VIII.

Theorie

des

katoptrischen Phänomens

von

Senkung, und Hebung der Objekte am Horizonte.

Vom

Abbé Gruber.

Die sonderbare Erscheinung, womit ferne Objekte auf großen Ebenen abwärts sich zu spiegeln pflegen, habe ich in einer Abhandlung über die Stralenbrechung und Abprellung auf erwärmten Flächen im Jahre 1786 durch Versuche im Kleinen zu erklären gesucht. Hr. Woltman hat sie mit wichtigen Belegen aus der Natur, die ihm dieß Schauspiel vor seiner Wohnung aufführt, bestättiget. Seine Versuche haben ihm seit dem weiter zu gehen Anlaß gegeben. Mittelst zweyer in gehörigen Entfernungen eingeschlagener Pfäle, über deren Köpfe er mit einem achromatischen

Per-

Perspektive wegsieht, hat er nicht nur allein Depressionen und Spiegelungen der fernen Objekte, sondern auch Erhebungen derselben wahrgenommen. Bey den hierüber gelieferten Beobachtungen ist jedoch zu bemerken, daß die über die zwey Pfalköpfe hinstreichende gerade Linie sich unter der scheinbaren Horizontallinie um 2 Min. 86 $\frac{4}{7}$ Sec. nach seiner Angabe §. 18. senke; folglich, wenn man in dieser Voraussetzung die scheinbare Horizontallinie zum Mittel der Depressionen, und Erhebungen macht, noch mehr der erstern als der andern durch die Reduction seiner Tafeln hervorkommen müssen. Eben dieß bemerkt Hr. Woltman in seiner nachher dem Hrn. Hofrath Kästner mitgetheilten, und von demselben in den Götting. Anz. 82 St. den 21. May 1796 weitläufig rezensirten Schrift: **Einige Beobachtungen über die Refraction solcher Lichtstralen, welche nahe über die Erd- und Wasserflächen sich erstrecken.** Siehe §. 4. woraus erhellet, daß die scheinbare Horizontallinie der Nullpunkt, oder die Gränze zwischen Erhebungen und Depressionen sey, bey welcher leztern nur die Spiegelungen abwärts sich einfinden können.

Ferners zeigt er §. 5., daß, gleichwie die Depression der Strahlen mit einer Spiegelung abwärts begleitet sey, also auch eine starke Hebung, oder starke Refraction von gewöhnlicher Art mit einer Spiegelung überwärts begleitet werde; nämlich: **über den entlegenen Gegenständen der Insel, und Ufer erscheinen ihre Bilder umgekehrt. Der Wasserhorizont erscheint oben nach einer geraden Linie, und an derselben hängen die Bilder von Ufern, Hügeln, Häusern, Mühlen, Bäumen ꝛc. unterwärts zuweilen mit ihren Objekten zusammen, zuweilen davon getrennt, und ein Luftstreifen dazwischen. Selten aber sind diese Bilder ganz vollkommen, und deutlich: meistens hängen sie mit ihren Objekten konfundirt zusammen, und bilden eine strahlenförmige unkänntliche Masse, die man für eine hohe Seeküste halten möchte.**

Wetterling in den Schwed. Akten 1788. scheint in seiner Abhandlung: Von zwo an den schwedischen Küsten bemerkten Erscheinungen, Erhebung und Seegesicht, das nämliche verstanden zu haben. S. 4 der Uebersetzung heißt es: die würkliche Erhebung (Högring) macht Gegenstände sichtbar, die nicht nur von einer Hinderniß verdeckt werden, sondern selbst zu tief unter dem Horizont liegen, daß Strahlenbrechung sie zum Auge bringen könnte; und S. 7. Hiebey (in einer Beobachtung vom 1. Juni 1785.) ward bemerkt, daß meist alle Gegenstände von der Erhebung gleiche Höhe bekamen. — Das Fernrohr zum Wasserwägen bestättigte, daß der Raum, welchen der erste Streifen der Erhöhung über die schwedischen Steine einnahm beständig die Gränze der Höhe blieb, und der Zuwachs niederwärts in einer spitzigen oder kolbigten Gestalt geschah. — Der Erhebung obere Ebene war zunächst eine gerade scharfe Linie, so lang als der Klippe Grundlinie; der untere zuwachsende Theil hatte eine ordentliche kolbigte Gestalt, doch mit so mattem Umzuge 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 Wälder. Siehe Fig. 7.

