

VII.

Bemerkungen

über

ein Katoptrisches Phänomen,

welches

an den Gegenständen nahe am Horizont nicht selten sichtbar ist. *)

V o n

H. Reinhard Woltman,

Audirektor im hamburgischen Amte Nixebüttel.

Erster Theil.

S. I.

Das Phänomen besteht darin, daß entlegene Gegenstände, Häuser, Bäume u. u. nahe am Horizont von der sichtbaren Erdoberfläche oft durch einen hellen Luftstreifen getrennt, und gleichsam in der Luft zu stehen scheinen;

*) Gegenwärtige Bemerkungen hat H. Woltman gegen Ende des Jahres 1794 angefangen, im Jahre 1795 fortgesetzt, am 2ten Novemb. desselb. beschloßen, und theilweise dem H. Abbe Gruber mitgetheilt. Die nachher von ihm an H. Hofrath Kästz

nen; oder als wenn zwischen dem sichtbaren Horizont und den Gegenständen ein glänzender leerer Raum vorhanden wäre; oder wenn das Auge ansehnlich erhaben ist, und mehrere entlegene Objekte hinter einander sieht, als wenn diese Häuser, Mühlen, Kirchen, Bäume u. u. in einem stillen glänzenden Meere, womit die ganze Landschaft überschwemmt wäre, ständen, und sich darinn abspiegelten.

§. 2.

Alle, die davon geschrieben haben, *) kommen in dem übereins, daß eine Zurückwerfung der Lichtstralen die nächste Ursache des Phänomens sey. Ich habe selbst mit einem achromatischen Fernrohr sehr deutlich wahrgenommen, daß die entfernten Häuser, Bäume, Schiffe in umgekehrter

Kästner eingesandten Beobachtungen über die Refraktion solcher Lichtstralen, welche nahe über die Erd- oder Wasserfläche sich erstrecken, sind eine Folge der gegenwärtigen Aufsätze, worauf er sich in jenen bezieht. Selbe sind in den Götting. Anzeigen 82ten Stück, 21ten May 1796 weitläufig rezensirt worden.

- *) H. Abbe Gruber in Prag hat dieses Phänomen, welches er im temestwarer Bausnat sehr oft, und endlich auf dem trockenen zirkniger Seeboden in Krain gesehen hatte, in seinen 1781 in Wien gedruckten Briefen hydrographischen und physikalischen Inhalts aus Krain zuerst erwähnt. Im Jahre 1783 behandelte daselbe H. J. Ge. Büsch, Prof. der Math. in Hamburg, welcher es von seiner Jugend an beobachtet hatte, in seinem Werke Tractatus duo, optici argumenti, und machte wider Grubers kurze Nachricht mehrere Erinnerungen. Dagegen hat sich dieser in seiner 1786 den Akten der k. Böhmischen Gesellschaft d. W. eingerückten Abhandlung über die Stralendrechung und Abprellung auf erwärmten Flächen vertheidigt, und das ganze Phänomen von den Veränderungen des Stralenganges in einem durch die Wärme verdünnten Mittel Dinge hergeleitet. Diese zwey Abhandlungen hat H. Hofrath Kästner in seiner Dioptrik 1792 nebst mehreren Beispielen angeführt; unter andern, daß H. Justizrath Niebuhr einen Araber auf einem Kameele in freyer Luft reiten gesehen. Siehe dessen Reisebeschreibung nach Arabien 1. Theil, S. 253.

ter Gestalt sich sehr deutlich abbilden, wie eben dieselben Gegenstände in der Nähe thun, wenn zwischen ihnen und dem Auge ein ganz ebener Wasserspiegel befindlich ist. Das Objekt ist seinem Bilde an Farbe und Helligkeit gleich, hängt auch damit unmittelbar zusammen, so, daß man sie für eins hält, und mit bloßen Augen den Unterschied nicht anders, als aus der Gestalt erkennen kann, z. B. ein Haus scheint einen First, oder Dachspitze oben, einen andern unten zu haben, und so auf dem hellen Streifen zu stehen; wo denn die untere Spitze das Bild, die obere das Objekt ist.

§. 3.

Ferners ist diese Erscheinung nicht selten an entfernten Schiffen auf ziemlich unruhigem Wasser, wo zwischen Auge und Gegenstand gar kein trockenes Land vorhanden ist, zu sehen. Das Wasser selbst ist alsdann blau, dunkel, und unterscheidet sich sehr auffallend von dem hellen Streifen, in welchem das Schiff sich abspiegelt. Auch sieht man das Phänomen so gut gleich nach einem Regen, als vor demselben; und selbst im Regen verschwindet es nicht eher, als bis die Undurchsichtigkeit der Luft das Sehen in der Ferne verhindert.

§. 4.

Vor Objekten, welche ungefähr gleiche Höhe haben, wie Häuser oder Schiffe, ist der helle Luftstreifen desto breiter, je entlegner sie sind, oder je weniger sie über den Horizont erhaben sind. Hingegen wird der Streifen schmaler, je näher der Gegenstand kommt, oder auch je höher das Auge sich erhebt. Eben so ist es mit den Bildern; sie sind nur von den untern, mittlern und höchsten Theilen des Objekts abespiegelt vorhanden, je nachdem das Objekt nahe oder weiter entfernt ist. Thürme und
Mühs

Mühlen müssen mehrere Meilen weit entfernt, oder das Auge auch sehr niedrig seyn, wenn sie sich ganz abspiegeln sollen. Woraus folgt, daß nur diejenigen Strahlen von den Objekten durch Reflexion ins Auge kommen, die unter sehr kleinen Winkeln auf die spiegelnde Fläche fallen.

§. 5.

Wenn das Auge unverändert bleibt, und das Objekt immer näher und näher rückt, so mindert sich der helle Streifen immer mehr und mehr, verschwindet endlich ganz, und indem der Gegenstand noch immer näher kömmt, so fängt auch dessen abgepiegeltes Bild an abzunehmen, zuerst verschwindet des Bildes unterer Theil, der zum obern Theil des Objekts gehört, und so nach und nach die höhern Theile des Bildes, die Abspiegelungen von den niedrigern Theilen des Objekts sind.

§. 6.

Wenn ferner das Objekt unverändert bleibt, und das Auge immer höher und höher rückt, so nimmt gleichfalls zuerst der Lichtstreifen, und hienächst das Bild des Objekts allmählig theilweise ab, und verschwindet zuletzt ganz.

Demnach ist dieser helle Streifen kein Objekt, wie etwa eine leuchtende Fläche, glänzender Nebel u. u. sondern selbst ein Bild eines sich abspiegelnden hellen Objekts.

§. 7.

Wenn selber ein helles Meer vorstellt, so ist dieß nur das Bild von einem Streifen der Atmosphäre, welche nur wenige Minuten über den Horizont erhaben ist; ist also nicht Luft, sondern Luftbild.

Denn

Denn a) sind diese beyden Dinge einander wie Bild und Objekt an Glanz und Ansehn vollkommen gleich, und nicht zu unterscheiden,

b) wirft die Atmosphäre eben sowohl, als die übrigen genannten Gegenstände Licht zurück (wie könnten wir sie sonst sehen?) also muß dieß Licht, wenn es unter eben so kleinen Winkeln einfällt, auch eben sowohl reflektirt werden können, als das Licht von andern Gegenständen;

c) stimmen hiemit die Wahrnehmungen (N^r. 4. 5. 6.) vollkommen überein.

§. 8.

Unser Phänomen verkleinert den Gesichtskreis auf einer freyen Platte, oder auf dem Meere, vertieft den Horizont, oder vergrößert die Elevationswinkel. - Denn da das abgespiegelte Bild der Atmosphäre von ihr selbst gar nicht zu unterscheiden ist, als nur durch erhabene Gegenstände am Horizont, die sich gleichsam zwischen beyden befinden; so ist man bey einem freyen Horizont gezwungen, die Gränze des Luftbildes für die Gränze der Atmosphäre selbst zu halten.

