



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

153. Erklärung der blauen Farbe des Himmels und des Abendrothes

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

Abendrothes ein Beweis dafür, dass die Atmosphäre vorzugsweise orange-farbenen und rothen Strahlen den Durchgang gestattet.

Erklärung der blauen Farbe des Himmels und des Abendrothes. Viele Physiker, und unter diesen besonders Brandes, suchen die blaue Farbe des Himmels und das Abendroth einfach durch die Annahme zu erklären, dass die Luft vorzugsweise die blauen Strahlen reflectire, dagegen aber die gelben und rothen vollständiger durchlasse als alle anderen.

Nach der Meinung von Forbes (Pogg. Ann. XLVI, 349; XLVII, 593) rührt aber wenigstens die Erscheinung des Abend- und Morgenrothes nicht sowohl von der Luft selbst, als vielmehr von dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfe her.

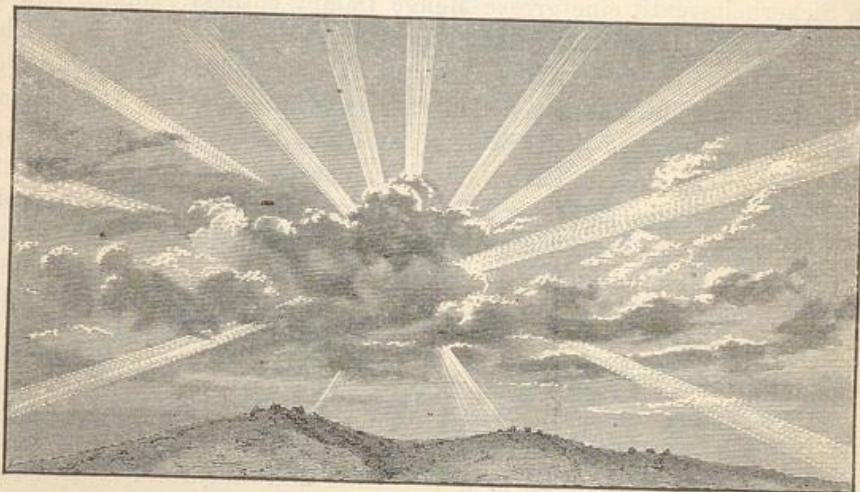
Eines Tages stand Forbes neben einem Dampfwagen, der durch sein Sicherheitsventil eine grosse Menge Dampf entliess; zufällig sah er durch die aufsteigende Dampfsäule nach der Sonne und war überrascht, sie sehr tief orangeroth gefärbt zu sehen. Später beobachtete er noch öfters dasselbe Phänomen und entdeckte eine wichtige Abänderung desselben. Nahe über dem Sicherheitsventile, zu welchem der Dampf herausblies, war dessen Farbe für durchgehendes Licht das erwähnte tiefe Orangeroth; in grösserer Entfernung jedoch, wo der Dampf vollständiger verdichtet war, hörte die Erscheinung gänzlich auf. Selbst bei mässiger Dicke war die Dampfwolke durchaus undurchdringlich für die Sonnenstrahlen, sie warf einen Schatten wie ein fester Körper; und wenn ihre Dicke gering war, so war sie zwar durchscheinend, aber durchaus farblos. Forbes meinte nun, die Orangefarbe des Dampfes gehöre einer besonderen Stufe der Verdichtung an, bei vollkommener Gasgestalt sei der Wasserdampf ganz durchsichtig und farblos, in jenem Uebergangszustande aber sei er durchsichtig und rauchroth. Vollständig zu Nebelbläschen verdichtet, ist die durch dieselben gebildete Wolke bei geringer Dicke durchscheinend und farblos, bei grosser Dicke vollkommen undurchsichtig.