Aus alle dem ist zu schliessen, daß die starke Strahlenerhebung gleichfalls eine umgekehrte, aber sehr undeutliche Spiegelung der fernen Objekte über sich veranlasse: denn die oberste Gränze der Erhebung ist beständig, fast eine gerade scharfe Linie, so lang als der gespiegelten Klippen Grundlinie, und so wie es die Convexitäten der Klippen sind. Bey zunehmender Strahlenbrechung fließt endlich das Bild in lothrechten Streifen mit seinem Objekte zusammen. Wenn demnach Wetterling in der Folge S. 8. sagt: Durch die Erhebung zeigen sich alle Gegenstände aufgerichter, und nicht das oberste zu unterst gekehrt, wie man Anfangs aus

dem

dem ersten Anwachs der Erhebung schließen sollte. — So bin ich geneigt, dieß von der Erhebung der Objekte selbst, nicht von ihrer obern Spiegelung zu verstehen.

Bey der Depression läßt sich der aus Erfahrungen hinlänglich bestättigte Satz annehmen, daß sie sammt ihrer Spiegelung abwärts nur alsdenn erscheine, wenn die Fläche, worüber sie geschieht, höhere Wärmegrade als die Atmosphäre hat. Nebst dem, was Woltman in den vorgehenden Bemerkungen anführt, sagt er in seiner oben erwehnten Abhand. §. 7.: Den mehresten, und untrüglichsten Einfluß auf die irdische Refraction hat die Wärme. Allemal, wenn das Wasser 2 Gr. Fahr. oder mehr wärmer ist als die Luft, so hat eine Depression der Strahlen, die über die Wasserfläche sich erstrecken, statt. Ist aber die Luft über dem Wasser 2 Gr. oder mehr wärmer, als das Wasser, so hat eine wirkliche Erhebung der Strahlen statt und diese Regel hat während zweymonatlicher, und täglich dreymal wiederholter Beobachtung keine Ausnahme. Ob die nämlichen Refractionen auch auch auf erwärmten Erdflächen vorkommen, hat er §. 8. untersucht, und schließt aus seinen Beobachtungen §. 9.: es gelten demnach die Merkmale der Hebung und Depression auch auf trockenen Erdflächen.

Da nun die Refraction und Reflexion nicht unmittelbar auf der erwärmten Fläche geschieht, so ist ihre Ursache nur in der durch die Anhäufung der Wärme abwärts mehr und mehr verdünnten Luft aufzusuchen. Wasserdünste können nur in dem Verhältniß, als sie einer wärmern Luft mehr Ausdehnung, und Spannung geben, hiezu etwas beytragen.

Die natürliche Abnahme der Temperatur nach höhern Luftregionen kömmt hier in keine Betrachtung. Die dichtere Luft ist zwar allemal wärmer in einigem Verhältniß der Masse oder Dichtheit, als die dünnere, weil dichtere Körper (überhaupt und ohne auf Anomalien zu sehen)

mehr

mehr Feuermaterie fassen, und beherbergen können. Allein diese nach unten zunehmende Wärme hindert nicht die Verdichtung der Luft im Grossen, kann also zur Entstehung des Phänomens nichts beytragen; sondern es müssen höhere Wärmegrade in den Flächen vorhanden seyn, und die darüber liegende Luftschichte muß durch dieselbe dünner werden, als die obern. Hieraus folgt natürlich, daß diese wärmere Luftschichte (deren Gränzen man sich freylich nur ideirt) selbst von oben nach unten bis zur erwärmten Fläche dünner und dünner werde.

