



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

145. Luftspiegelung

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

dann wird ein von a ausgehender Lichtstrahl, welcher in b eine dünnere Luftschicht trifft, beim Eintritt in dieselbe vom Einfallslot, also von der Verticalen entfernt, die Richtung bc erlangen; bei c abermals von der Verticalen entfernt, nimmt er die Richtung cd an; in d , e und f erfolgt eine ähnliche Ablenkung, so dass der Strahl endlich in der Richtung fg ins Auge gelangt, der in g befindliche Beobachter also den Punkt a bis a' gehoben erblickt.

Unter den eben betrachteten Umständen, d. h. wenn die Schichten gleicher Luftdichtigkeit stets vollkommen wagerecht sind, wird man von einem etwas erhöhten Standpunkte g einen tiefer gelegenen Gegenstand a höchstens bis zum Horizont von g gehoben sehen können. Um die Erhebung über den Horizont des Beobachters zu erklären, muss man annehmen, dass die Schichten gleicher Luftdichtigkeit nicht horizontal, sondern dass sie nach unten convex sind, wie es Fig. 234 andeutet.

Die eben besprochene Erhebung beobachtet man am Meere und an Landseen vorzugsweise in den frühen Morgenstunden heiterer Tage. Durch die nächtliche Strahlung sind Land und Wasser stark erkaltet, während die etwas höheren Luftschichten die höhere Temperatur des vorigen Tages nicht so schnell abgegeben haben. Nach Sonnenaufgang wird aber das Land durch die Sonnenstrahlen weit rascher erwärmt als das Wasser und dadurch ungefähr eine Krümmung der Schichten gleicher Luftdichtigkeit bewirkt, wie sie bei der Construction der Fig. 234 angenommen wurde.

Die Bilder ferner Gegenstände, welche uns durch aussergewöhnliche atmosphärische Refraction und Luftspiegelung sichtbar werden, können uns aber, wenn die Dichtigkeit der verschiedenen Luftschichten eine unregelmässig wechselnde ist, nicht allein verzerrt, sondern auch in fortwährender Bewegung erscheinen, wie dies bei der unter dem Namen der *Fata Morgana* zu Neapel, zu Reggio und an den Küsten Siciliens bekannten Erscheinung der Fall ist. Auf einmal sieht man in grosser Entfernung in den Lüften Ruinen, Säulen, Schlösser, Paläste, kurz eine Menge von Gegenständen, deren Anblick sich fortwährend ändert. Das Volk strömt dann dem Ufer zu, um dieses sonderbare Schauspiel anzusehen. Diese feenhafte Erscheinung beruht darin, dass Gegenstände sichtbar werden, die man bei dem gewöhnlichen Zustande der Atmosphäre nicht sehen kann und welche zerrissen, verzerrt und in fortwährender Bewegung zu sein scheinen, weil die ungleich dichten Luftschichten in steter Bewegung sind.

Luftspiegelung. Für den Uebergang eines Lichtstrahles lc , 145 Fig. 235 (a. f. S.), welcher sich in atmosphärischer Luft bewegt, deren Brechungsexponent 1,00030 ist, in solche, deren Brechungsexponent 1,00029 beträgt, ist der Grenzwinkel gleich $89^{\circ} 45'$. Stellt also hk die Trennungsfläche der beiden Luftschichten dar, so findet in c eine totale Reflexion statt, wenn der Winkel hel kleiner ist als $15'$. Man ersieht

hieraus, dass stets eine totale Reflexion eintreten muss, wenn ein Lichtstrahl lc unter einem Winkel von nur wenigen Minuten auf die Grenzfläche hk einer nur unbedeutend weniger dichten Luftschicht trifft, und so erklärt sich die Luftspiegelung, deren schon im vorigen Paragraphen erwähnt wurde.