Es sey nun AB (Fig. 1.) ein Bogen in der Erdoberfläche; CD in der Atmosphäre. In E sey das Auge um die Höhe AE über die Erdoberfläche erhaben. ED sey die Gesichtslinie, welche die Erdoberfläche in F berührt, so ist in F die Gränze des Gesichtskreises, und AF der sichtbare Theil des Bogens. Ferner sey DG derjenige Theil der Atmosphäre, dessen reflektirtes Bild in E gesehen wird, oder G sey der höchste Punkt der Atmosphäre, dessen Licht durch Reflexion auf dem Wege GLE nach E kommt; so muß sein Einfalls- und Reflexionspunkt L zwischen A und F liegen; denn von Punkten, die über F hinaus nach B lägen, kann kein Strahl in gerader Linie nach E kommen. Es liegt also EL unterhalb EF, und das Auge empfängt den Strahl GLE so, als käme er von einem niedrigeren Punkte K in der verlängerten Linie EL her. Eben so werden die Strahlen al-

ler Punkte in GD zwischen L und F so zurückgeworfen, als kämen sie von dem niedrigeren Bogen der Atmosphäre DK her. Von dem wahren Gesichtskreis AF wird nun der Theil LF zum Spiegel, der selbst nicht mehr gesehen, sondern für Atmosphäre, deren Licht er ins Auge sendet, gehalten wird. Also wird der Gesichtskreis kleiner um den Theil LF; der Horizont tiefer um den Winkel DFK; und um eben so viel jeder Elevationswinkel MED zu groß erscheinen. — Die Linien dieser Figur muß man alle in einer vertikalen Ebene sich vorstellen.

S. 9.

Der Kürze halber heiße ED Tangente des Horizonts; EG Gränze, und GED größte Höhe der (katoptrischen) Reflexion; AL effektiver, AF natürlicher Gesichtskreis: so folgt (aus dem vorigen S. 8.) daß alle Gegenstände, die sich abspiegeln, ausserhalb dem effektiven Gesichtskreis liegen, und nicht über die Reflexionsgränze erhaben seyn müssen. Liegen diese Gegenstände auch ausserhalb dem natürlichen Gesichtskreis, so müssen sie über die Tangente des Horizonts hervorstehen; z. B. in der 2ten Figur (wo alles dieselbe Bedeutung, wie in der 1ten hat) wird von dem Objekt der Theil ab, der über den natürlichen Horizont ist, sich unterwärts umgekehrt, $\alpha\beta$, abspiegeln, und einen hellen Streifen $\beta\gamma$ unter sich haben, der das Bild von bc des Theils der Atmosphäre zwischen dem Objekte und der Reflexionsgränze ist. Reichte das Objekt noch höher und bis an die Reflexionsgränze, so würde kein heller Streifen vorhanden seyn. Ein Objekt, das über die Reflexionsgränze erhaben, wie in Fig. 3., spiegelt sich nie ganz, sondern nur der untere Theil ab, durch das Bild $\alpha\beta$ ab. Hohe Kirchtürme sieht man selten abgebildet. Wenn die Spiegelung auf einer ebenen Fläche geschähe, so müßten die scheinbaren Größen des Objekts und Bildes einander sehr nahe gleich, $GED = DEK$ seyn. Denn

es sey in der 4ten Fig. AB ein ebener Spiegel, und nahe über demselben ein Objekt ab; so wird dessen Bild $a\beta$ in gleicher Größe und Entfernung unter dem Spiegel erscheinen; beide werden daher vom Auge, welches in E gleichfalls nahe über dem Spiegel ist, beynähe gleiche Entfernung haben, oder GED wird beynähe gleich DEK seyn.

§. 10.

Von unserm Phänomen sind die Bilder allemal beträchtlich kleiner, als ihre Objekte. An Häusern und Bäumen, wo Objekte und Bilder gleichsam in eins zusammen hängen, ist dieß nicht so deutlich wahrzunehmen, als an Schiffen, wo die Verschiedenheit der Segel und ihre Zwischenräume verursachen, daß man Objekt und Bild deutlich unterscheiden kann. Hiernach habe ich geschätzt, daß das Bild zuweilen weniger, zuweilen mehr, meistens aber ungefähr die halbe scheinbare Größe des Objekts habe. Die 7te Fig. stellt ein Beispiel von einem Schiffe dar, wie ich es von vorne angesehen, so weit es über die Tangente des Horizonts des Meeres hervorstand.

§. 11.

Daß die Bilder kleiner, oder vielmehr kürzer erscheinen als ihre Objekte, kann daher rühren, daß die Stralen nicht unter völlig so großen Winkeln reflektirt werden, als sie einfallen. Vielleicht wirkt dabei auch die Refraktion etwas mit, und erhebt die Stralen des Bildes desto mehr, je tiefer die Punkte liegen, von denen sie herzukommen scheinen; woraus denn auch eine Verkürzung des Bildes erfolgen würde.

§. 12.

Um die bey unserm Phänomen vorkommenden Größen bestimmen zu können, will ich folgendes Beispiel mittheilen: aus meiner Wohnung zu

Curhaven (S. Grundriß Fig. 5.) sehe ich nach der Linie AB ein Haus nahe am Elbufer.

Wegen Krümmung des Stroms erstreckt sich die Gesichtslinie fast ganz über eine Wasserfläche, und ist nach einer genau aufgemessenen Charte lang 2,465 geogr. Meilen = 9,86 Min. des größten Kreises = 9337 Franz Toisen. Ueber die Höhe des vollen Meers oder der höchsten Stromfläche ist das Auge erhaben 3 Toisen; bey welcher Höhe ich die Weite des natürlichen Gesichtskreises 4400 Toisen rechne. Der First des Hauses ist beyläufig $7\frac{1}{2}$ Toisen über der Stromfläche; wovon ungefähr 4 Toisen sichtbar sind, und $3\frac{1}{2}$ Toisen (welche die Höhe des Landes und den Berg oder Warth, worauf das Haus steht, ausmachen) sind unter der Tangente des Horizonts. Die Gränze zwischen dem Hause und seinem Bilde kann ich nicht deutlich unterscheiden, aber der helle Luftstreifen, das Luftbild unter dem Bilde des Hauses distinguirt sich deutlich von beiden, und seine Breite scheint mir, wenn das Phänomen vollkommen ist, nach Schätzung ungefähr etwas über die Hälfte, oder beynah $\frac{2}{3}$ des Ganzen zu betragen.

Nimmt man also das Bild für die Hälfte seines Objekts (S. 10), so sind das Haus ab, und sein Bild $\alpha\beta = 6$ Toisen, der helle Streifen $\beta\gamma = 3\frac{1}{2}$ Toisen, sein Objekt bc, 7 Toisen. Demnach wäre $\tan GED = \frac{ac}{ae} = \frac{1}{\frac{1}{377}} = 0,001173$; folglich $GED = 4$ Min. 2 Sec. als die größte Höhe der katoptrischen Reflexion, also die scheinbare Größe des größten Bildes = 2 Min. 1 Sec. Man sehe AF als eine gerade Linie an, so ist $\tan EFA = \frac{3}{4400} = \tan 2$ Min. 10 Sec. Im dreneck ELF sind die Seiten EL und LF der 3ten Seite beynah gleich, und verhalten sich wie die kleinen Winkel, denen sie gegenüber stehen, sind also einander ebenfalls ungefähr gleich. Folglich wird L etwa in der Mitte AF liegen, und $AL = EL = LF = 2200$ Toisen, oder der effektive Gesichtskreis wird

wird im gegenwärtigen Fall nur ungefähr die Hälfte des natürlichen beitragen (andere Höhen des Auges werden andere Verhältnisse geben.)

Zieht man durch L eine Tangente TU, so ergibt sich der größte Einfallswinkel $CLU = TLE$ dem größten Reflexionswinkel folgender Gestalt: in der Distanz $AL = 2200$ Toisen ist die Krümmung der Erdoberfläche $TA = \frac{1}{4}$ Toisen; also $ET = EA - AT = 3^\circ - \frac{1}{4}^\circ = 2\frac{3}{4}$ Toisen; und $\text{tang } ELF = \frac{2\frac{3}{4}}{2200} = \text{tang } 3\frac{1}{2}$ Minute. Und dieß wäre denn nach einer ungefähren Schätzung und Ueberschlag der größte Einfallswinkel, bey welchem das Licht noch reflektirt wird. Zu genauern Bestimmungen wären genauere Beobachtungen mit einem Mikrometer nöthig; auch mußte wohl die Refraktion in Betracht gezogen werden; welches zu unternehmen ich mir nicht getraue.

§. 13.

