und nie über 2 Zoll darüber erhaben. — Umgekehrt waren alle Erniedrigungen mit Spiegelungen des Hauses und andrer entlegner Gegenstände über dem Waffer her begleitet, so dafs man das Haus selbst und zugleich ein deutliches umgekehrtes Bild unter demselben sah.

Es ist schon vorhin dargethan worden, dafs dieses auf keiner wahren katoptrischen Spiegelung, sondern auf einer der gewöhnlichen atmosphärischen Refraction entgegengesetzt wirkenden *Strahlenbrechung* beruhe, welche die Lichtstrahlen nach oben krümmt, so dafs ihre Bahn nach unten zu convex wird. Ist das wirklich der Fall, so läfst sich wol nicht annehmen, dafs zwey Lichtstrahlen, welche von einem Punkte des Objects ausgehn, in senkrechter Ebne bleiben, und in einem Punkte, nemlich im Auge, wieder zusammen kommen, folglich zwey Lichtstrahlen, die sich in ihrer ganzen Bahn nicht weit von einander entfernen können, eine entgegengesetzte Brechung leiden, und der eine aufwärts, der andre herabwärts gekrümmt werden sollte*). Vielmehr sind dann höchstwahrscheinlich sowohl die Strahlen, durch welche man den entlegnen Gegenstand, als die, durch welche man das Bild sieht, unterwärts gebogen, nur diese mehr als jene, so dafs auch das Object eine absolute Erniedrigung in Ver-

*) Höchstens nur in sehr einzelnen Fällen, dergleichen *Vince* beobachtet zu haben scheint. d. H.

gleich der horizontalen (oder fast horizontalen) Strahlen, durch die es sonst gesehen wird, *erleidet* *).

Da nun, so oft das Haus auf Hochland in oder unter der *pro basi* angenommenen Linie (durch die Kopffläche der beiden Pfähle und den Firft des Hauses) erschien, oder darunter, eine Spiegung unterwärts statt fand; so war diese Linie nicht grade, sondern ein wenig unterwärts gekrümmt, und der westliche Pfahl steht etwas höher, als es die grade Linie durch den Firft und den vordern Pfahl erfordert hätte. Und da noch bey $\frac{3}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Hebung verschiedentlich eine Spiegung unterwärts statt fand; so möchte die Scheitelplatte des westlichen Pfahls, oder der Nullpunct, um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll zu hoch gestanden haben **). Zwar war einige wenige mal bey Spiegungen unterwärts das Haus $\frac{1}{4}$ und 1 Zoll, einmal sogar 2 Zoll erhaben; als man aber einige Minuten später die Beobachtungen wiederholte, war das Object auf o gesunken; diese wenigen unregelmäßigen Beobachtungen entschieden daher nichts, da sie von zufälligen Veränderungen, oder von dem Uebergange der Luft aus einem Zustand in einen andern, abzuhängen scheinen ***). Der Beobachtungen von $\frac{1}{4}$ bis

*) Vergl. *Huddarts* Theorie, *Annal. d. Ph.* III. 261. d. H.

**) Vergl. S. 419 Anm.

***) Da die scheinbare Horizontallinie $9\frac{1}{2}$ Zoll Hebung über H. Woltmanns Nulllinie hatte; so ist

$\frac{1}{2}$ Zoll Hebung bey Spiegungen, sind dagegen beträchtlich viele, daher diese billig zur Regel gezogen werden.

3.

So wie die Erniedrigungen mit einer Spiegung unterwärts, so sind *sehr starke Erhebungen* auch *mit einer Spiegung oberwärts* begleitet. Doch ist dieses Phänomen mit deutlichen, vollständigen Bildern sehr selten, und wurde in 9 Monaten nur dreymal wahrgenommen; mit unkenntlichen und verworrenen Bildern ist es häufiger, und bey jeder außerordentlichen Hebung, heisser Luft, etc., vorhanden.

Das Bild des Wasserhorizonts erscheint dabey zu oberst in vollkommen grader Linie, an welcher die Bilder der Häuser, Ufer, Hügel, Mühlen, Bäume etc. unterwärts *umgekehrt*, wie bey der vorigen Art von Spiegung, hängen. Zuweilen trennt ein Luftstreifen das verkehrte Bild von dem darunter stehenden Gegenstande; doch stoßen häufiger Bild und Gegenstand zusammen, und vermischen sich so, daß keins von beiden kenntlich ist, und das Ganze wie eine hohe Seeküste, mit vielen senkrechten Strichen, erscheint.