Die Annahme eines solchen Uebergangszustandes ist, wie sich aus den im nächsten Paragraphen zu besprechenden Thatsachen ergibt, ganz überflüssig, indem der Wasserdampf in vollkommen gasförmigem Zustande stark absorbirend auf die violetten und blauen Strahlen des Spectrums wirkt und vorzugsweise nur die gelben und rothen Strahlen durchlässt. Das Abendroth erklärt sich dadurch, dass die Sonnenstrahlen einen weiten Weg durch die tieferen, reichlich mit Wasserdampf beladenen Luftschichten zu durchlaufen haben. Das Morgenroth ist durchschnittlich weniger feurig als das Abendroth, weil die Luft in den Morgenstunden meist weniger Wasserdampf enthält als in den Abendstunden. Ein lebhaft gefärbtes Morgenroth ist ein Beweis, dass der Wassergehalt der Luft für diese Tagesstunden ungewöhnlich gross, und deshalb meist ein Vorbote baldigen Regens ist.

Eine mit der Abendröthe häufig vorkommende Erscheinung sind die Dämmerungsstrahlen (rayons crépusculaires), Fig. 247, welche entstehen, wenn in der Luft schwebende Cumulus- oder Stratocumuluswolken durch Lücken unterbrochen sind und die Sonne, durch diese hindurchscheinend, einzelne Partien der Atmosphäre erleuchtet, während ihre Umgebung im Schatten bleibt. In Wirklichkeit sind die durch die Lücken einer Wolke hindurchdringenden Lichtstreifen unter sich parallel und die Querschnitte jedes einzelnen Strahles sind überall von gleicher Form und Grösse; dass sie conisch und fächerförmig divergirend erscheinen, ist lediglich eine Wirkung der Perspective.

Wenn die Dämmerungsstrahlen bei noch ziemlich hoch stehender Sonne vorzugsweise nach unten gerichtet erscheinen und eine blassgelbliche Färbung zeigen, so pflegt man zu sagen, die Sonne ziehe Wasser.

Fig. 247.



Ein solcher Zustand des Abendhimmels ist ein ziemlich sicheres Zeichen bald eintretenden Regens.

Bei heiterem Wetter sind die Dämmerungsstrahlen oft selbst nach Untergang der Sonne noch sichtbar, und sehr schön zeigt sich diese Erscheinung namentlich in den Tropenländern. Nach einer Mittheilung von Dr. Ernst in Carácas bemerkt man daselbst an klaren Abenden am westlichen Horizonte nach Sonnenuntergang drei bis vier deutlich begrenzte rothe Strahlenbüschel, welche durch blaue Intervalle getrennt erscheinen und gegen die bereits unter dem Horizonte befindliche Sonne convergiren. Die rothen Strahlen erheben sich nicht selten bis zu 60° über den Horizont und bleiben oft eine halbe Stunde lang sichtbar. Die Erscheinung ist dieselbe, welche in Ceylon und vielleicht auch in anderen Gegenden Ostindiens unter dem Namen Buddha's rays bekannt ist. Sie ist offenbar durch Wolken bedingt, welche noch unter dem Horizonte liegen.

Clausius suchte die blaue Färbung des wolkenfreien Himmels auf Wasserbläschen zurückzuführen und zu beweisen (Pogg. Ann. LXXVI), dass die atmosphärische Reflexion weder von feinen, undurchsichtigen, in der Luft schwebenden fremden Partikelchen, noch von massiven Wasserkugeln herrühren könne, sondern dass dieselbe von den zarten, in der Luft schwebenden Wasserbläschen abzuleiten sei.

Diese Wasserbläschen verhalten sich nun ganz wie mikroskopische Seifenbläschen; sie werden eine von der Dicke der dünnen Wasserhülle abhängige Farbe reflectiren; bei der geringsten Dicke, bei welcher eine dünne Schicht überhaupt eine Färbung wahrnehmen lässt, zeigt sich das Blau erster Ordnung. Wenn demnach in der Luft nur solche Wasserbläschen schweben, deren Hülle die Dicke nicht überschreitet, welche das Blau erster Ordnung liefert, so müssen sie nach der Ansicht von Clausius den Himmel mit dem Blau erster Ordnung überziehen.