Wie wir bereits gesehen haben, kann bei anomalen Dichtigkeitsverhältnissen der Atmosphäre von a , Fig. 236, aus ein Lichtstrahl in krummliniger Bahn adg nach g gelangen, so dass man von g aus in a' das gehobene Bild von a erblickt. Von a aus kann aber noch auf anderem Wege ein Lichtstrahl nach g gelangen, welcher von a über p nach c gelangte und hier eine totale Reflexion erlitt, wenn die Luftschicht über hk im entsprechenden Grade weniger dicht ist, als die unterhalb hk befindliche Luftschicht. Der in c reflectirte Strahl gelangt aber auf dem Wege cog nach g , so dass man von g aus in der Richtung ga'' noch ein Spiegelbild a'' von a erblickt.

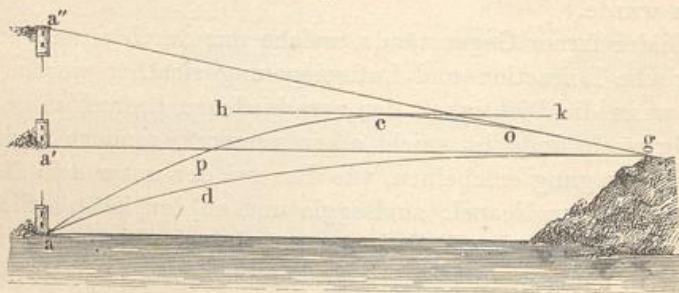
Fig. 235.



In den bisher betrachteten Fällen war das durch Luftspiegelung erzeugte Bild oberhalb des direct gesehenen; unter Umständen kann aber durch Luftspiegelung auch ein Spiegelbild unterhalb dem direct

gesehenen entstehen, wie dies namentlich in den Ebenen von Aegypten öfters beobachtet wird.

Fig. 236.



gesehenen entstehen, wie dies namentlich in den Ebenen von Aegypten öfters beobachtet wird.

Der Boden von Niederägypten bildet eine weite Ebene, über welcher sich zur Zeit der Ueberschwemmung die Gewässer des Nils verbreiten. An den Ufern des Flusses und bis auf eine grosse Entfernung gegen die Wüste hin sieht man kleine Erhöhungen, auf welchen sich Gebäude und Dörfer erheben. Gewöhnlich ist die Luft ruhig und rein. Wenn die Sonne aufgeht, erscheinen alle entfernten Gegenstände scharf und deutlich; sobald aber die Tageshitze merklich, der Boden durch die Sonnenstrahlen erhitzt wird und die unteren Luftschichten an dieser hohen Temperatur theilnehmen, so entsteht in der Luft eine Art zitternder Bewegung, welche dem Auge sehr merklich ist und welche auch in unseren Gegenden an heissen Sommertagen beobachtet wird. Wenn nun

kein Wind geht und die Luftschichten, welche auf dem Boden ruhen, unbeweglich bleiben, während sie durch die Berührung mit dem Boden erhitzt werden, so entwickelt sich das Phänomen der Luftspiegelung in seiner ganzen Pracht. Der Beobachter, welcher nach der Ferne schaut, sieht noch das directe Bild aller Erhöhungen, der Dörfer, kurz aller hohen Gegenstände; unterhalb derselben sieht er aber ihr verkehrtes Bild, ohne den Boden sehen zu können, auf welchem sie sich erheben; alle diese Gegenstände erscheinen ihm also, als ob sie sich mitten in einem ungeheuren See befänden. Diese Erscheinung wurde während der französischen Expedition in Aegypten oft beobachtet, sie war für die Soldaten ein ganz neues Schauspiel und eine grausame Täuschung. Wenn sie aus der Ferne den Reflex des Himmels, das verkehrte Bild der Häuser und Palmbäume sahen, so konnten sie nicht zweifeln, dass alle diese Bilder durch die Oberfläche eines Sees gespiegelt seien. Ermüdet durch forcirte Märsche, durch die Sonnenhitze und eine mit Sand beladene Luft liefen sie dem Ufer zu, aber dieses Ufer floh vor ihren Augen; es war die erhitzte Luft der Ebene, welche das Ansehen von Wasser hatte und welche das Spiegelbild des Himmels und aller erhabenen Gegenstände der Erde zeigte. Die Gelehrten, welche die Expedition begleiteten, waren ebenfalls, wie das ganze Heer, getäuscht; aber die Täuschung war von kurzer Dauer.