Die mehresten Male gesellt sich unserm Phänomen noch eine andere sonderbare Erscheinung bey, die darinn besteht, daß alle sichtbare Objekte eine zitternde Bewegung annehmen. Und diese Zitterung ist zuweilen so lebhaft hauptsächlich an den Rändern der Objekte, z. B. am Firß und Ecken der Häuser, auf dem Gipfel der Deiche und Berge, daß diese Dinge gleichsam in einer wellenförmigen Bewegung zu seyn scheinen. Gewöhnlich sieht man dieß nur an heitern und warmen Tagen, wenn die Oberflächen der Körper sehr erhitzt sind. Vermuthlich geschieht diese Zitterung durch unregelmäßige Brechung oder Ableitung der Stralen, die von den erwärmten Objekten, oder nahe an ihren Rändern vorbei zu unserm Auge kommen. Durch ein Gefäß mit glühenden Kohlen, über welches man hinweg sieht, kann man eine ähnliche Zitterung der Objekte wahrnehmen, die desto größer zu seyn scheint, je entfernter die Objekte sind, von denen die Stralen herkommen, die durch die Kohlendämpfe gesehen werden. An

den erwärmten Objekten entwickeln sich vielleicht Dämpfe, oder Dünste, welche bey demselben Grad der Wärme die Luft noch mehr ausdehnen, und so, wie sie wellenweise hin und her, oder aufwärts mit verschiedenen Dichtheiten circuliren, in eben dem Maß die unregelmäßige Strahlenbrechung veranlassen. Eine durch Wind hervorgebrachte Bewegung scheint es nicht zu seyn, weil selbe nicht so gleichförmig und allenthalben bebend werden könnte. Eben diese Dünste im aufgelösten, durchsichtigen Zustande vergrößern zuweilen die horizontale Refraktion dermassen, daß die Meersfläche, entlegne Ufer, Küsten und Sandbänke eine ganz ungewöhnliche Gestalt annehmen. Die Meersfläche 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 diese, wenn sie auch 7 oder 8 Meilen entfernt, und weit unterm Horizont sind, erscheinen wie Gewölke über demselben; ganze Landschaften, die man sonst wegen der vorliegenden Sandhügel nicht sehen kann, erscheinen über dieselben hervor. — Die Fälle einer so starken Refraktion, auf welche nicht selten ein Gewitter, oder statt dessen viel Regen oder stürmische Witterung (worinn in unsern Gegenden die Gewitter sich häufig auflösen) erfolgt, sind jedoch nicht so häufig, als das Phänomen der Spiegelung.

S. 14.

Um den Hauptknoten bey unserm Phänomen aufzulösen, ist die Ursache anzugeben, wodurch die Stralen reflektirt werden. Die Erdsfläche selbst, so wie auch das Wasser, wenn es vom Winde in Unruhe gesetzt wird, sind zu rauh, um Bilder zu machen (Kästner Catoptrik S. 14.) Gesezt die Bilder würden durch diese gemacht, so müßte das Phänomen beständig vorhanden seyn, welches doch nicht ist, obgleich es frenlich viel häufiger ist, als es mit blossen Augen wahrgenommen wird, z. B. an
vie-

vielen dunkeln Tagen, wo das Luftbild, was die Objekte von der Erde zu trennen scheint, nicht so ins Auge fällt, als an hellen Tagen. Selbst an den Tagen, wenn es vorhanden ist, ist es nicht allemal gleich stark; der helle Luftstreifen ist bald breiter oder schmaler, oder gar nicht vorhanden, welches bey einer festen Spiegelfläche nicht wohl zu erklären ist. Mein würdiger Lehrer, der Hr. Prof. Büsch pflegte in der Optik zu bemerken, daß die Zurückwerfung nicht unmittelbar an den Flächen, sondern in einer kleinen Entfernung von denselben durch eine gewisse vim repulsivam geschehe. Man kann sich die Luft als concentrische regelmäßige Schichten vorstellen, die successive gegen die Erdoberfläche dichter werden. Indem die Strahlen nun von Objekten unter sehr kleinen Winkeln gegen die Erdoberfläche fallen, möchten sie, könnte man sich vorstellen, irgend eine Schichte von der Dichtigkeit antreffen, welche vermögend wäre, sie zurückzuwerfen; aber theils ist die Dichtigkeit der wirklichen Luft so wenig veränderlich, daß das Phänomen fast ohne Unterlaß und wenigstens eben so oft bey der Kälte im Winter, als bey der Wärme im Sommer statt haben müßte; dieß wage ich nicht zu behaupten. Ueber dem würde das Phänomen dann nicht von der Höhe oder Niedrigkeit der Meeresfläche abhängen, sondern bey einerley Luftschichte in derselben Höhe unverändert bleiben; auch dieses findet sich nicht. Im Beyspiele (§. 12.) habe ich angeführt, wie ich das Haus bey voller Fluth sehe, bey abnehmendem Meere wird das Luftbild unter dem Hause immer kleiner, das Haus und sein Bild größer, so, daß bey völlig niedrigem Meere (wo die Meeresfläche beyläufig $1\frac{1}{2}$ Toisen niedriger ist, und der Berg, worauf das Haus steht, sichtbar wird) der helle Streifen fast ganz verschwunden, und unter dem First des Bildes vom Hause nur kaum eine helle Linie noch sichtbar bleibt. Die Erniedrigung der Meeresfläche hat also denselben Effekt, den eine wirkliche Erhöhung des Auges oder des Objekts haben würde (ich rede hier von dem,

dem, was an eben demselben Tage unter denselben Umständen vorgehet; denn zu verschiedenen Zeiten ist das Phänomen sehr verschieden, und ich habe auch bey niedrigem Meer das Haus mit seinem Wilde und eben so breiten Luftkreisen gesehen, als den vorhin angeführten S. 12. bey hohem Meere. Alsdann ist aber der Berg, worauf das Haus steht, nicht sichtbar, der sonst bey niedrigem Wasser immer sichtbar ist.) Woraus denn folgt, daß die Spiegelung nicht auf einer Luftschichte von bestimmter Höhe und Dichtigkeit, sondern allemal in einem Raume vorgehe, der zwar bald höher, bald niedriger über die Erd- und Wasserfläche erhaben ist, der aber mit der Wasserfläche steigt, und fällt, oder an eben demselben Tage einerley Entfernung von derselben behält. Endlich ist auch die Luft an sich betrachtet durchsichtig, kann daher keinen Spiegel machen (Kästn. Catoptr. S. 7.). Bey unserm Phänomen ist der spiegelnde Raum, wenn die Gesichtslinie weit darinn fortgeht, undurchsichtig; denn sie beengt den natürlichen Gesichtskreis, verursacht auch, daß man nicht soviel von den untern Theilen der Objekte sieht, als man ohne diese würde sehen können. Da, wie eben gedacht, die Warth auf Hochsand bey niedrigem Wasser zuweilen nicht sichtbar ist, wenn doch das Haus hier sichtbar ist, so muß der undurchsichtige Raum der etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Toisen über Wasser hoch ist, solches verhindern. Dieser Fall ist aber selten. Aus ähnlichen Beyspielen an Schiffe und Seetonnen schliesse ich, daß die Undurchsichtigkeit meistens nur ein Paar Fuß über Wasser reicht; alles, was höher ist, ist sichtbar, zittert aber sehr lebhaft, und wenn es weit genug entlegen ist, spiegelt es sich.

Wenn also die Lichtstralen nicht auf einer festen Fläche, sondern in einer flüssigen Masse zurückgeworfen werden, so ist man wohl nicht berechtigt, hier anzunehmen, was bey wirklichen Spiegeln geschieht, daß der Einfallswinkel den Reflexionswinkel allemal gleich seyn werde. Denn es

sey in der Iten Fig. AB ein Stück der Erdoberfläche, über welche eine flüssige Masse befindlich ist, die näher gegen AB successive merklich dem Fortgang des Lichts widersteht, so wird ein einfallender Stral DE seinen Weg in denselben so weit fortsetzen, bis der Widerstand in der Richtung DC größer wird, als die Zurückwerfung nach CE; alldem wird der Stral die letztere Richtung nehmen; und weil er hiebei kein anderes Gesetz, als das des leichtesten Weges von C nach E befolgen wird, so sehe ich keinen hinlänglichen Grund, anzunehmen, der Winkel ACE werde gleich BCD seyn. Vielmehr dünkt mich, daß nach Beschaffenheit der flüssigen Masse, ihrer Höhe und unterschiedlichen Dichtigkeit, und nach Verschiedenheit der Länge des Weges, welche das Licht darinn nach der einen oder andern Seite nimmt (bekanntlich sind die Wege des Lichts in dergleichen Massen krumme Linien) die Winkel sehr veränderlich und verschieden ausfallen können; welches denn der großen Veränderlichkeit des Phänomens zur genugsamen Erklärung dienen möchte.

Zweiter Theil.

§. 15.

Es ist eine der wichtigsten Bemerkungen bey diesem Phänomen, daß das umgekehrte Bild allemal kleiner, als das Object erscheint. Ob die Convexität der Erde, oder der mit ihr parallel erhabene Kugelspiegel dies zu bewirken im Stande sey, will ich iht untersuchen.

