
ANNALEN DER PHYSIK.

DRITTER BAND, VIERTES STÜCK.

I.

BEOBÄCHTUNGEN

über die Strahlenbrechung auf erwärmten Flächen;

VON

Abbé TOBIAS GRÜBER,
K. K. Kameral-Baudirector in Prag *).

In meinen physikalischen Briefen aus Krain, die im Jahr 1781. gedruckt wurden, habe ich eines merkwürdigen Phänomens erwähnt, das ich sowohl auf dem ebenen *Zirknitzer Seeboden*, als in den viele Meilen weiten Ebenen des *Temeswarer Ban-*

*) Ein Auszug aus dessen *Physikalischer Abhandlung über die Strahlenbrechung und Abprallung auf erwärmten Flächen*, in den Abhandl. der böhmischen Gesellsch. der Wissensch. B. II. und daraus auch besonders abgedruckt, Dresden 1787. 35 S. 4. Ist dieser interessante Aufsatz gleich schon vor mehrern Jahren erschienen, so scheint er doch nur wenig bekannt zu seyn, und ich darf hoffen, daß der Leser diesen gedrängten Auszug daraus um so weniger für veraltet und

Annal. d. Physik 3. B. 4. St.

Bb

nats, besonders wenn sie sich bis in den Horizont zu verlaufen schienen, häufig wahrgenommen habe. Der Luftkreis schien etwa 6 Fuß hoch über der Ebne so verdickt *) zu seyn, daß er die Strahlen, die hier sehr schief einfielen, nicht hindurchliefs, sondern zurückwarf, wodurch sonderbare optische Täuschungen veranlaßt wurden. So z. B. zeigten sich von einem Dorfe, das 1000 bis 2000 Klafter entfernt schien, blos die Dächer, einem Wäldchen ähnlich; die über die Ebne hervorragenden Warthügel ohne Grundlage, und die höher emporragenden Gegenstände, Bäume, Gebäude, Thürme u. s. f., weil sie wie auf einer Wasserebene sich spiegelten, in doppelter Gröfse. Ich glaubte große Seen in weiter Ferne, die am Horizont wie Meere wurden, zu sehn; näherte ich mich ihnen, so verschwanden sie bald, bald entfernten sie sich immerfort, und wenn ich vom Sitze meines Wagens aufstand, und mich etwa 3 Fuß hoch erhob, nahmen sie ab, oder erschienen gar nicht mehr. Diese Erscheinungen über-

überflüssig halten wird, da vielleicht mancher sich an den Ausdruck der Urschrift und an eine kleine Uebersetzung stiefs. Er gehört zu den Hauptschriften in dieser Materie, die spätern Bemerkungen Huddarts, Monges, Vincens u. a. schließendlich an ihn aufs beste an und auch H. Woltmann baut auf ihn im folgenden Aufsatze fort.

d. H.

*) Hr. Abbé Gruber nimmt diesen Ausdruck nachher selbst zurück, da die Dünste die Luft vielmehr verdünnen.

d. H.

raschten mich sehr, bis ich ihre Ursachenträthfelte. Die Reflexion des grauen Himmels giebt der spiegelnden Luft das Ansehn von Wasser, worin sich die erhabnen Gegenstände abbilden und noch einmal so groß werden; nach der Beschaffenheit des Landes zeigen sich Seen von verschiednem Umfang. und wenn der Zuschauer sich erhebt, wird der Einfallswinkel verringert, und nun hört die Zurückwerfung auf, und die optische Täuschung verschwindet. Ich bemerkte dieses meist im Frühjahre, und die Luft konnte nur 6 bis 7 Fuß hoch über der Erdofläche die optische Täuschung bewirken.