In dem englischen Reisewerke: „Scenes in Ethiopia drawn and described by J. M. Bernatz, London 1852“, finden sich ausgezeichnete bildliche Darstellungen dieses merkwürdigen Phänomens, welches auch im südlichen Theil von Abessinien häufig gesehen wird. Tab. XXXIV ist die Copie eines solchen Luftspiegels, welchen Bernatz im Thale Dullul beobachtete. Das ganze 3 bis 4 englische Meilen breite und 18 Meilen lange Thal erschien wie mit einem herrlichen See bedeckt, aus dessen Mitte eine Felseninsel hervorragte.

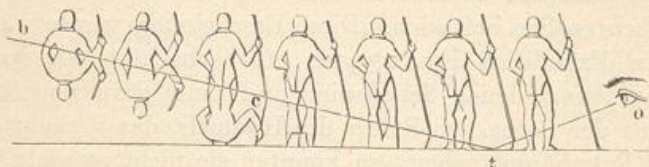
Karawanen, welche durch das Thal dahinziehen, sind durch den Luftspiegel ganz unsichtbar, und wenn sie sich dem Rande des scheinbaren Sees nähern, sieht es aus, als ob sie förmlich im Wasser wateten, indem der obere Theil der Körper der Thiere und Menschen über den Spiegel auftaucht, während der untere Theil noch unsichtbar bleibt.

Der Luftspiegel verschwand, wie Bernatz berichtet, wenn ein Wolkenschatten über denselben hinzog, und das ganze Thal sammt allen dasselbe umgebenden Bergen erschienen alsdann in ihrem natürlichen Zustande; sobald er aber vorüber war und die Sonne wieder schien, zeigte sich die Luftspiegelung wieder in voller Klarheit.

Bernatz machte ferner die interessante Beobachtung, dass der Luftspiegel steigt, wenn der Beobachter auf den Bergen, welche das Thal einschliessen, hinaufsteigend sich mehr und mehr über die Thalsohle erhebt, so dass endlich der ganze Felsen, welchen wir in der Mitte unseres Bildes sehen, vollkommen unter den Luftspiegel untertaucht und für das Auge verschwindet.

Biot und Mathieu haben bei Dünkirchen am Ufer des Meeres auf einer sandigen Ebene, welche sich bis zum Fort Risban erstreckt, ähnliche Erscheinungen beobachtet, und Biot hat eine vollständige Erklärung derselben gegeben. Er hat gezeigt, dass unter gewissen Umständen von einem Punkte o , Fig. 237, aus, in welchem sich der Beobachter befindet, man sich eine gebrochene Linie otb gezogen denken kann, so

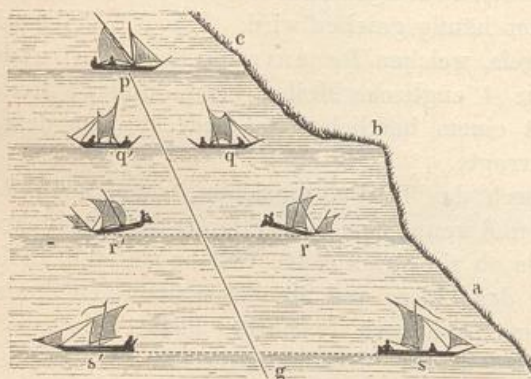
Fig. 237.



dass alle Gegenstände, welche sich unter derselben befinden, unsichtbar bleiben, während man von den Gegenständen, welche sich bis zu einer gewissen Höhe über derselben befinden, zwei Bilder sieht, ein directes über und ein verkehrtes unter dieser Linie. Ein Mensch also, welcher sich allmählich von dem Beobachter entfernt, wird der Reihe nach die verschiedenen in Fig. 237 dargestellten Erscheinungen geben.