Es sey demnach EB (Fig. 8.) ein erhabener Kugelspiegel, dessen Mittelpunkt C ist; aus A fällt ein gerader Lichtstral in D. Man ziehe AC und DC, die letztere verlängert nach H; so wird der eingefallene Stral

nach G so zurückgeworfen, daß die mit α und β bezeichneten Winkel sich gleich sind. Der zurückgeworfene Stral DG schneidet rückwärts verlängert BC in F , und ein Auge in G sieht von A ein Bild in F . Wenn die ganze Linie AB ein Objekt ist, das Stralen auf den Spiegel sendet, so überzeugt man sich leicht, daß das Auge in G bey ungeänderter Lage, von diesem Objekt ein Bild zwischen B und F sehen werde; ist also AB ein vertikaler Durchmesser des Objekts, so ist BF ein vertikaler Durchmesser des Bildes. Setzt man nun $AB = a$; $BC = r$, so findet Wolff (elemen. Catopt. S. 336.) $BF = x = \frac{ra}{r+2a}$; wo statt sein a und b hier r und a steht.

Wolff hat aber das Problem x zu finden; durch zwey Bedingungen beschränkt: 1) es soll der Stral nahe bey B einfallen, arc. BD soll sehr klein seyn; 2) der Winkel γ soll sehr klein, oder $AD = AB$ beynahse seyn. Die erste Bedingung findet bey unserm Phänomen statt. Der Bogen DB ist sehr klein in Vergleichung mit r ; aber die zweyte findet nicht statt bei unserer Spiegelung. Der Winkel DAB nähert sich fast dem rechten, und AD ist vielemal größer als AB ; ich will daher das Problem allgemeiner nehmen, und nichts einmischen, was nicht bey unserm Phänomen ohne merklichen Irrthum anzunehmen ist.

Es bleibe also in der 8ten Figur alles, wie erst erwähnt ist, ohne Einschränkung, und aus F und A werden die Perpendickel FK , AH auf CH gefällt. Weil $\alpha = \beta = \delta$, und über dem die beyden Triangel AHD und DFK bey H und K rechte Winkel haben, so sind sie einander ähnlich, folglich $AH : DH = EK : DK$, also

$$(I) \quad AH \times DK = EK \times DH.$$

Nun sey wie vorhin $BC = CD = r$; $AB = a$. Arc. $DB = \phi = DCB$; so ist $AH = (r+a) \sin. \phi$; und $DK = r - KC = r - (r-x) \cos. \phi$; und $FK = (r-x) \sin. \phi$; und $DH = HC - r = (r+a) \sin. \phi - r$. Diese Wehrte in die Gleichung (I) gesetzt, giebt

(II)

$$\begin{aligned} \text{(II)} \quad (r+a) r - (r+a) (r+x) \text{ Cos. } \phi &= (r+a) (r-x) \\ \text{Cos. } \phi - r (r-x); \text{ folglich } (r+a) r &= 2 (r+a) (r-x) \\ \text{Cos. } \phi - r (r-x) &= (r-x) [2 (r+a) \text{ Cos. } \phi - r]; \text{ also} \end{aligned}$$

$$r-x = \frac{(r+a)r}{2(r+a)\text{Cos. } \phi - r} \text{ oder (III)}$$

$$x = r - \frac{(r+a)r}{2(r+a)\text{Cos. } \phi - r}; \text{ und soweit ist alles in größter Schär-$$

fe richtig.

Jetzt werde durch C und G die gerade Linie CG gezogen, sie schneidet den Bogen EB im M; und arc. MB ist allemal größer als DB oder G; das Auge in G mag nahe oder weit vom Spiegel entfernt seyn. Nun ist MB bey unserm Phänomen (§. 12.) noch keine 10 Minuten, also auch ϕ keine 10 Minuten. Aber $\text{Cos } 10 = 0,9999958$. Und eine Zahl, die sich der Einheit noch mehr nähert, als diese, muß man ohne merklichen Irrthum gleich Eins setzen dürfen. Also $\text{Cos } \phi = 1$; das giebt (IV) $x = r - \frac{(r+a)r}{r+2a} = \frac{ra}{r+2a}$, dasselbe Resultat, was Wolff fand. Ich gestehe, daß mir dieß anfänglich sehr auffallend war; da ich aber bey wiederholtem Nachsehen die Gleichung (III) nach meiner geringen Einsicht vollkommen richtig finde; so halte ich mich auch vollkommen überzeugt, daß der vertikale Durchmesser des Bildes von dem Neigungswinkel der Strahlen gar nicht weiter abhängt. Und da nun dieser ohne merkbaren Fehler $= 1$ kaum angefetzt werden, so muß auch die Gleichung (IV) für unser Phänomen genugsam richtig und ohne merkbaren Fehler $x = \frac{ra}{r+2a}$ seyn. Erwägt man nun ferner, daß a kaum 100 bis 200 Fuß sey, wenn r den ganzen Halbmesser der Erde vorstellt; so hat man auch ohne irgend einen merklichen Fehler $r+2a = r$; also $x = \frac{ra}{r} = a$; also müßte bey unserm Phänomen, wenn die Spiegelung auf der Erde selbst, oder in einer damit parallelen Kugelfläche vorgienge, die Größe des Bildes der Größe

des Objekts, so weit sich dieses abspiegelt, ohne merkbaren Unterschied gleich seyn, fast gerade so, wie bey dem ebenen Spiegel. Demnach ist die Ursache, warum das reflektirte Bild beynähe um die Hälfte kleiner als das Objekt erscheine, anderswo herzuleiten.

§. 16.

Um das Prinzip der Refraktion zu beleuchten, will ich einige aus der Erfahrung hergeholte Sätze hier anführen :

1) Je näher das Auge bey der Erde ist, je größer ist die Höhe, von welcher Strahlen ins Auge kommen, also auch je größer der Umfang des ganzen Bildes; und dieses ist der Erscheinung (§. 5 u. 6.) vollkommen gemäß.

2) Wenn ein Objekt sich jedesmal, so weit es dem Auge sichtbar ist, ganz abspiegelt, das Auge mag nahe an der Erde, oder etwas höher seyn: so ist im ersten Falle das Bild kleiner, als im letztern.

3) Wenn ein Objekt sich ganz abspiegelt, so ist bey unverändertem Ort des Auges das Bild von den obern Theilen des Objekts mehr verflürzt, als von dem niedrigeren.

4) Allemal wenn das Phänomen der Spiegelung statt hat, müssen die entlegnen Objekte, welche sich spiegeln, niedriger erscheinen, als sie thun, wenn keine Spiegelung vorhanden ist. Es muß bey der Spiegelung eine Depression statt haben. Dieß ist wiederum Beobachtungen ganz gemäß, die ich am Ende anführen werde.

§. 17.

Zu untersuchen, wie die Spiegelung von der Refraktion abhängt, habe ich folgendermassen Beobachtungen angestellt. Aus dem Grundriß der 2ten Figur erhellt ungefähr, wie die Gesichtslinie von meinem Hau-
se

se nach dem im 12. S. erwähnten Hause auf Hochsand sich quer über unsern Hafen erstreckte. Dieser Hafen ist zu beyden Seiten mit Deichen eingefast. Auf jedem dieser Deiche ließ ich den 15. Decemb. 1794 einen Pfahl in der gedachten Gesichtslinie einschlagen, den westlichen vor meiner Thür, den östlichen an jener Seite des Hafens, so, daß sie zur Bequemlichkeit der Beobachtungen benläufig $3\frac{1}{2}$ Fuß über den Deich hervorragten, übrigens aber die Köpfe beyder Pfähle mit dem First des Hauses von einer geraden Linie tangirt zu werden schienen, wie es die 9te Figur darstellt.

Legte man nämlich des Fernrohrs Axe in der Höhe des westlichen Pfahls, so erschien an diesem Tage der Kopf des östlichen Pfahls mit dem First des Hauses in gleicher Höhe.