Alle Bemerkungen, die ich seitdem noch über diese Erscheinungen angestellt habe, und die vielen vom Herrn *Prof. Büsch* erzählten Phänomene dieser Art *) beweisen: 1) daß auch unpolirte, rauhe, höckrige, ja gemeine Erdoflächen, unter gewissen Bedingungen alles das bewirken, was spiegelnde Flächen in eben der Lage darstellen; 2) daß man dieses weder eine *Strahlenabprallung* (denn dabey spielt grade die Strahlenbrechung eine wesentliche Rolle), noch eine *horizontale Refraction* nennen dürfe, weil es (wie die Folge zeigen wird) auch auf allen andern Flächen unter jedem beliebigen Neigungswinkel gegen den Horizont stattfinden kann; 3) daß der Raum über der

Bb 2

*) *Annal. d. Phys.* III. Aufsatz 3.

Fläche, innerhalb welches diese Spiegelung vorgehet, nach Verschiedenheit der Umstände bald höher, bald niedriger ist, wie es das Entstehen, Verändern und Verschwinden des Phänomens bey einerley Lage des Auges offenbar beweist; und 4) daß bey einer bestimmten Höhe des spiegelnden Lustraums auch das Auge eine bestimmte Höhe hat, innerhalb welcher die Erscheinung im weitesten Umfange sichtbar ist, abnimmt und verschwindet; je mehr das Auge sich in dieser Höhe erhebt, desto weiter scheint das Bild in die Ferne zu gehn, bis es ganz verschwindet.

Nach vielem vergeblichen Umhersch'n nach einem Orte, wo diese Erscheinung sich genauer untersuchen liesse, fand ich ihn unvermuthet im Fenster meiner Wohnung, aus welchem ich den Fries und den Vorsprung des Architravs am druckstoßenden Hause übersehn konnte. Der Kalkbewurf hatte einige sanfte Vertiefungen, die 4 bis 5 Linien unter die Ebne hinabgehn mochten, und in diesen Vertiefungen spiegelte sich die Fage eines am Ende stehenden Hauses, so oft die Mauer stärker als die umgebende Luft erwärmt war. War die Fage nicht beleuchtet, und daher dunkler als die Fläche des Frieses, so erschienen in den Vertiefungen dunkle Streifen; wurde sie dagegen beleuchtet, so zogen sich hellweisse Streifen durch die Vertiefungen. Längs der Ebne des Frieses schien eine wallende Atmosphäre zu schweben, die das Rückrigè der sich spiegelnden Fage nach

einer Richtung senkrecht auf dem Friesse verlängerte. Erhob man das Auge über die Ebne des Frieses, so zog sich die Spiegelung in die Vertiefungen zusammen; das Bild entfernte sich immer mehr, wurde dabey kleiner, und verschwand endlich ganz, wenn die abprallenden oder gebrochenen Strahlen es nicht mehr erreichten, und zwar bey zunehmender Wärme erst bey weitem Entfernungen *). Bey einem sanften Winde erweiterte sich das Bild, und die Umriffe kamen in eine wellenförmige Bewegung; auch aus Höhen, in welchen es noch unsichtbar war, erblickte man es, sobald ein Luftzug über den Fries hinfuhr, und es schien dann gleich forteilenden Wellen durch die Vertiefungen hinzuziehn. Dieses Schauspiel zeigt sich, wenn die Sonne eine Zeitlang geschienen hat, jedem, der nicht zu kurzichtig ist,

*) Die kleinste und die größte Erhebung über der Ebne des Frieses, bey welcher ich das Bild wahrnahm, war $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll. Die Entfernung des Auges vom Mittelpunkte der Erscheinung ließ sich nicht genau messen, ist auch nach Verschiedenheit der Temperatur zu veränderlich; ich schätze sie ungefähr auf 4 Klafter, wenn das Auge $\frac{1}{4}$ Zoll über der Ebne des Frieses stand. Das gäbe einen Abprallungswinkel von 3 Minuten, folglich, wenn die Entfernung des Auges von der erwärmten Erdofläche 7 Fuß betrüg, wie in den zuerst angeführten Erscheinungen, eine Entfernung des Bildes von 1344 Klaftern, welches recht gut mit meiner Erzählung übereinstimmt.

und ich bin überzeugt, daß es sich unter gleichen Umständen auf allen großen Mauerflächen zeigen müsse. — Der Barometerstand hat auf diese Erscheinung keinen oder doch nur einen sehr geringen Einfluß, denn sie zeigt sich bey sehr verschiedenen Barometerhöhen, und zwar nur dann, wenn die Ebne den gehörigen Grad von Wärme erreicht hat. Das Thermometer hingegen stand alsdann, an der Mauer gehalten, stets um einige Grade höher, als in der freyen Luft.