Offenbar gehört hierher auch eine Erscheinung, welche man manchmal an Orten beobachtet, für welche der westliche Horizont frei ist und welche darin besteht, dass man die untergehende Sonne doppelt sieht,

Fig. 238.



d. h. dass man zwei in verticaler Richtung etwas abgeplattete Bilder der Sonne sieht, von welchen das eine gerade unter dem anderen liegt.

In allen bisher betrachteten Fällen waren die Bilder über oder unter dem Gegenstande selbst. Im September 1818 beobachteten Soret und Jurine auf dem Genfersee ein Luftbild, welches seit-

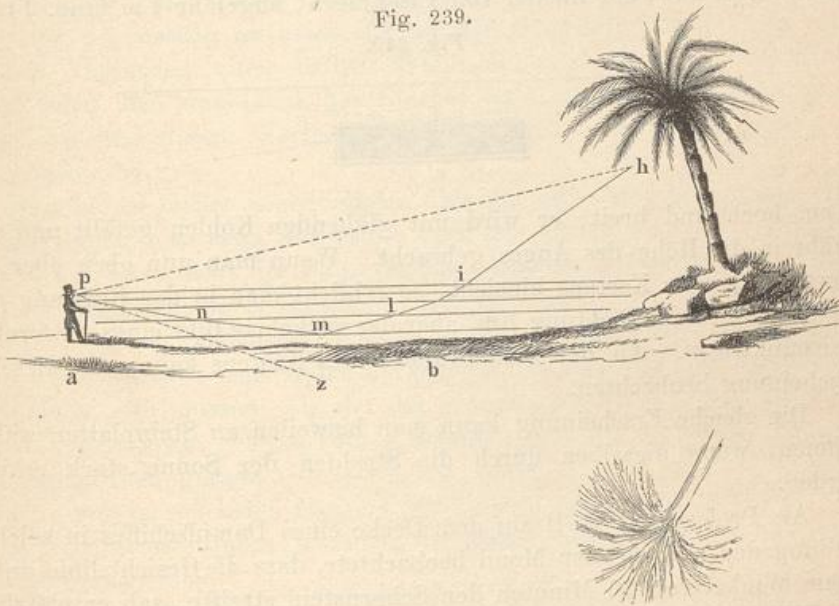
wärts vom Gegenstande lag; sie befanden sich am Ufer des Sees im zweiten Stocke von Jurine's Hause und sahen mit dem Fernrohre in der Richtung gp , Fig. 238, nach einem Schiffe, welches sich in einer Entfernung von zwei Meilen dem Vorgebirge Belle-Rive gegenüber befand und nach Genf segelte. Während das Schiff allmählich nach q , r und s kam, sahen sie ein deutliches Bild zur Seite in q' , r' , s' , welches sich wie das Schiff selber näherte, während die Entfernung des Schiffes und seines Bildes grösser wurde. Wenn die Sonne die Segel beleuchtete, war das Bild so hell, dass man es mit blossen Augen sehen konnte.

Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, dass die Luft über dem See am östlichen Ufer *abc* des Morgens noch einige Zeit im Schatten war, während sie weiter links schon durch die Sonne erwärmt wurde; so konnte die Trennungsfläche der warmen und kalten Luft bis zu einer geringen Höhe über dem Wasser vertical sein.

Folgendes ist die Erklärung, welche Monge von diesen Luftbildern gegeben und in den „Mémoires de l'Institut d'Egypte“ bekannt gemacht hat:

Bei starker Sonnenhitze und ruhiger Luft ist es möglich, dass die unteren Luftschichten, welche, von dem Boden erhitzt, eine geringere Dichtigkeit besitzen als die höheren kälteren, ruhig auf dem Boden ausgebreitet bleiben und nicht aufsteigen. Dies vorausgesetzt, sei *ab*, Fig. 239, der horizontale Boden, *h* irgend ein erhabener Punkt. Wir

Fig. 239.



wollen nun untersuchen, auf welche Weise das Licht von *h* in das Auge des in *p* befindlichen Beobachters gelangen kann. Zunächst ist klar, dass das Auge ein directes Bild des Punktes *h* in der Richtung *ph* sieht; die Strahlen werden zwar nicht in einer absolut geraden Linie von *h* nach *p* gelangen, weil die Luft nicht überall gleiche Dichtigkeit hat, sie werden aber doch nur eine unbedeutende Ablenkung erleiden, wodurch höchstens eine geringe Hebung oder Senkung des directen Bildes entstehen kann.