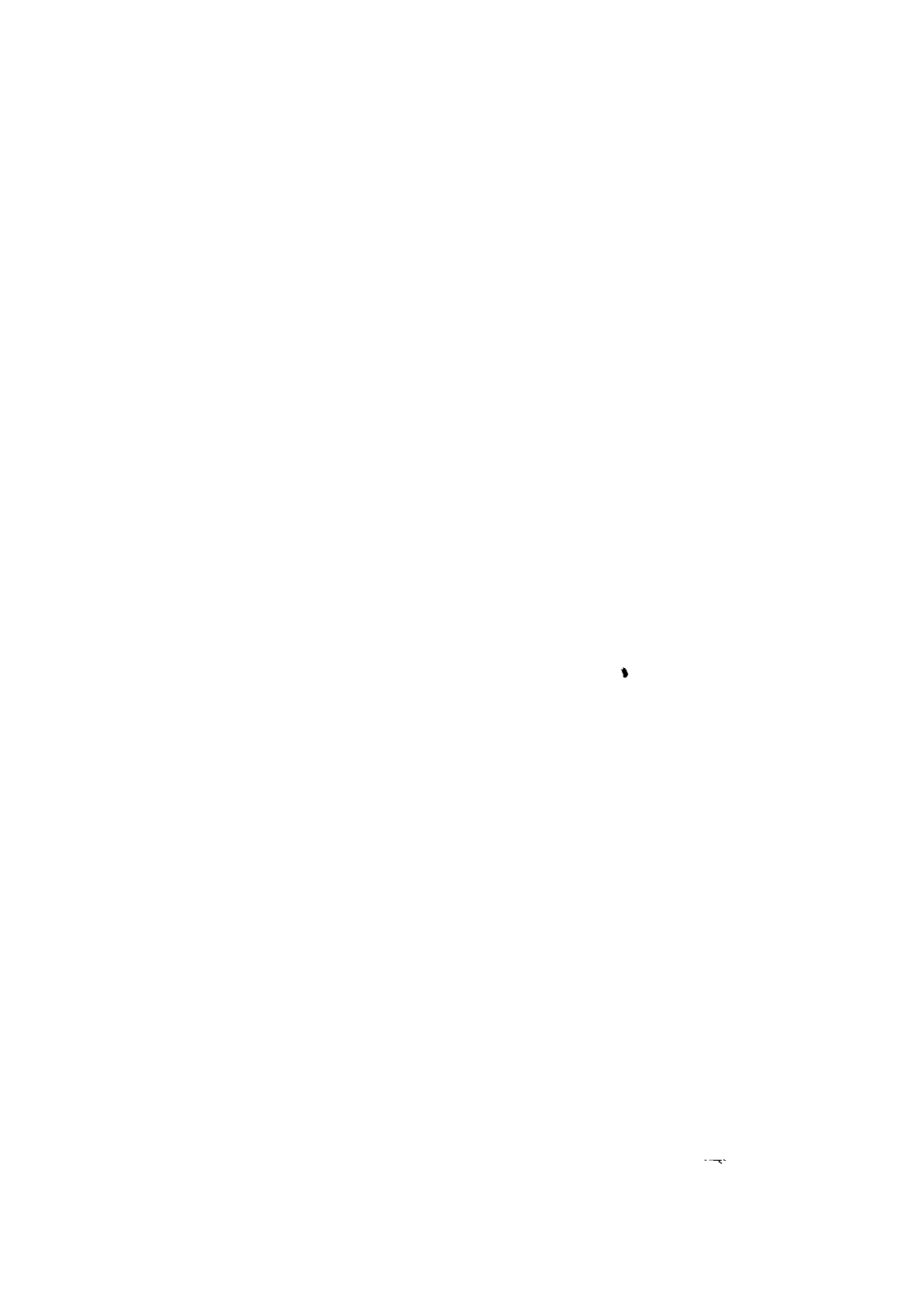
Folgende Tafel enthält nun die Beobachtungen, zu deren Verständlichkeit folgendes zu merken ist:

Wenn es heißt, das Haus war über den östlichen Pfahl erhaben, so bedeutet das so viel, wenn die Axe des Fernrohrs mit dem westlichen Pfahl zu gleicher Höhe gehalten wurde, so ragte ein Theil, zuweilen das ganze Haus über den östlichen Pfahl hervor. Alsdann erniedrigte man das Fernrohr bey dem westlichen Pfahl so viel Zolle, als nöthig waren, um den First des Hauses mit dem östlichen Pfahl zu gleicher Höhe zu bringen. Und dieses Zollmaaß ist jedesmal angehängt. Einige wenige Male war das Haus niedriger als der östliche Pfahl, alsdann ist angemerkt, wie viel der Tubus über den westlichen Pfahl mußte erhöht werden, damit der First des Hauses und östliche Pfahl in gleicher Höhe erschienen. Wenn die Spiegelung überhaupt zweifelhaft war, ist solches angemerkt. Aber zuweilen war an Gegenständen im Lande Hadeln deutliche Spiegelung wahrzunehmen, wenn das Haus auf Hochsand, wegen der größern Entfernung und vielen Dünsten am Horizont, nicht zu erkennen war.

Unter

Unter heiterer Luft hat man zu verstehen, daß Sonnenschein und kein Gewölke zu sehen gewesen; obgleich unter diesen Umständen meistens sehr viele Dünste nahe am Horizont vorhanden waren, welche die Durchsichtigkeit der Luft in größern Entfernungen verhinderten. Hingegen bey bedeckter Luft konnte man nicht selten die entlegnen Gegenstände viel besser sehen. Seit dem 14. Jän. ist die Erde und Eisfläche des Stroms mit Schnee etwas bedeckt, und von der Zeit an hat man von dem hellen Luftstreifen unter den Bildern wenig, zuweilen gar nichts gesehen, obgleich die Bilder der dunkeln Objekte an der umgekehrten Gestalt deutlich zu erkennen waren, und daher als Spiegelung notirt worden sind.

In welchen Tagen überhaupt Spiegelung gewesen, oder nicht, das ist seit den 1ten Septemb. 1794 beobachtet und notirt worden. Und es ergiebt sich daraus, daß dieß Phänomen statt gehabt im Septemb. 19 Tage; im Oktob. 16 Tage; im Novemb. 8 Tage; im Dezemb. 11 Tage; im Januar 1795. 10 Tage. Unter den übrigen Tagen sind aber manche, wo die Spiegelung zweifelhaft muß angesehen werden, weil wegen Nebel, Dünsten, Regen oder Schnee die entlegnen Gegenstände den ganzen Tag nicht sichtbar geworden. Der helle Luftstreifen unter den Bildern ist im Januar selten recht merklich gewesen, vom 15. bis 21ten Dezember war er alle Tage ganz stark zu sehen, und zitterte am untern Rande, wie es mitten im Sommer zu geschehen pflegt, nämlich in anscheinenden fortlaufenden Wellen. Diese Zitterung, die ich nach S. 13. erwärmten Dünsten zugeschrieben habe, fiel mir bey dem Frostwetter sehr auf, und bey einigem Nachdenken muß ich gestehen, seit dem dafür zu halten, daß diese Wellen nichts anders, als plötzliche abwechselnde Aenderungen in der Reflexionsgränze sind; denn da sie in dem untern Theile des hellen Streifen oder Luftbildes sich finden, so gehören sie zum obern Theile des sich spiegelnden Theils der Atmosphäre, und es ist wahrscheinlich, daß es keine so ganz



T a f e l

von dem

Verhalten der Spiegelung und Hebung entlegener Objekte mit der gleichzeitigen Witterung, alles um die Mittagszeit beobachtet.