Daraus schliesse ich, 1) daß die Strahlenabprallung oder Brechung blos daher entstehe, weil die Mauer stärker als die umgebende Luft erwärmt ist, und daß sie bey zunehmender Temperatur größer wird; 2) daß die Luftschicht an einer solchen spiegelnden Ebne *dünnere* als die andre Luft seyn müsse; wie man das an dem Aufwärtssteigen der Lufttheilchen längs der erwärmten Fläche (das ohne Verdünnung derselben nicht geschehn könnte), und an der wellenförmigen Bewegung des Bildes, die aufwärts zu gehn scheint, deutlich wahrnimmt; und 3) daß die Strahlenabprallung oder Brechung über der erwärmten Fläche durch diese verdünnte, oscillirende Luft bewirkt wird, da man schon bey jedem Lichte, bey Kohlenfeuer und bey den Dämpfen, die aus den Schorsteine aufsteigen, sich überführen kann, daß wärmere Luft die Gestalt der Gegenstände verzieht, und in bebende Bewegung bringt.

Hierauf gestützt, versuchte ich diese Erscheinung in meinem Zimmer zu bewirken; und das gelang mir völlig. Eine 8 Fufs lange, 2 Zoll breite und $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Eisenstange wurde so viel als möglich grade gereckt, an einer Seite eben gefeilt, und, um ihr allen Glanz zu benehmen, mit einer schwarzen Erdfarbe bestrichen; darauf über einem Kohlenfeuer erhitzt, und so an ihren Enden auf zwey Unterlagen, in senkrechter Richtung auf eine quer davorstehende Wand, die 2 Klafter davon entfernt war, gesetzt. Durch ihre Schwere senkte sich die Stange in der Mitte $2\frac{1}{2}$ bis 3 Linien tief; in der Richtung ihrer Länge war an der Wand ein weisses Papier befestigt, und vor der Stange, 18 Fufs weit vom Mittelpunkte der Senkung, ein achromatisches Fernrohr mit einem Stativ gesetzt.

Alle Gegenstände, die man längs der Kanten der Stange betrachtete, erschienen in verzogener Gestalt, als würde ihre Contur von der Oberfläche des Eisens angezogen. Anfangs wallte die Luft bis auf 6 Zoll über der Stange, und wenn das Auge sich der Ebne der geschwürzten Eisenfläche allmählig näherte, so verwandelte sich plötzlich das Schwarz der Stange in das Weiss des dahinter hängenden, sich spiegelnden Papiers. Mit abnehmender Wärme des Eisens zog sich, bey unverrücktem Augenpunkt, das weisse Bild in die Mitte der Senkung zusammen; hier zeigte sich ein weisser Queerstrich, die übrige Stange war schwarz. Der Augenpunkt, aus wol-

chem die Erscheinung zuerst sichtbar wurde, lag 9 Linien über der Ehne durch die Endpunkte der Stange. Wurde das Auge bis zu dieser herabbewegt, so verschwand das Bild, und der Winkel der Sichtbarkeit des Bildes betrug daher 12 Minuten.