Wenn die Luft feuchter wird, so werden die schon vorhandenen Bläschen an Dicke zunehmen, zugleich aber bilden sich von Neuem die feinen Bläschen, so dass dann von einer bestimmten Grenze der Dicke bis zu den feinsten herab Wasserbläschen von allen Zwischenstufen gleichzeitig in der Luft schweben; es kann deshalb auch der Himmel nicht etwa die Farbe irgend einer dickeren Schicht annehmen, sondern das Zusammenwirken aller weiteren Farben, welche die einzelnen Bläschen etwa noch liefern mögen, kann zusammen nur eine weissliche Farbe hervorbringen, welche das reine Blau des Himmels um so mehr bleicht, je mehr dickere Bläschen den feineren beigemischt sind.

Schon Newton hatte die Ansicht ausgesprochen, dass das Blau des Himmels das Blau erster Ordnung sei, ohne jedoch diese Ansicht weiter auszuführen oder zu begründen, wie dies von Clausius geschehen ist. Wenn man aber mit Aufmerksamkeit die Farben der Newton'schen Ringe betrachtet, so wird man gestehen müssen, dass in der ganzen ersten Ordnung kein Blau vorkommt, welches sich auch nur entfernt mit dem prachtvollen Blau des Himmels vergleichen liesse. Das Blau erster Ordnung ist ein nur wenig ins Blaue spielendes Weiss; das Schwarz des centralen Fleckes geht durch ein bläuliches Grau in bläuliches Weiss und dieses in Gelblichweiss über. Von dieser Seite also scheint die Theorie von Clausius wohl einer Ergänzung zu bedürfen, um mit den vorliegenden Thatsachen in Uebereinstimmung gebracht zu werden; zu einer solchen Uebereinstimmung könnte man aber auf folgendem Wege gelangen.

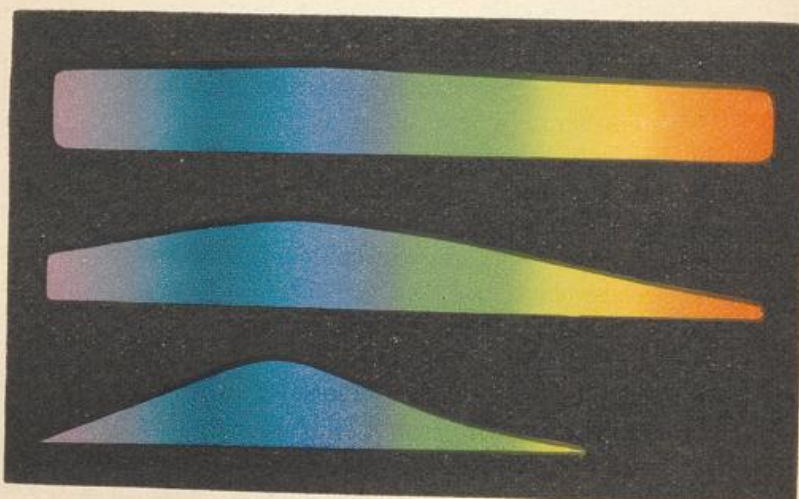
Der oberste Streifen in Fig. 248 (a. f. S.) zeigt nach der in dem Lehrbuche der Physik näher erörterten Weise, wie das Blau erster Ordnung zusammengesetzt ist. Während das Blau vollständig reflectirt wird, bleibt von dem zum reinen Weiss gehörigen Violett noch 0,96, von dem zum reinen Weiss gehörigen Roth noch 0,83 übrig. Man sieht nun leicht ein, dass in dem Blau erster Ordnung von allen Farben des Spec-

trums noch so viel übrig bleibt, dass ein entschiedenes Vorherrschen von Blau unmöglich ist.