1794. Dez. Zemb.	Baro: meter.	Ther: mome: ter.	Windes geschw. Strich.		Beschaffenheit der Luft.	Spiegelung.	Hebung des Hauses auf Hochsand.
			Gr. Fuß	Gr. Fah: renh.			
15	30, 32	25	8	SSO	bedeckt	Spiegelung	Das Haus mit den Pfählen in gleicher Höhe.
16	30, 48	24	8	SSO	gewölkt	dito	ditto
17	30, 50	27	17	S	heiter	do.	do.
18	30, 33	27	16	SSO	heiter	do.	do.
19	30, 25	28	15	SSO	heiter	do.	do.
20	30, 34	25	29	OSO	heiter	do.	do.
21	30, 34	32	32	O	bedeckt	do.	do.
22	30, 23	25	38	OSO	bedeckt	zweifelhaft	wegen Dünsten nicht sichtbar.
23	30, 20	23	42	OSO	heiter	Spiegelung	Haus mit den Pfählen gleiche Höhe.
24	30, 13	21	41	O	heiter	etwas Spiegel.	Haus wegen Dünsten am Horizont nicht sichtbar.
25	29, 68	20	39	O	Schnee	zweifelhaft	wegen Schneegestöber nicht sichtbar.
26	29, 60	30	19	O	bedeckt	keine Spiegel.	Haus schien über den östl. Pfahl hervor $2\frac{1}{2}$ Zoll.
27	29, 93	34	31	ONO	bedeckt	do. do.	Haus ragte über den östl. Pfahl hervor $4\frac{1}{2}$ Zoll.
28	30, 21	32	ca ret		bedeckt	do. do.	Haus über östl. Pfahl hervor 3 Zoll.
29	30, 03	37	26	NW	Nebel Regen	do. do.	do. $4\frac{1}{2}$ Zoll.
30	29, 96	33	18	NW	gewölkt	keine Spiegel.	ganze Haus über östl. Pfahl erhaben $5\frac{7}{8}$ Zoll.
31	30, 03	21	0	O	heiter	do. do.	do. 6 —
1795							
Jan. 1	30, 20	20	ca ret		Nebel Reif	zweifelhaft	nichts sichtbar wegen Nebel.
2	30, 24	23	22	SW	bedeckt	Spiegelung	wegen Dünsten am Horizont nicht sichtbar.
3	30, 29	27	16	WSW	do.	zweifelhaft	entleg. Gegenst. wegen Dünsten nicht deutl. zu sehen.
4	30, 47	27	21	SW	gewölkt	Spiegelung	Haus $\frac{1}{2}$ Zoll niedriger, als östlicher Pfahl.
5	30, 05	35	42	WSW	Nebel u. Regen	zweifelhaft	nicht sichtbar.
6	30, 09	39	36	WNW	do.	do.	do.
7	30, 37	37	7	W	heiter	keine Spiegel.	ganze Horizont über östl. Pfahl erhaben $14\frac{1}{2}$ Zoll.
8	30, 15	32	16	W	Nebel	caret.	wegen Dünsten und Nebel nicht sichtbar.
9	29, 90	34	24	NNW	etwas bedeckt	keine Spiegel.	das Haus über östl. Pfahl hervor $4\frac{1}{2}$ Zoll.
10	30, 23	32	21	NNW	Regen gewölkt	do.	do. $4\frac{1}{2}$ —
11	30, 14	33	28	NNW	gewölkt	do.	do. 4 —
12	30, 23	29	15	NNO	gewölkt	do.	do. $3\frac{1}{2}$ —
13	30, 46	27	9	NNO	bedeckt	Spiegelung	Haus mit den Pfählen gleiche Höhe.
14	30, 36	27	24	ONO	Schneegestöber	do.	do.
15	30, 54	15	22	ONO	gewölkt	do.	Haus nicht deutlich zu sehen.
16	30, 13	23	48	O	bedeckt	zweifelhaft	wegen Schneegestöber nicht sichtbar.
17	29, 99	25	21	OSO	bedeckt	do.	Haus ragte über östl. Pfahl hervor 2 Zoll.
18	29, 82	26	17	O	gewölkt	do.	wegen Dünsten am Horizont nicht sichtbar.
19	29, 91	21	24	O	bedeckt	do.	do.
20	30, 01	17	27	O	gewölkt	Spiegelung	Haus 4 Zoll niedriger als östl. Pfahl.
21	30, 14	13	26	O	heiter	do.	Haus wegen Dünsten nicht sichtbar.
22	30, 07	8	19	OSO	heiter	do.	do.
23	29, 82	12	20	O	gewölkt	do.	do.
24	29, 96	20	6	N	bedeckt	do.	Haus $\frac{1}{2}$ Zoll niedriger als östl. Pfahl.
25	30, 14	20	21	WSW	bedeckt	zweifelhaft	Haus nicht sichtbar.
26	30, 12	22	26	SSO	gewölkt	Spiegelung	Haus 1 Zoll niedriger als östl. Pfahl.
27	29, 36	39	ca ret *		Nebel Regen	zweifelhaft	Haus nicht sichtbar.
28	29, 34	33	24	NO	Schnee Nebel	do.	Haus wegen Schnee und Nebel nicht sichtbar.
29	29, 92	27	28	N	heiter	Spiegelung	Haus mit den Pfählen gleiche Höhe.
30	30, 09	31	18	NNW	heiter	keine Spiegel.	Haus über östl. Pfahl hervor $3\frac{1}{2}$ Zoll.
31	30, 03	30	ca ret		Schnee	zweifelhaft	wegen Schnee nicht sichtbar.

ganz bestimmte Gränze dieses Theils gebe. Damit möchte ich jedoch nicht behaupten, daß es mit der Zitterung aller übrigen Objekte, die man im Sommer zuweilen sieht, auf eben die Weise zugehe.

Aus dieser Tafel erhellt beim ersten Anblick, daß bey verstärkter Refraktion oder Hebung des Hauses niemals Spiegelung gewesen; oder umgekehrt, daß bey der Spiegelung das Haus allezeit weniger erhaben gewesen, folglich eine relative Depression der Objekte wenigsten bey der Spiegelung statt habe. Ob aber eine absolute Depression statt finde, das ist, ob die Stralen wirklich nach unterwärts gebogenen Linien kommen, das kann nur durch Rechnung ausgemacht werden, worüber ich noch einige Bemühungen anführen will.

§. 18.

Durch Rechnung zu untersuchen, ob bey der Spiegelung noch einige Erhebung oder eine absolute Senkung der Stralen, oder keines von beyden statt habe, d. i. ob der Stral, welcher die Gipfel des Hauses und beyder Pfähle in gleicher Höhe giebt, aufwärts oder unterwärts gebogen, oder eine gerade Linie sey; habe ich mich bey den im §. 12. angegebenen Maaßen der Entfernung (die ich nur aus der Charte genommen) und Höhe des Hauses (die ich nach Erkundigung und Schätzung bestimmt) nicht begnügen können. Jetzt weiß ich von meinem Freunde, H. Gränzinspektor Reinke in Hamburg, der jene Charte verfertigt hat, daß die Entfernung des Hauses auf Hochsand vom Rixebütteler Schloß genau 64240 Fuß hamb. ist; und die perpendikuläre von eben dem Hause auf den Meridian des Schlosses 63972 Fuß beträgt; die zwente Cathete, oder das Stück des Meridians, welches von diesen beyden Linien abgeschnitten wird, oder mit ihnen ein rechtwinkliches Dreyeck macht, ist 5867 Fuß. Aus diesen datis ergibt sich mit Hilfe spezieller Riße die Entfernung zwischen dem

dem westlichen Pfahl und hochsander Hause 63716 Fuß hamburgisch; und die Distanz zwischen den beyden Pfählen ist nach genauer Messung 1072 Fuß. Des Hauses Höhe habe ich durch einen dahin geschickten Mann messen lassen; sie ist $39\frac{3}{4}$ Fuß; die Höhe des Berges, auf welchem es steht, ist über der höchsten Meersfläche 21 Fuß; diese letztere ist bis auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Fuß nicht genau; also kann man die Höhe des Firkes über der Meersfläche auf 61 Fuß hamburgisch rechnen. Ueber eben dieser Meersfläche ist der westliche Pfahl 15 Fuß 10 $\frac{1}{2}$ Zoll, der östliche 15 Fuß 1 Zoll. Den Durchmesser der Erde setze ich auf 6538594 Loisen, die betragen 44483033 Fuß hamburgisch. Dafür setze ich, weil der Durchmesser doch nicht genau ist, 44483000 Fuß. Gedenkt man sich nun durch den Kopf des westlichen Pfahls eine scheinbare Horizontallinie, und zugleich eine wahre, nämlich einen Bogen mit der Meersfläche parallel, so können nun folgende zwey Fragen beantwortet werden:

- I) Wie viel senkt sich die wahre Horizontallinie unter die scheinbare auf 1072 Fuß, und auf 63716 Fuß Entfernung?
- II) Wie viel senkt sich die gerade Linie durch die Köpfe beyder Pfähle auf die eben angezeigten Entfernungen?

Ad I) Den verlangten Unterschied beyder Horizontallinien erhält man aus dem Quadrate der Entfernung mit dem Durchmesser der Erde dividirt. Er ist in Logarithmen für den ersten Fall $= 2 \log 1072 - \log 44483000 = 6,0603896 - 7,6481941 = 0,4121955 - 2 = \log 0,0256$. Diese Zahl bedeutet Fuß, und giebt 0,3096, oder $\frac{3}{10}$ Zoll. Für den zweyten Fall hat man $2 \log 63716 - \log 44483000 =$ dem Logar. des verlangten Unterschiedes. Die Rechnung giebt letztern $= 91,265$ Fuß, oder $91\frac{1}{4}$ Fuß.

Ad II)

Ad II) Ueber der Meersfläche ist der westliche Pfahl 15 Fuß $10\frac{1}{2}$ Zoll, der östliche 15 Fuß 1 Zoll; jener höher $9\frac{1}{2}$ Zoll. Hierzu $\frac{3}{10}$ Zoll, welche die scheinbare Horizontallinie auf 1072 Fuß Entfernung sich erhebt, giebt $9\frac{1}{4}$ Zoll, so viel senkt sich die gerade Linie durch die Köpfe beyder Pfähle unter dem scheinbaren Horizont; und diese Senkung ist der Entfernung proportional; also für 63716 Fuß beträgt sie $\frac{63716 \cdot 9\frac{1}{4}}{1072 \cdot 12} = 48\frac{3}{4}$ Fuß.