Einer der folgenden Versuche belehrte mich, daß dieser Winkel zugleich mit der Wärme abnimmt. Bey einer Entfernung von 42 Fufs vom Mittelpunkt der Senkung, hatte er, als das Barometer auf 28 Wiener Zoll und 3 Linien, und das Reaumur'sche Thermometer an der Luft auf 11° stand, die Gröfsen, welche

beystehende Tafel angiebt.	Wärme der Eisenstange.	Winkel.
Während der vier ersten Beobachtungen stand ein Fenster auf; dieses wurde alsdann zugemacht, und so gleich verminderte sich der Winkel der Sichtbarkeit von 9 auf 6 Minuten, stieg aber,	1) 52° R.	23'
	2) 45° —	18'
	3) 36° —	13'
	4) 27° —	9'
	5) 24° —	6'
	6) 22° —	9'
	7) 20° —	6'
	8) 19° —	4'
	9) 16° —	2'

als vor dem 6ten Versuche das Fenster wieder geöffnet wurde, aufs neue auf 9 Minuten; ein offener Beweis, daß der Luftzug die Sichtbarkeit des Bildes vergrößert. Doch findet wegen der Oscillation des Bildes bey diesen Winkeln keine große Schärfe statt. — Als ich bey einem andern Versuche den weissen Streifen, der sich in der Mitte der Eisenstange abbildete, aus verschiedenen Weiten betrachtete, zeigte er sich aus grössern

Entfernungen beträchtlich erweitert. Auch vergrößerte sich das Bild, so wie das Fenster geöffnet wurde, durch den Luftzug. Bey Entfernungen des Auges vom Mittelpunkte der Senkung von 16, 25, 55, 41 Fuß, betrug nemlich, ungeachtet die Stange sich während der Beobachtung abkühlte, die scheinbare Größe des Papiers 14', 16', 15', 18'. Bey der zweyten Beobachtung war ein Fenster geöffnet worden, wodurch das Papier nicht nur scheinbar größer wurde, sondern auch höher hinaufrückte. Bey den folgenden war das Fenster wieder geschlossen.

Um den *Neigungswinkel* der einfallenden Strahlen gegen die Eisenfläche, und den *Ablenkungswinkel* der Strahlen, die vom erwähnten Eisen ins Auge kamen, mit möglichster Genauigkeit zu finden, diente folgende Vorrichtung. Die beiden Ruhepunkte der Stange *D* (Fig. 1. Taf. VI.) wurden genau ins Niveau gebracht, da denn das erwärmte Eisen sich 2 Linien tief in der Mitte *F* senkte; 59 Fuß vor dieser Senkung stellte ich in *O* ein achromatisches Fernrohr mit einem Niveau horizontal, ungefähr in der Mitte zwischen der kleinsten und größten Höhe, aus welchen das Bild sichtbar war, und 19 Fuß $2\frac{1}{2}$ Zoll hinter derselben eine mit weißem Papier bespannte Tafel *AM*, an welche mein Gehülfe die Spitze eines Bleystifts von oben herabführte, bis das Bild derselben durch das Telescop gesehen, in der Mitte der Senkung erschien. Dieser Stand des Bleystifts *L* wurde an der Tafel bezeichnet.

eben so das Niveau des Auges M , und sowohl ML , als FG (der Abstand der Einsenkung F vom Niveau des Auges O M) gemessen. Bedeutet AB die Horizontallinie durch F , so wurde dadurch $AL = FG - ML$ bestimmt. Daraus fanden sich aus 8 Beobachtungen, die hintereinander angestellt wurden, (und bey denen das Fernrohr, weil der Winkel der Sichtbarkeit mit der Wärme abnahm, dreymal weiter herabgesenkt werden mußte,) folgende Einfalls- und Ablenkungswinkel:

Wärme der Eisenstange	Neigungswinkel AFL	Ablenkungswinkel BFO
58° R.	29' —	22' 10"
35 —	20 —	16 —
33 —	16 40	derselbe
30 —	14 50	derselbe
29 —	15 —	14 10
27 —	16 30	derselbe
21 —	13 20	9 50
18 —	9 50	derselbe *).

Das Barometer stand 28 w. Zoll $4\frac{1}{2}$ Linien, und das Thermometer in freyer Luft $1\frac{1}{2}^{\circ}$ hoch. Im Durchschnitt genommen waren also die Winkel AFL gröfser als die Ablenkungswinkel BFO , worüber ich nachher noch einiges sagen werde. — Bey einem andern Versuche, wo das Ende der Stange C etwas tiefer als D lag, waren die Win-

*) Ich weifs nicht, ob dieser Ausdruck sich auf die daneben, oder auf die darüberstehende Zahl bezieht; auch sagt der Verfasser nichts über die Unregelmäßigkeit in den Neigungswinkeln AFL .
d. H.

kel *AFL* beynahe drey mal gröfser als die Winkel *BFO*.