Da es bey dieser Spiegung oberwärts außer Zweifel ist, daß die Strahlen des Gegenstands

bey allen Spiegungen ohne Ausnahme Depression, so wie bey Spiegungen aufwärts, Hebung über diese scheinbare Horizontallinie. *Grab.*

und des Bildes, beide durch Brechung aufwärts müssen gekrümmt werden, so läßt sich hierdurch analogisch die Brechung niederwärts bey der untern Spiegung bestätigen *).

*) Schon *Wetterling* in seiner Abhandlung von zwey an den Schwedischen Küsten bemerkten Erscheinungen, *Erhebung (Hågring)* und *Seegeſicht (Gunnilas Oerar)* in den Neuen Abh. der kön. Schwed. Akad. der Wiſſ. für 1788, ſcheint dieſe Spiegung oberwärts (*Seegeſicht*) eben ſo wohl als die herabwärts beobachtet zu haben. „Die wirkliche *Erhebung (Hågring)*, ſagt er, macht nicht nur Gegenſtände ſichtbar, die hinter andern ſtehn, ſondern ſelbſt ſolche, die zu tief unter dem Horizonte liegen, als daſs die gewöhnliche Strahlenbrechung ſie zum Auge bringen könnte. Bey einer Beobachtung vom 1ſten Juni 1785 bemerkte er, „daſs meißt alle Gegenſtände von der *Erhebung* gleiche Höhe erhielten. — Das Fernrohr zum Nivelliren beſtätigte es, daſs die Stelle, welche der erſte Streif der Erhöhung über die ſchwediſchen Klippen einnahm, beſtändig die Gränze der Höhe blieb, und daſs der Zuwachs niederwärts in einer ſpitzigen oder kolbigen Geſtalt geſchah. — Der *Erhebung* obere Ebne war (zunächſt eine grade ſcharfe Linie, ſo lang als der Klippen Grundlinie; der untere zuwachſende Theil hatte eine ordentliche kolbige Geſtalt, doch mit ſo matter Umgränzung am Mittel der Beugung, daſs er von gewöhnlicher Luft durchbrochen ſchien. Es war auch faſt unmöglich, Farben der Körper und ihrer *Erhebungen* zu unterſcheiden. Die lichten Berge gaben eben die *Erhebung* wie die

4.

Die *Bilder der Spiegung unterwärts* sind sehr unbeständig und wandelbar; sie werden bald

Berge., Zwar sagt *Wetterling* weiterhin: „Durch die *Erhebung* zeigen sich alle Gegenstände aufgerichtet, und nicht das oberste zu unterst gekehrt, wie man anfangs aus dem ersten Anwachs der *Erhebung* schließen sollte., Allein ich bin geneigt dieses von der *Erhebung* der Objecte selbst, nicht von ihrer obern *Spiegung* zu verstehn.

Merkwürdig ist es, daß nach allgemeiner Erfahrung der Seeleute, wie *Wetterling* bemerkt, diese obern starken *Spiegungen* (*Gunnilas Oerar*) eine Vorbedeutung großer Stürme find. . Stürme sind heftige Strömungen, womit die Luft das gestörte Gleichgewicht herzustellen sucht. Es wäre aber kein Grund zu solchen Strömungen vorhanden, wofern nicht eine dünnere Luftschicht ziemlich lange sich unter einer dichtern ruhig erhalten könnte; die, sobald sie sich zu überwerfen anfangen, die ganze Luftregion in die gewaltigste Bewegung setzen. Von einer ähnlichen Ursach spricht *Franklin*, da er das Aufwirbeln der Wasserhosen erklärt. Vor beiden Erscheinungen geht eine Windstille her. Die dünnere Luftschicht hält sich also noch ruhig unter der dichtern und schwerern, und das Phänomen der *Gunnilas-Oerar* kann in der dünnern sich bilden, bis der Kampf der Luftschicht anfängt.

Grub.

Der Leser vergleiche hiermit die Bemerkungen *Huddart's*, *Ellisot's*, *Nicholson's* und *Woltmann's*
d. H.

größer, bald *kleiner*, bald in Stücken getrennt, und sind zuweilen eine Zeitlang in steter Bewegung. Ihre ganze Dauer ist selten über 2 Stunden von 3 bis 5 Uhr, oder 4 bis 6 Uhr Abends.