Da nun die scheinbare Horizontallinie über die wahre $91\frac{1}{4}$ Fuß war, die gerade Linie über beyde Pfähle sich nur $48\frac{3}{4}$ Fuß senkt, so bleibt diese von jener abgezogenen 42,66 Fuß; und so hoch müßte der First des Hauses über unsere wahre Horizontallinie erhaben seyn, wenn die Linie durch die Köpfe beyder Pfähle und den First des Hauses eine gerade Linie seyn sollte. Nun war der First des Hauses 61 Fuß über die Höhe der Meersfläche; unsere wahre Horizontallinie haben wir 15 Fuß $10\frac{1}{2}$ Zoll höher als die Meersfläche genommen; also ist der First über diese benläufig 45 Fuß erhaben, folglich benläufig 2 Fuß höher, als die gerade Linie erfordert. Wo ferne nun diese 2 Fuß nicht kleinen Irrungen im Messen und Rechnen zuzuschreiben sind: so hätte allerdings eine absolute Depression bey der Spiegelung statt gehabt, die doch meistens sehr geringe, und nur am 20 Jan. als man den Tubus 4 Zoll über den westlichen Pfahl erhöhen müssen, beträchtlich gewesen. Denn an diesem Tage hat die Neigung der Observationslinie unter dem scheinbaren Horizont auf 1072 Fuß $9\frac{1}{4} + 4 = 13\frac{1}{4}$ Zoll betragen; das giebt auf die ganze Länge etwa 19 Fuß mehr Erniedrigung, und eben so viel mehr Depression des Hauses.

Zieht man die Distanz beyder Pfähle = 1072 Fuß
 von der Entfernung des Hochsandes = 63716 Fuß

so hat man die Entfernung vom östlichen Pfahl nach Hochsind = 62644 Fuß.

Um nun die Quantität der Erhebung oder Depression für jeden Fall gleich zu übersehen, berechne ich, wie viel sie beträgt, wenn der Tubus 1 Zoll erhöht, oder erniedriget worden ist, folgender Gestalt: 1072 geben 1 Zoll, was 62644 Fuß, das facit ist 4,8 Fuß. Den 7. Jan. als die Hebung am allerstärksten gewesen, hat der Tubus $14\frac{1}{2}$ Zoll erniedriget werden müssen, das giebt 69 Fuß Erhebung des Hauses, noch mehr als einmal so groß, als seine wirkliche Höhe, die nur 61 Fuß über die Meersfläche ist.

Um eben die genannten Quantitäten in Winkel und Bögen auszudrücken, kann man ebenfalls berechnen, wie viel 1 Zoll in Bögen beträgt, da alsdann nur mit den in der Tafel notirten Zollen multiplicirt werden darf. Für 1 Zoll = $\frac{1}{12}$ Fuß hat man $\frac{1}{1072} = \frac{1}{12864} = 0,0000777 =$ tang, Sin. oder arc. 16 Sec. Die stärkste Hebung in der Tafel von $14\frac{1}{2}$ Zoll giebt also 3 Min. 52 Sec. ungefähr. Wenn man den Weg des Strals für einen Bogen nimmt, so ist die Krümmung der Amplitude dieses Bogens doppelt so groß, als dieser Erhebungswinkel, wovon man sich durch eine kleine Zeichnung leicht überzeugt; folglich ist diese Krümmung im gegenwärtigen Fall 7 Min. 44 Sec. Die Meersfläche krümmt sich auf die Länge von 62644 Fuß hamb. 9 Min. 40 Sec. so groß ist nämlich dieser Bogen in Minuten ausgedrückt. Und da bey einerley Länge des Bogens die Halbmesser den Krümmungen umgekehrt proportional sind: so folgt, daß bey der angeführten starken Hebung der Krümmungshalbmesser des Lichtstrals sich zum Erdhalbmesser wie $9\frac{2}{3} : 7\frac{1}{4}$ bey nahe verhalten habe. Aus einer so starken Krümmung der Lichtstralen

wird

wird begreiflich, daß entfernte Gegenstände, welche durch nähere oder durch die Krümmung der Erde bedeckt werden, so, daß sie nach einer geraden Linie nicht können gesehen werden, dennoch durch dergleichen Hebung, die wie die Quadrate der Entfernung zunimmt, sichtbar werden können.

Nimmt man beides, die stärkste Hebung und stärkste Senkung der Lichtstrahlen zusammen, so machen sie einen Winkel von $(14\frac{1}{2} + 4) 16 = 296$ Sec. beynähe 5 Min. Wenigstens eben so viel Veränderung oder Ungewißheit scheint bey der astronomischen Horizontalrefraktion statt haben zu können, die also etwa $\frac{1}{2}$ ihrer ganzen Größe betragen würde.

Endlich will ich noch bemerken, wie nahe die gerade Linie durch den First des Hauses und westl. Pfahl an der Meersfläche hinströicht. Sie neigt nach obigen auf 1072 Fuß sich $9\frac{2}{3}$ Zoll, d. i. 2 Min. $36\frac{2}{3}$ Sec. unter dem scheinbaren Horizont. Mit ihr parallel werde eine gerade Linie gezogen, welche die Meersfläche tangirt. Der Berührungspunkt wird den ganzen Bogen von 63716 Fuß = 9 Min. $50\frac{2}{3}$ Sec. in 2 Theile abtheilen, wovon der kleinere gegen den Pfahl 2 Min. $36\frac{2}{3}$ Sec. der größere also $7' 14''$ seyn wird, oder jener 157 Sec., dieser 434 Sec. Eben diese Tangente wird von dem Pfahl und First 2 Stücke schneiden, die einander sehr nahe gleich, und so groß sind, als der Abstand der Tangente von gedachter Linie ist. Dieser Abstand sey = x , so hat man 15 Fuß $10\frac{1}{2}$ Zoll - x : 61 Fuß - $x = (157)^2 - 434^2$ oder $(61 - x) (157)^2 = (15\frac{1}{2} - x) (434)^2$. Die Rechnung giebt x sehr nahe = 9 Fuß, und so groß ist die kleinste Distanz der geraden Linien durch den First und westlichen Pfahl von der Meersfläche.

Dritter und letzter Theil.

S. 19.

Da ich seit der Einsendung meiner vorigen Bemerkungen über die Spiegelung entlegener Gegenstände die Beobachtungen dieser Erscheinung noch 9 Monate fortgesetzt, und die Resultate davon einer Mittheilung nicht-unwerth seyn möchten, so habe ich selbige hier kurz und tabellarisch noch vorstellen wollen.

T a f e l

von der Spiegelung des Hauses auf Hochsand und andern entlegnen Gegenständen, wie auch von des genannten Hauses respectiver Hebung und Depression vom 1ten Februar bis letzten Oktober 1795.

		I.			II.			III.		
		Anzahl der Spiegelungen in jedem Monat und Tageszeit			Mittlere Hebung oder Depression des Hau- ses auf Hochsand.			Anzahl der Beobachtungen des Hauses auf Hochsand.		
1795		Mor- gens	Mit- tags	Abends	Mor- gens	Mit- tags	Abends	Mor- gens	Mit- tags	Abends
Februar	5	6	4	Zoll 1,8	Zoll 2,31	Zoll 2,6	14	15	13	
März	6	6	4	1,88	4,43	6,58	15	21	17	
April	8	3	1	1,51	7,11	8,99	26	25	21	
May	19	18	18	1,3	3,21	2,00	16	18	14	
Juny	20	11	12	1,01	5,87	5,74	19	24	25	
July	25	19	16	-0,33	0,78	1,44	21	18	24	
August	27	14	13	-0,08	0,8	1,97	21	24	26	
Sept.	28	17	14	-0,56	3,28	4,42	20	25	24	
Oktober	13	8	8	0,05	2,45	4,41	18	23	17	

IV.

	Größte Depression des Hauses auf Hochsand.			Größte Hebung des Hauses auf Hochsand.		
	So U	Tag und	Tageszeit	So U	Tag und	Tageszeit
Februar	- 2 $\frac{1}{4}$ A	den 28ten	des Morg.	18 . .	den 16ten	d. Nachm.
März	- 2 $\frac{1}{2}$ A	— 15ten	— Morg.	27*	— 25ten	N. M.
April	- 3 A	— 14ten	— Morg.	26 . .	— 22ten	Mittags
May	- 5 $\frac{1}{2}$ A	— 9ten	— Morg.	32*	— 18ten	Mittags
Juny	- 4 $\frac{1}{8}$ A	— 21ten	Mittags	} 33 . . 22 V.	— 4ten	Mittags
July	- 4 A	— 16ten	Morgens		— 8ten	Nachmit.
August	- 3 $\frac{1}{2}$ A	— 12ten	Mittags	20 . .	— 21ten	Nachmit.
Sept.	- 3 A	— 20ten	Morgens	16 V.	— 27ten	N. M.
Oktober	- 4 $\frac{1}{2}$ A	— 24ten	Morgens	26 $\frac{1}{2}$	— 8ten	N. M.
				18 $\frac{1}{8}$ V.	— 1ten	N. M.