Zuletzt liefs ich noch farbige Scheiben und andre Gegenstände hinter der erwärmten Eisenstange auf und nieder bewegen. Sie wurden insgesammt so kenntlich (nur etwas hehend und niedergedrückt) auf der Stange dargestellt, als wenn ein Glaspiegel auf ihr läge, der alles *umgekehrt* zurückwürfe. Am schönsten präsentirte sich ein brennendes Licht, das wie ein helleuchtendes Sternchen an der Oberfläche des Eisens strahlte *).

Auch als ich die erwärmte Eisenstange zur Nachtzeit in ihrer Mitte an einer Zange aufhing, so dafs sie sich herabwärts krümmte, spiegelten sich die Gegenstände, und besonders ein Licht, aus einer gewissen Entfernung, in der Mitte der nach unten zu liegenden Vertiefung sehr deutlich, obgleich die erwärmte, aufwärts wallende Luft nun nicht hoch über der spiegelnden Fläche liegen konnte.

*) Bey einem dieser Versuche, als das Barometer auf 28 w. Zoll $\frac{1}{4}$ Linie, und das Thermometer in der freyen Luft auf 9° stand, hörte die Spiegelung schon auf, als das Eisen sich von 62 bis 30° erkältet hatte. Ob das etwa von der Düntheit der Luft herrührte, da dieser Barometerstand 2 Linien unter heiligem Varium (?) war. — Uebrigens dürfte diese Eigenschaft erwärmter Körper sich trefflich zu optischen Blendwerken brauchen lassen. Gr.

Als die Eisenstange auf Glasstäbe gelegt, und *electrified* wurde, änderte sich nichts; obgleich ich ihr, während sie sich vom 42° bis 10° Wärme abkühlte, zehnmal hintereinander Electricität geben und nehmen liefs, konnte ich doch keinen Unterschied im Bilde und dessen Gröfse, der dadurch bewirkt worden wäre, wahrnehmen.

Ob aber die Spiegelung nicht durch *Dünste* erregt oder erweitert werde, darüber bestimmen meine Versuche nichts mit Gewifsheit. Denn da die erwärmte Eisenstange mit einem nassen Pinsel überstrichen wurde, schien es mir zwar, als wolle sich das Bild bey Erhebung des Pinsels zeigen; allein das zu sichtbare Ansteigen der Dünste verhinderte die Beobachtung. — Es würde interessant seyn, wenn andre Physiker diese so leichten Beobachtungen weiter verfolgten, aus denen über die irdische Strahlenbrechung noch mancher Aufschluß zu hoffen ist.



Von diesen Versuchen glaube ich eine leichte *Anwendung auf das zu Anfang erwähnte Phänomen einer Strahlenablenkung in der Natur* machen zu können. Man denke sich eine durchhitze Erdoberfläche *AB* (Fig. 2. Taf. VI.), welche die über ihr liegende Luftschicht bis *CD* so erwärmt, daß sie der Strahlenablenkung fähig wird; so muß die Luft, dicht an der Erdoberfläche, am meisten verdünnt seyn, mithin die Strahlen am stärk-

ften ablenken, und diese Wirkung sich aufwärts, bis zur gemeinen atmosphärischen Verdickung der Luft*), allmählig verlieren. Dadurch muß

1) in der Luft eine *oscillirende Bewegung* entstehen, indem die dünnere Luft heraufsteigt und die dickere herabsinkt; sie zeigt sich in der That über jeder Erdoberfläche, die von der Sonne eine Zeitlang beleuchtet ist, und Liesganig beklagt sich sogar, daß ihm die dadurch bewirkte hebende Bewegung der Objecte, bey starkem Sonnenschein, auf den großen ungarischen Ebenen in seinen Messungen sehr hinderlich gewesen sey **).