Nach diesen Voraussetzungen kann die Theorie der Depressionen und Spiegelungen abwärts als eine entgegengesetzte Folgerung aus dem vierten Axiom der Newtonschen Optik erklärt werden. Es heißt: Refractio e rariori medio in densius fit versus perpendicularem, hoc est, ita ut angulus refractionis sit angulo incidentiæ minor, nämlich wenn (Fig. 1.) ABCD ein dichteres Mittelding, und EF der Perpendikel ist, so geht der aus einem dünnern Mittelding ankommende Strahl GH nicht gerade fort, sondern neigt sich zum Perpendikel durch den Weg HI, oder, wenn das Mitterding an Dichtheit wächst, durch die krumme Linie HL.

Ob die bloße Verdichtung der Luft die physische Ursache dieser zunehmenden Refraction sey, hat weder Newton, noch jemand anderer nach ihm entschieden: daher läßt sich auch der gegentheilige Schluß: die Refraction vermindert sich im Verhältnisse der abnehmenden Dichtheit: nicht ins Allgemeine ziehen; denn es kann bey der Verdünnung eine andere Ursache eintreten, die der Luft im Verhältnisse ihrer Verdünnung ein größeres Refractionsvermögen anderer Art giebt, und diese Ursache ist in unserm Falle die Wärme, die eine dünnere Luftschichte unter einer dichtern durch Spannung ihrer Elasticität hervorbringt.

Da dieß nun der entgegengesetzte Fall des vorigen ist, so läßt sich zu dessen Erklärung das Newtonische Axiom folgender Maßen umkehren. Si

ma-

manente eadem pressione quoddam aeris medium vi caloris rarefiat, refractio e densiori medio in rarius recedit a perpendiculari, hoc est, ita, ut angulus refractionis sit angulo incidentiæ major. Seye nämlich (Fig. 2.) ABCD ein Mittelding, das die Wärme unter oder zwischen einem dichtern verdünnet hat, so wird der Strahl GH durch seinen fernern Gang HI einen größern Winkel mit dem Perpendikel EF machen, als er beym Einfalle hatte; folglich vom Perpendikel abweichen. Vermehrt sich die Refractionskraft im Verhältnisse der Verdünnung von oben bis unten, so wächst die Abweichung, und der Strahl nimmt einen krummen Weg HL. Solchergestalt kann er (Fig. 3.) bey fortdauernder Refraction endlich perpendikular auf den Perpendikel EF werden, und durch dieselbe krumme Lienie Ih auf der andern Seite zurückkehren. Wiewohl nun dieß alles im Verhältnisse der Verdünnung vor sich geht, so ist dieselbe doch so wenig, als im vorigen Falle die Verdichtung für die physische Ursache dieser verschiedenen Refraction anzusehen.

Was Newton von der krummen Refractions- und Raflexionslinie der gemeinen Spiegelung sagt: *) Si attractio, vel impulsus ponatur uniformis, erit ex demonstratis Gallilæi curva III parabola — gielt hier aus derselben Ursache, nur daß gegenwärtiger Refractionsraum sich zu jenem, wie das Endliche zum Unendlichkleinem verhält. Daher dann der Strahlengang unsers Phänomens sehr große, und jener der gemeinen Spiegelreflexion unendlich kleine Parabeln macht.

Solange die Strahlen, wie immer gebrochen, — doch ohne sich zu kreuzen, zum Auge kommen, wird das Objekt aufrecht, oder im natürlichen Sinne gezeigt. Sobald sie aber, ehe sie zum Auge gelangen, sich kreuzen, wird das Objekt umgekehrt dargestellt: dieß kann ein Bild heißen, wiewohl fast alles, was nicht in geraden Linien gesehen wird, ein Bild heißen

*) Phil. nat. Princ. math. P. XCIV. Theor. XLXIII.

heißen dürfte. Unser Phänomen ist also eine Zusammensetzung der Refraction und Reflexion.