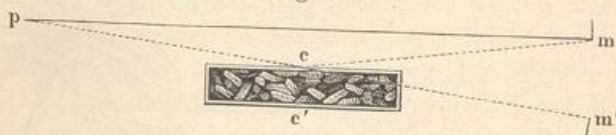
Unter den Strahlen, welche der Punkt *h* nach allen Richtungen aussendet, sind aber auch solche; welche den Weg *hilmnp* verfolgen und welche also, in der Richtung *pz* ins Auge gelangend, ein verkehrtes Bild des Gegenstandes geben. In der That wird der Strahl *hi*, wenn er auf

eine tiefere, weniger dichte Luftschicht trifft, so gebrochen werden, dass er sich vom verticalen Einfallslothe entfernt; ebenso wird er sich wieder vom Einfallslothe entfernen, wenn er auf die nächst tiefere, abermals weniger dichte Luftschicht trifft u. s. w. So wird denn die Richtung der Strahlen immer schräger, bis sie endlich aus der Schicht, in welcher sie sich befinden, nicht mehr in eine noch dünnere übergehen können; sie werden reflectirt und gelangen in der Richtung mnp in das Auge.

In unserer Figur ist der Weg der Strahlen als eine gebrochene Linie gezeichnet worden; da aber die Dichtigkeit der Luftschichten nach dem Boden hin allmählich abnimmt, so werden auch die Strahlen allmählich abgelenkt werden und eine krumme, nicht eine gebrochene Linie bilden.

Der folgende Versuch mag dienen, diese Erklärung zu erläutern, obgleich er nur eine schwache Nachahmung der Luftspiegelung ist. Es sei cc' , Fig. 240, ein Kasten von Eisenblech, ungefähr 1 m lang, 14 bis

Fig. 240.



18 cm hoch und breit; er wird mit glühenden Kohlen gefüllt und ungefähr in die Höhe des Auges gebracht. Wenn man nun oben über die obere Fläche des Kastens hinsieht, so erblickt man in der Richtung pm das directe, in der Richtung pm' aber das verkehrte Bild eines entfernten Visirpunktes m . An den Seitenwänden des Kastens kann man dieselbe Erscheinung beobachten.

Die gleiche Erscheinung kann man bisweilen an Steinplatten wahrnehmen, wenn dieselben durch die Strahlen der Sonne stark erhitzt werden.

Als Professor R. Ball auf dem Decke eines Dampfschiffes in solcher Stellung den aufgehenden Mond beobachtete, dass die Gesichtslinie unter einem Winkel von 20 Minuten den Schornstein streifte, sah er plötzlich das Licht des Gestirnes in solchem Glanze von der schwarzen Fläche reflectirt, dass es schwer hielt, nicht zu glauben, der Effect rühre von einem gewöhnlichen Spiegel her.

146 Das Funkeln der Sterne. Gewöhnlich erscheint uns das Licht der Fixsterne nicht ruhig sondern es scheint von Zeit zu Zeit, und zwar abwechselnd mit grüner, blauer oder rother Farbe aufzublitzeln. Diese beständige Veränderung im Lichte der Fixsterne ist es, welche man Funkeln oder auch Scintillation nennt.

Die mit blossem Auge sichtbaren Planeten zeichnen sich vor den Fixsternen durch ein sehr ruhiges Licht aus, sie zeigen das Phänomen des Funkelns entweder gar nicht oder doch weit schwächer.

Eine Erklärung dieses eigenthümlichen Phänomens, welches wesentlich dazu beiträgt, die Schönheit des gestirnten Himmels zu erhöhen, hat