2) Muß in diesem von unten nach oben sich verdickenden Luftraume eine Strahlenbrechung vor sich gehn, die der gewöhnlichen gerade entgegengesetzt ist. Die *gewöhnliche* macht die Lichtstrahlen nach oben zu *convex*; und erhebt die ferneren Gegenstände über den Horizont; diese *ungewöhnliche* bricht dagegen die Lichtstrahlen so, daß sie nach unten zu *convex* werden, und drückt dadurch die Bilder entfernter Gegenstände (also auch z. B. den scheinbaren Seehorizont) unter den wahren Horizont herunter; und hierin liegt der Grund der sonderbaren Phänomene, wel-

*) *Huddarts* Fläche der größten Dichtigkeit und Brechbarkeit, Ann. d. Ph. III. Auf. 1.

**) *Dimensio graduum Viennensis et Hungarici*, Vindob. 1770. 4. Man vergleiche damit des Grafen von Rümford Beobachtung, Ann. d. Ph. II. S. 285.

she bey der irdischen Strahlenbrechung vorkommen.*).

3) Strahlen, wie MGo und LHO (Fig. 2), welche in diesen Luftraum bey einerley Beschaffenheit desselben parallel einfallen, müssen gleichmäßig gekrümmt werden, und ihre Ablenkungsscheitel G , H , gleich hoch über dem Erdhorizonte liegen. — Wird der Einfallswinkel (d. h. der Winkel des Strahls mit dem Perpendikel auf der brechenden Fläche) spitzer, wie z. B. bey dem Strahl MFo , so nähert sich der Ablenkungsscheitel F dem Horizonte, und fällt umgekehrt bey Strahlen, wie MEo , die unter stumpfern Winkeln einfallen, höher hinauf**). — Zieht sich endlich der ver-

*) Dieses ist, wie man sieht, vollkommen die Theorie, worau. *Huddart* Ann. d. Phys. III. Aufl. 1. die von ihm beobachteten Phänomene ungewöhnlicher Strahlenbrechungen auf eine so leichte und glückliche Art erklärt. Schade, daß *H. Gruber* nicht mehrere Versuche über den Einfluß der Wasserdämpfe auf diese Brechungen anstellte, da sie nach allen Beobachtungen dabey so beträchtlich mitzuwirken scheinen.
d. H.

**) Daraus erklärt sich die zweyte Beobachtung *Dalbys* Ann. d. Phys. III. 276. Anm. ohne Schwierigkeit. Die Strahlen, die von den näherliegenden Pfählen durch die verdünnte Luftschicht ins Auge kamen, fielen unter spitzern Winkeln ein: so kamen sie also auch ins Auge, daher ihre Tangenten unter die Tangenten der

dünnte Luftraum bey abnehmender Wärme zusammen, so wird bey unveränderter Lage des Objects und des Auges, jeder Einfallswinkel, mithin auch jeder Ausfallswinkel spitzer. Hieraus erklärt sich die Erweiterung des Bildes bey niedrigerer Lage des Auges, oder bey Vergrößerung der verdünnten Luftschicht; so wie die Zusammenziehung des Bildes in den Vertiefungen, bey Erniedrigung dieser Luftschicht mit abnehmender Wärme.

4) Je mehr sich das Auge, bey unveränderter Höhe des verdünnten Luftraums und bey unveränderter Lage des Objekts, erhebt, desto weiter müssen die Reflexionen, oder vielmehr die Ablenkungsscheitel der Strahlen, vom Auge fortrücken. Denn, rückt das Auge aus O in o (Fig. 2.) hinauf, so wird nicht mehr der Strahl MH , sondern ein mit ihm paralleler LG , der einen entferntern Abprallungsscheitel hat, durch Refraction ins Auge kommen, und zwar wird sich ungefähr verhalten $BO:Bo$, wie $BF:Bf$; daher kommt es, daß das beschriebne Phänomen auf großen Ebenen, bey Erhebung des Auges in die Ferne, zu fliehen scheint.