Weil die Refraction mit der Wärme und Verdünnung der Luft abwärts stärker wird, so müssen die tiefer kommenden Strahlen mehr gebrochen, und spitziger als die obern reflectirt werden; dieß macht, daß die untern Parabeln abwärts konvexer als die obern ausfallen. Hieraus wird folgender Schluß gezogen:

I. Da aus jedem Punkte des Objekts Strahlen nach allen Richtungen ausgehen, so ist es möglich, daß mehrere Strahlen desselben Punktes in plano verticali, worauf der Punkt und das Auge ist, durch verschiedene Refractionen beym Auge zusammentreffen, allda Winkeln machen, und den Punkt nach dem Perpendikel verlängert darstellen, wie Fig. 4. wo beym Auge O durch die Tangenten des obersten, und untersten krummen Strahls ein Winkel entsteht, den der Punkt G in gerader Sehung nicht hat.

Ein anderer Schluß läßt sich bloß aus der Senkung der Reflexionsscheiteln bey tiefer kommenden untern Strahlen ableiten, nämlich:

II. eine Perpendikularlinie des Objekts kann eben darum, weil sie sich sich in den Raum der wachsenden Refraction einsenkt, in ihrem umgekehrt reflectirtem Bilde verkürzt erscheinen wie Fig. 5., wo der untere Strahl HO tiefer seine Reflexionsscheitel als der Strahl GO verlegt, folglich den Refractionswinkel gOh kleiner, als den geraden Sehungswinkel GOH macht. Hierin unterscheidet sich die Spiegelung abwärts von der gemeinen auf ebenen Flächen, wo alle Reflexionsscheitel in demselben plano liegen.

Aus dieser Theorie lassen sich die vorzüglichen Beobachtungen bey der Depression der Objekte, und deren untern Spiegelung ohne Anstand erklären.

Er-

Erstens. Die gerade oder aufrecht gezeigten Objekte werden niedergedrückt, weil der ganze Sehungswinkel wegen des abwärts gekrümmten Strahlenganges sich senkt.

Zweytens. Die geraden Objekte verlängern sich nach unten, weil (I) mehrere Strahlen derselben Punkte, die verschiedentlich gebrochen zum Auge gelangen, die Punkte zu Linien verlängern *).

Beydes ist Ursache, warum die Objekte näher zu kommen scheinen; denn, was man tiefer, und verlängert sieht, hält man für näher.

Drittens. Die umgekehrt reflectirten Bilder werden abwärts verkürzet, weil (II) die stärkere Refraction abwärts die Sehungswinkeln verkleinert. Diese Verkürzung muß um so sichtbarer seyn, jemehr die Punkte der geraden Objekte oben verlängert werden.

Viertens. Die Gränze der geraden Objekte und ihrer umgekehrten Bilder ist auch die Gränze der Verlängerung der Punkte über — und der Verkürzung der Perpendikularlinien unterwärts. Sie ist niemals scharf terminirt, weil die Refractionen und Reflexionen allda in einander fließen, und sich um so mehr vermischen, je grössere Differenz der Dünnheit oder Wärme ober — und unter der Gränze sich einfindet.

Soviel von der Depression der Objekte und ihren Spiegelungen unterwärts.

Die Hebung der Objekte ist zwar sicher eine Wirkung der gemeinen Refraction, oder Annäherung der Strahlen zum Perpendikel allein die Spiegelung überwärts scheint nicht von dieser Ursache herzurühren; denn ein umgekehrtes wiewohl konfuses Bild hervorzubringen müssen sich die Strah-

*) Hr. Woltman hat eben dieß in der aufgehenden Sonne, so wie ich in einer rothen Scheibe bemerkt, die ich auf den Horizont einer erhitzten eisernen Schiene herabließ.