Erläuterungen. Aus der Abtheilung I. erhellet, wie oft das Haus auf Hochsand, oder wenn dieß nicht deutlich zu sehen war, andere Gegenstände im Lande Rehdingen *re. re.* sichtbarlich unterwärts sich gespiegelt haben, z. B. im Febr. ist fünfmal des Morgens; sechsmal des Mittags, und viermal des Abends Spiegelung zu sehen gewesen. In allen übrigen Zeiten hat entweder dieß Phänomen nicht statt gehabt, oder die Gegenstände sind überhaupt wegen trüber Luft nicht sichtbarlich gewesen.

Um die II. Abtheilung der Tafel zu verstehen, muß man aus S. 17. erinnern, daß zwey Pfähle gesetzt worden, mit welchen des Hauses Firß bald zu gleicher Höhe, bald höher, bald niedriger erscheint. Um also den Firß, den östlichen Pfahl und den Zubus allemal in gleiche Höhe zu bringen, hat man den letztern bald um einige Zolle erniedrigen, bald erhöhen

höhen müssen, und diese Zollmasse ist jedesmal notirt, und mit + und – gezeichnet, nämlich die Hebung des Hauses oder Erniedrigung des Tubus mit plus, und die Depression des Hauses, oder die Erhöhung des Fernrohrs mit minus; wenn keins von beyden statt hatte, ist mit 0 gezeichnet worden. Das Mittel ist so genommen, daß alle plus und minus Zahlen jede für sich addirt, die kleinere Summe von der größern subtrahirt, und der Rest (das ist, die algebraische Summe) mit der Zahl aller Beobachtungen (die, welche 0 haben, mit eingeschlossen) dividirt worden. Der so gefundene Quotient ist als das Mittel in die Tafel gesetzt worden.

Die III. Abtheilung enthält die Anzahl der Beobachtungen, aus welchen die Zahlen der vorhergehenden II. Abth. als mittlere Resultate genommen sind. Alle übrige Zeiten ist das Haus auf Hochsand gar nicht, oder doch nicht so distinct sichtbar gewesen, daß man die Hebung oder Depression observiren und angeken können.

Die IV. Abth. enthält die größte Depression und Hebung, welche in dem nebenstehenden Monat statt gehabt, das heißt, die größten negativen und positiven Zahlen des Journals. Es hat sich ein paarmal zugezogen, daß der Elbehorizont zwischen meinem Hause und Hochsand höher als das Haus erhaben, wenigstens dieses gar nicht sichtbar gewesen. Das ist geschehen den 25ten März und 22ten April; und die mit bezeichneten Zahlen bedeuten die Erhebung des Wasserhorizonts, nicht die des Hauses. Ferner habe ich zu drey Malen die entlegnen Objekte, nämlich die jenseitige Küste der Elbe im Hollsteinischen mit ihren Häusern, Kirchen u. u. das Haus auf Hochsand, Land Kehdingen und zum Theil Hadeln bey starker Hebung aufwärts in der Luft mit deutlichen Bildern sich spiezeln gesehen, nämlich den 8ten July, 27ten August und, 1ten Oktober allemal des Nachmittags. Die gleichzeitige Hebung des Hauses bey die-

sem

fem Phänomen ist mit V bezeichnet; so wie das Zeichen Δ in vorstehender Spalte Spiegelung unterwärts anzeigt.

§. 20.

Noch einige allgemeine Folgerung aus den bisherigen Beobachtungen, die Spiegelung mit den Bildern unterhalb den Objekten betreffend.

a) Dieß Phänomen hat sehr oft statt, wenigstens alsdann, wenn zwischen dem Auge und den Objekten eine große Wasserfläche vorhanden ist, wie es bey allen meinen Beobachtungen der Fall war.

b) Das Phänomen ist öfter bey nördlichen Winden; selten bey südlichen; öfter bey hohem Barometerstand, seltner bey niedrigeren; öfter des Morgens, seltner des Abends; öfter bey trockner Witterung, seltner bey feuchter.

c) Wenn das Haus auf Hochsand sich gespiegelt hat, so ist es fast allemal erniedriget, oder mit den beyden Pfählen (§. 17.) gleich, selten ist es 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll, und nie über 2 Zoll bey der Spiegelung erhaben gewesen.

d) In den Monaten Septemb. und Oktob. hat man alle Morgen, Mittag und Abende die Temperatur des Elbewassers und der Luft nahe über demselben beobachtet: und es ergiebt sich, daß allemal, wenn das Wasser 2 oder mehrere Grade Fahrenheit wärmer ist, als die Luft, alsdann die Spiegelung statt habe, (vorausgesetzt, daß die Objekte sichtbar waren) und umgekehrt, wenn das Wasser 2 Gr. Fahrh. oder mehr kälter war, als die Luft, ist nie Spiegelung wahrgenommen. Unter mehr als 150^o Beobachtungen hat diese Regel keine Ausnahme. Seht man aber statt 2 Gr. nur 1 Gr. so finden sich einige wenige Ausnahmen.

§. 21.

Die Spiegelung der Objekte mit den Bildern über sich betreffend.

e) Dieß Phänomen mit deutlichen vollständigen Bildern ist sehr selten, und in 9 Monaten nur dreymal wahrgenommen; mit unkenntlichen verworrenen Bildern ist es aber öfter, und bey jeder außerordentlichen Hebung, heißer Luft u. u. vorhanden.

f) Die Bilder erscheinen, wie es bey einer regelmäßigen Reflexion (und bey einer Refraktion) erfolgt, umgekehrt, nämlich dem untern Theile des Objekts gehört der obere Theil des Bildes. Das Bild des Wasserhorizonts erscheint zu oberst als eine vollkommen gerade Linie, hieran hängen die Bilder von Häusern, Ufern, Hügeln, Mühlen u. u., und zwischen diesen Bildern und ihren Objekten ist, wenn alles deutlich und vollkommen, noch ein kleiner Luftstreifen oder Abstand. Jedoch öfter hängen die Bilder mit den Objekten zusammen, und vermischen sich mit diesen dergestalt, daß keines von beyden kenntlich ist, sondern das Ganze wie eine hohe Seelüste mit vielen lothrechten Streifen erscheint.

g) Die Bilder der Spiegelung unterwärts sind sehr unbeständig und wandelbar; sie werden bald größer, bald kleiner, bald in Stücken getrennt; sind zuweilen eine Zeit lang in steter Bewegung; ihre ganze Dauer ist selten über 2 Stunden von 3 bis 5 Uhr, oder 4 bis 6 Uhr des Abends.

h) Bey den beyden Spiegelungen unterhalb und oberhalb ist noch folgende fallacia optica zu bemerken. Bey der erstern scheinen die Objekte selbst sehr erhaben, und in der Luft zu stehen; sind aber in der That niedriger, als zu irgend einer andern Zeit; bey der andern hingegen scheinen die Objekte selbst sehr niedrig, kaum etwas über den Horizont, der selbst sehr erhaben ist, hervorzustehen; das ganze Objekt ist aber in der That bey diesem Phänomen außerordentlich erhaben, obwohl, wie es scheint, die niedrigeren Theile verhältnißmäßig mehr, als die höhern zuweilen erhaben sind; weßhalb das Objekt niedergedrückt erscheint. i)

i) Ob bey der obern Spiegelung eine unregelmäßige Refraction von der Art möglich sey, nach welcher die Stralen von den untern Theilen des Objekts, die von den obern durchkreuzen, und ob solche ein vollkommenes Bild geben könne, oder ob diese Phänomene durch wirkliche Reflexion erklärt werden müssen, und wie? über das alles kann ich mit Gewißheit bis ist nichts entscheiden.

k) Ich bemerke noch, daß beyde Phänomene sehr gut, so viel ich mich erinnere, beschrieben sind vom Hrn. Martinet in den Verhandelingen der holländ. Gesell. der Wissensch. zu Harlem XXVII. Deel. II. Stück. unter der Ueberschrift: Waarneemingen omtrent het opdoemen van Zee en Land. Die erste Wahrnehmung ist von der Spiegelung oberwärts, die zweyte von der unterwärts.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der königl.-böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften](#)

Jahr/Year: 1798

Band/Volume: [AS 3](#)

Autor(en)/Author(s): Woltman Reinhard

Artikel/Article: [VII. Bemerkungen über ein katoptrisches Phänomen, welches an den Gegenständen nahe am Horizont nicht selten sichtbar ist 69-97](#)