Bei den beiden Spiegelungen *unterhalb* und *oberhalb*, ist noch folgender optischer Betrug zu bemerken: Bey der *erstern* scheinen die Gegenstände selbst sehr erhaben und in der Luft zu stehn, sind aber in der That niedriger, als zu jeder andern Zeit. Bey der *letztern* hingegen scheinen die Gegenstände selbst sehr niedrig zu seyn, und kaum etwas über dem Horizonte, der selbst sehr erhoben ist, hervorzustehn. Der ganze Gegenstand ist aber in der That bey diesem Phänomen außerordentlich erhaben, obwohl, wie es scheint, zuweilen die untern Theile verhältnißmässig mehr als die höhern, da denn der Gegenstand niedergedrückt erscheint. Ob aber bey dieser Spiegelung oberwärts eine unregelmässige Strahlenbrechung, vermöge der die Strahlen von den untern Theilen des Gegenstandes die von den obern durchkreuzen, vorgehe, oder überhaupt möglich sey, und ob dabey ein vollkommenes Bild entstehn könne, über alles das kann ich mit Gewissheit bis jetzt nichts entscheiden *).

Beide Spiegelungen, unterwärts und oberwärts, sind, so viel ich mich erinnere, sehr gut in einem

*) Darüber giebt *Vince's* künftig mitzuthellender Aufsatz die erwünschte Auskunft. d. H.

Aufsätze von *Martinet Warneemingen omtrent het Opdoemen van Zee en Land* in den Verhandlungen der holl. Akad. der Wissensch. zu Harlem. Th. 27. St. 2. beschrieben.

5.

Mit südlichem und westlichem Winde und bey niedrigem Barometerstande war die *Erhöhung* der Gegenstände in der Regel stärker, als bey nördlichem und östlichem Winde und hohem Barometerstande; und unter diesen letztern Umständen geht die irdische Refraction nicht selten in wirkliche *Erniedrigung* mit Spiegung herabwärts über. Doch ist das Barometer bey dieser Regel zuverlässiger, da sie in Hinsicht des Windes häufige Ausnahme leidet. Trockne Luft vermindert die Erhöhung der Gegenstände, feuchte Luft vermehrt sie, daher die Spiegung unterwärts häufiger bey trockner als bey feuchter statt hat. Den stärksten untrüglichsten Einfluß auf diese Refraction hat aber die *Wärme*.

In den beiden Monaten September und October wurde täglich Morgens, Mittags und Abends die Temperatur des Elbwassers und der Luft nahe über der Wassersfläche beobachtet, und es ergibt sich aus diesen Beobachtungen, daß allemal, wenn das Wasser um 2° Fahrenh. oder mehr *wärmer* als die Luft war, eine *Erniedrigung* der Strahlen, die sich über die Wassersfläche erstreckten, und (vorausgesetzt, daß die Gegenstände sichtbar

waren) eine Spiegung herabwärts statt fand. War dagegen das Wasser um 2° F. *kälter* als die Luft, so fand *Hebung* der Strahlen und nie eine Spiegung herabwärts statt. Diese Regel litt während zweymonatlicher Beobachtung, und bey mehr als 150 Beobachtungen, keine einzige Ausnahme. Setzt man aber statt 2° nur 1° , so finden sich davon einige wenige Ausnahmen.

Auch ohne Thermometer kann man oft entscheiden, ob das Wasser oder die Luft wärmer ist. Bey jedem *Froste* ist so z. B. die Luft kälter als 32° , indess das Wasser nicht leicht kälter werden kann, ohne sich in Eis zu verwandeln. Eis und Schnee sind beym Frostwetter wärmer als die Luft, und deshalb findet bey solchem Wetter die irdische Refraction in der gewöhnlichen Bedeutung (Erniedrigung und Spiegung) allemal statt *). Beym *Aufthauen* hingegen ist die Luft wärmer als die Erdoberfläche, mithin ist eine wirkliche Hebung der Gegenstände vorhanden. Im Allgemeinen ist die Luft im Frühling wärmer, im Herbst und Winter kälter, als das Meer. Im Sommer wechselt dieses nach den Tageszeiten ab; des Morgens ist das Wasser, Mittags und Abends hingegen, so lange die Sonne scheint, die Luft wärmer, wiewohl sich hierin nach Verschiedenheit des Windes und des Barometerstandes Ausnahmen zeigen.

*) Man vergl. eine hierher gehörige Beobachtung *Wilde's Annalen* III. 366. d. H.

6.