5) Ist LIO (Fig. 3) der unterste Strahl, der unter einem spitzen Winkel in den nach unten sich verdünnenden Luftraum einfällt, mithin der unterste, mit welchem sich die reflexionsartige Ablen-

Strahlen von den entferntern Pfählen selen, diese Pfähle folglich über dem Niveau jener, und zwar bey größerer Weite höher darüber erhaben schienen. d. H.

kung anfängt; so werden die Strahlen von allen Punkten, die unterhalb L nach dem Auge zu liegen, durch die Brechung zwar etwas, doch weniger abgelenkt, und zwar so, daß sie um desto weniger erniedrigt werden, je näher sie vom Auge liegen. Irgend einer dieser Strahlen, z. B. PO , wird dem reflectirten Strahl LIO so nahe laufen, daß die Punkte P und L im Auge neben einander erscheinen. Aus dem Raum PL kommen alsdann entweder gar keine Strahlen ins Auge, oder sie vermischen sich mit dem Contur des reflectirten Bildes, wie sich das wirklich öfters ereignet. — Befindet sich das Auge innerhalb des sich verdünnenden Luftraums, so können die Strahlen oberhalb desselben blos durch Brechung, die unterhalb desselben aber sowohl durch Brechung als durch Abprallung sichtbar werden. — Hieraus erklärt sich die Bemerkung der Deicharbeiter bey Büsch (Ann. d. Ph. III. 297.), welchen das gegenüberliegende Elbufer den Morgen, als sie an die Arbeit gingen, so hoch schien, als läge es am Deiche, indess es späterhin, als das Phänomen wahrzunehmen war, sank. Das Gestade mußte nemlich durch die ungewöhnliche Strahlenbrechung niederzusenken scheinen, und bey zunehmender Wärme das erweiterte Bild sich verlieren.

6) Das Auge liege in oder über dem verdünnten Luftraum, so ist es möglich, daß aus einem Punkte M eines entfernten Gegenstands H mehrere Strahlen, die in einer Verticalfläche zwischen

schen den Strahlen MQO und $MFGO$ (Fig. 4.) liegen, zugleich ins Auge kommen. Denn, stehn die Sinüsse der Einfalls- und Austrittswinkel gegen einander in einerley Verhältniß, oder ist $CF : TS = CQ : TN$; so müssen auf NS so viel Ausfalls- als auf FQ Einfallswinkel vorhanden seyn. Da sich nun unsrer Voraussetzung gemäß, jede Einfallsdistanz von F , zu der ihr entsprechenden Ausfallsdistanz von S , wie $FQ : SN$ verhalten muß (denn es ist $CQ - CF : TN - TS = CF : TS$); so müssen alle Strahlen, welche aus M ausgehn, und auf FQ einfallen, um bey ihrem Austritte zwischen S und N verhältnißmäßige Sinüsse ihrer Austrittswinkel zu erhalten, durch denselben Punkt O gehn, worin sich das Auge befindet. Im Fall das Auge *niedriger* als der Punkt M steht, werden, so wie die Winkel MFC abnehmen, die Ablenkungsscheitel dieser Strahlen immer weiter von G nach O zu rücken, bis endlich das ablenkende Medium aufhört, oder (ist das Auge innerhalb desselben) der Ablenkungsscheitel zuletzt selbst in den Punkt des Auges fällt. Im Fall das Auge außerhalb dieses Medii *höher* als der leuchtende Punkt liegt, (wenn z. B. O der leuchtende Punkt und M das Auge ist,) so würden sich umgekehrt die Ablenkungsscheitel vom Auge entfernen. Liegen endlich Punkt und Auge in gleicher Höhe, (wie M und o in Fig. 3.) so fallen die Ablenkungsscheitel in einer Verticallinie unter einander. — Hieraus folgt, daß der leuchtende Punkt M in allen

drey Fällen, nach einer Richtung senkrecht auf die erwärmte Fläche, *verlängert* erscheinen müsse, und zwar dem Winkel *NOS* entsprechend, unter welchem die Gränzstrahlen unter denen, die von einem Punkte ins Auge kommen, in dieses gelangen. Um sich hiervon durch Erfahrung zu überzeugen, braucht man nur einen etwa 12 Zoll langen vierkantigen Metallstab zu erwärmen, und längs desselben hinzusehn; man wird wahrnehmen, daß die Punkte eines über oder in dem erwärmten Luftraum angeordneten Objects, senkrecht nach der erwärmten Fläche hin ausgedehnt scheinen.