Strahlen in ihrem Gange kreuzen; welches jedoch in dem wie gewöhnlich beſtellten Mittel der Atmoſphäre, wo die Hebungen nicht ſo ſtark, auch mit obern Spiegelungen nicht begleitet ſind, niemals zu geſchehen pflegt. Bloß wenn die Hebung außerordentlich iſt, erſcheint die Spiegelung überwärts, Anfangs etwas genauer, dann aber mit lothrechten, undeutlichen Streifen gegen die Objekte herab verlängert. Dieß giebt Anlaß in derjenigen Luftſchichte, worin die Spiegelung vorgeht, das Daſeyn einer ſtärkern Wärme, und dünnern Luft zu vermuthen, welche den krummen aufwärts gekehrten Strahlengang noch mehr krümmet, und ihn endlich wieder zu einem dichtern Mittel herab lenkt: denn ſtelle man ſich vor, daß Fig. 6. der Strahl GI durch ein Mittelding aufſteigt, welches unten dichter iſt, und hinauf allmählig durch die Wärme bis auf eine gewiſſe Höhe verdünnet wird, ſo entſteht eine viel ſtärkere, und ausgedehntere Krümmung nach Verhältniß dieſer Höhe ſowohl, als der Differenz zwiſchen der untern und obern Dichtheit. Anfangs geht der Strahl am nächſten am Perpendikel, dann weicht er mehr und mehr ab, formirt zu oberſt bey I eine Scheitel, und neigt ſich ſofort abwärts wieder mehr und mehr zum Perpendikel. Die Höhe des Mitteldings und die Differenz ihrer Dichtheiten begünſtigen alſo mehr den krummen Strahlengang bey der obern Spiegelung.

Es iſt für ſich ausgemacht, daß, ſobald eine Spiegelung oben erſcheint, die reflectirten Strahlen ſich kreuzen müſſen.

Die Verlängerung der Bilder gegen die untern Objekte durch lothrechte Streifen, womit die Spiegelung undeutlich wird, zeigt offenbar, daß die untern Strahlen des Bildes bey der Anlangung im Auge O wieder mehr vom Perpendikel als die obern abweichen, und entweder nach gemachter Scheitel mit dem folgenden Gange eine Concavität abwärts formiren wie (Fig. 6.) AFO, oder nach mehr gedrückten krummen Linien

wie

wie AHO fortgehen, die doch allemal, weil sie eine konfuse Spiegelung vorstellen, auf ihrem Wege sich kreuzen. Beydes ist durch einen ordentlich paraboliſchen Strahlengang schwer zu erklären, und ich wünschte, daß Hr. Woltman, welcher uns über die Theorie der Depression sehr wichtige Data geliefert hat, auch hierüber durch mehrere Beobachtungen einen Ausschlag zu geben sich noch entschließen möchte.

Uebrigens verdient dasjenige, was Wetterling bey der Beschreibung der obern starken Spiegelungen (Gunnilas Gerar) erwehnt, viele Aufmerksamkeit: daß nämlich nach allgemeiner Erfahrung der Seeleute dieses Phänomen eine Vordeutung großer Stürme sey. Stürme sind heftige Ströhmungen, womit die Luft das gestörte Gleichgewicht herzustellen sucht. Es wäre aber keine Ursache zu solchen Ströhmungen vorhanden, wofern nicht eine dünnere Luftschichte unter einer dichtern ziemlich lange sich ruhig erhalten könnte; die alsdenn beyde, sobald sie sich zu überwerfen anfangen, eine ganze Luftregion in die gewaltigste Bewegung setzen. Von einer ähnlichen Ursache spricht Franklin, da er das Aufwirbeln der Wasserhosen erklärt. Vor beyden Erscheinungen geht eine Windstille her. Die dünnere Luftschichte hält sich also noch ruhig unter der dichtern und schwerern, und das Phänomen der Gunnilas Gerar kann in der dünnern sich bilden, bis der Kampf der Luftschichten anfängt.

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): Gruber Abbe

Artikel/Article: VIII. Theorie des katoptrischen Phänomens von Senkung, und Hebung der Objiekte am Horizonte 98-107