Das Bisherige betraf Strahlen, welche größtentheils über eine Wasserfläche hinstreichen. Herr Woltmann delinte seine Beobachtungen aber auch auf *Gegenstände* aus, *von welchen die Strahlen längs einer mit Pflanzen bewachsenen Erdofläche fortgingen*. Dazu diente ihm *erstlich* die Thurmmauer der *Altenbrucher Kirche* des Landes *Hadeln*, (Fig. 1.) welche vom Observationspunct (dem westlichen Pfahle) in Südsüdost ungefähr 23470 Fufs entfernt, und etwa 70 Fufs über der Meeresfläche lag. Der Strahl ging über einen begrünzten Boden und über Getreidefelder, die mit Gräben und kleinen Wasserläufen durchschnitten sind, hin und wieder nahe über Bäume, Häuser und Deiche fort. Ein *zweiter* Gegenstand für diese Beobachtungen war ein Haus zu *Duhnen*, vom Observationspuncte Nordnordwest ungefähr 15200 Fufs entfernt, und über der Meeresfläche etwa 64 Fufs erhaben. Der Strahl erstreckte sich in der ganzen Länge über ein ziemlich trocknes und ofnes Getreidefeld, ohne Häuser, Bäume und dergleichen.

Die Beobachtungen wurden eben so, wie die vorigen, angestellt, und der Nullpunct wiederum zu einer Zeit bestimmt, als die entlegnen Gegenstände über Wasser her sich unterwärts spiegelten. Doch waren die beiden gewählten Gegenstände zu nahe, als daß an ihnen selbst die Spiegung sichtbar werden konnte, auch kein entfernteres Object

im Observationspuncte sichtbar, von welchem die Strahlen bloß über trockne Erde gegangen wären, obſchon, wenn man eine ganz offne Ebne vor ſich hat, oder von einer Höhe über Gebüſch und dergl. wegſieht, (z. B. von den Geefthöhen über die Marſchen daſiger Gegend) es nichts ſeltneſ iſt, die ganze Landſchaft in einem unbeweglichen *Glanzmeere* zu ſehn, worin ſich alle erhobnen Gegenſtände *unterwärts ſpiegeln*. Dieſe Spieglung bey Seite geſetzt, fand H. Woltmann eine völlige Uebereinkunft in der Brechung der Strahlen, die über Land und über Waſſer hinſtreichen. Der Strahl krümmt ſich allemal ſo, daß er nach der *wärmſten* Seite zu convex iſt, und die Refraction iſt deſto größer, je größer die Wärmeverſchiedenheit zwiſchen beiden Materien iſt.

7.

Iſt der Himmel den ganzen Tag bedeckt, oder der Erdboden bey heitrer Luft ſo feucht, daß die Pflanzen ſich durchs *Verdünſten* abkühlen, ſo iſt es möglich, daß die Refraction den ganzen Tag über aufwärts convex bleibt. Werden aber Strahlen, die über den feſten Boden hingehn, des Morgens herabwärts convex gekrümmt; ſo muß dieſe Depreſſion gegen Mittag noch zunehmen oder wenigſtens beſtehn bleiben. Beobachtet man Morgens und Abends Depreſſion, ſo iſt ihre Dauer auf dem feſten Lande an dieſem Tage keinem Zweifel unterworfen, weil ſie hier um Mittag allemal zunimmt; auf der See wird nicht ſelten die Hebung um Mittag am größten.

Sieht man die *Sonne* oder den *Mond* *aufgehn* oder *untergehn*, so giebt ihre Gestalt ein untrügliches Merkmal, ob Hebung oder Senkung statt findet. Im letztern Fall scheint die Sonnen- oder Mondscheibe nicht rund, sondern in die Länge gezogen. Ein Theil derselben spiegelt sich unterwärts; das umgekehrte Bild kann $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ des Durchmessers betragen, und es ist, als ob an dem auf- oder untergegangnen Theile der Anfang einer andern Scheibe angesetzt wäre.

In Ermanglung andrer Gegenstände kann die *Spiegelung der Atmosphäre* selbst ein Merkmal der Depression abgeben. Oft, und meist bey heiterm Sonnenscheine, sieht man rings umher an der Gränze des Horizonts eine scheinbare *wellenförmige Bewegung* der Luft, wobey der Gesichtskreis mehr als gewöhnlich eingeschränkt ist. Diese Wellen sind keine wirkliche Luft, da man keinen Stofs von ihnen fühlt, nur Bilder von Wellen, die den Wanderer ringsum *begleiten*, aber immer vor ihm fliehn. Ein kleiner, niedriger Streifen der Atmosphäre spiegelt sich, so dafs der unterste Theil des Bildes zum obern Theile des abgespiegelten Streifens gehört, und in diesem Theil des Bildes ist die anscheinende Aesituation.