7) Nur wenn sich das Auge ziemlich tief innerhalb des verdünnten Luftraums befindet, kann das Strahlenbild auf grossen Ebenen sehr hoch über dem Horizonte des Auges zu stehen kommen, und mit dem Himmel, der sich darin sehr deutlich spiegelt, vermischt werden. Ich sah diese so weit ausgedehnte Erscheinung nie nach den mittlern Nachmittagsstunden, sondern meist früh in ganz heitern Tagen, oder um Mittag, nachdem vorher die Sonne einen Nebel niedergeschlagen und sich der Erdoberfläche bemächtigt hatte, wie das im Frühjahr und Herbst zugeschehen pflegt. Wahrscheinlich war denn der Temperaturunterschied zwischen Erdboden und Luft gröfser, als nachher, wenn die Luft durch längern Sonnenschein schon mehr erwärmt, und dadurch ein nach oben sich überall verdünnendes, wenigstens nicht so stark verdichtendes Medium, als es dieses Phänomen erfordert, entstanden war.

Selbst die wiederholte Beobachtung, daß sich bey meinen Versuchen mit einer erwärmten Eisenstange, das Bild durch einen sanften Luftzug vergrößerte, scheint diese Meynung zu bestätigen. Denn der Luftzug kann wohl hierbey nicht anders, als durch das Hinzuführen einer kältern und eben dadurch dichtern Luftmasse über die erwärmte Fläche wirken; wodurch das ablenkende Medium vergrößert und verstärkt wird. — Ueberhaupt bemerkte ich, daß es bey dieser ungewöhnlichen Strahlenbrechung meistens nur auf den Temperaturunterschied einer Fläche und der atmosphärischen Luft ankommt. Denn ich habe sie an der Mauer, an welcher sich ein benachbartes Haus spiegelte (S. 380) auch zu einer Zeit gesehen, wo die Sonne den ganzen Tag über nicht geschienen hatte, und das reaum. Thermometer auf $-2\frac{1}{2}^{\circ}$ stand. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß man sie über Erd- und Wasserflächen auch des Nachts wahrnehmen könne.

8) Obgleich bey meinen Versuchen, wo ich, so zu sagen, die Natur, dieses Schauspiel nach meinem Belieben aufzuführen, zwang, dickere oder dünnere Luft, Dünste und Electricität keinen Einfluß auf das Phänomen zu haben schienen, so möchte ich doch einen solchen Einfluß bey Erd- und Wasserflächen ihnen nicht absprechen. Denn hier, wo die Strahlenbrechung im Großen wirkt, giebt eine geringe Urfach schon einen merkbaren

Ausschlag. Wenigstens scheint es, daß dickere Luft und Dünste, die der Luft ein andres Verhältniß in ihren Bestandtheilen geben, (welches bey Verflüchtigung des Morgenthau statt fände,) einen größern Unterschied der Wärme zwischen den Erdsflächen und der Luft veranlassen können.

9) Uebrigens möchte ich nicht verbürgen, daß nicht in der Natur durch die Temperaturverschiedenheit in der Luft, durch die Unebenheiten des Landes, und selbst durch die Verschiedenartigkeit der Luft, die Strahlen einen mehr oder weniger geschlängelten Gang annehmen, aus der Verticalfläche herausgebogen, und so gebrochen werden könnten, daß das Verhältniß zwischen den Sinussen der Eintritts - und Austrittswinkel sehr veränderlich sey.