Wenn aber das Blau erster Ordnung, welches von einem ersten Wasserbläschen reflectirt wird, auf ein zweites fällt, so wiederholt sich derselbe Vorgang. Bezeichnen wir die Intensität des von dem zweiten Wasserbläschen reflectirten Blau mit 1, so ist die Intensität des vom zweiten Bläschen reflectirten Violett nur noch $0,96^2$ und des vom zweiten Bläschen reflectirten Roth nur noch $0,83^2$.

So wird denn bei jeder folgenden Reflexion von einem solchen feinen Wasserbläschen der Antheil aller übrigen Farben, welche das Vorherrschen des Blau abschwächen können, mehr und mehr verringert. Bezeichnen wir die Intensität des Blau nach zehnmaliger Reflexion (d. h. nachdem die Lichtstrahlen der Reihe nach von zehn Wasserbläschen

Fig. 248.



reflectirt worden sind, deren jedes für sich im weissen Lichte Blau der ersten Ordnung zeigt) mit 1, so ist die Intensität des Violett nach zehnmaliger Reflexion nur noch $0,96^{10} = 0,66$ und die des Roth nur noch $0,83^{10} = 0,15$.

Der mittlere Streifen in Fig. 248 zeigt die Zusammensetzung der Farbe, welche von dem ursprünglich weissen Lichte bleibt, nachdem es der Reihe nach von zehn Bläschen reflectirt worden ist, von welchen jedes für sich allein im weissen Lichte das Blau erster Ordnung zeigt. In gleichem Sinne stellt der unterste Streifen in Fig. 248 das Blau erster Ordnung nach 100maliger Reflexion dar.

Man sieht nun leicht, wie durch wiederholte Reflexion des Lichtes auf dünnen Wasserbläschen, von denen jedes einzelne nur ein ganz blasses, weissliches Blau liefern würde, eine sehr intensive blaue Färbung entstehen kann, und somit dürfte wohl das Blau des Himmels, wenn

auch kein einfaches, doch ein gewissermaassen potenziertes Blau erster Ordnung sein.

Atmosphärische Linien. Schon in §. 137 ist von atmosphä- 154
rischen Linien die Rede gewesen, welche sich im Sonnenspectrum zeigen. Es treten nämlich bei niedrigem Stande der Sonne im Sonnenspectrum dunkle Linien und Bänder auf, welche zur Mittagszeit gar nicht oder doch nur schwach sichtbar sind. Diese Linien rühren von einer Lichtabsorption in der Atmosphäre her und werden grossentheils durch die Gegenwart des Wasserdampfes in der Luft bedingt.

Man kann diese Linien am einfachsten beobachten, wenn man mit einem geradlinigen Spectroskop nach dem durch die untergehende Sonne gerötheten Himmel schaut. Man sieht dann, wie das Spectrum Nr. 2 auf Tab. 10 zeigt, in dem weniger brechbaren Theile des Spectrums dunkle Bänder, von welchen bei höherem Stande der Sonne nichts wahrzunehmen ist, und von denen besonders zwei auffallen, welche in einem hellen gelben Streifen getrennt erscheinen und von denen das eine mit δ bezeichnet ist. Fig. 249 (a. f. S.) ist eine verkleinerte Copie der sorgfältig ausgeführten Abbildung, welche Angström in dem Atlas zu seinen „Recherches sur le spectre solair“ (Upsala 1868) von den atmosphärischen Linien gegeben hat. Das von δ zunächst nach dem Roth hin liegende dunkle Band deckt die Fraunhofer'sche Linie *D*. Selbst wenn die Sonne noch etwas höher steht, so dass die dunklen Bänder bei *D* und δ noch nicht merklich vortreten, erscheint doch schon der Zwischenraum zwischen ihnen als ein heller gelber Streif auf etwas dunklerem Grunde.

Der Erste, welcher die Veränderlichkeit der sogenannten atmosphärischen oder tellurischen Linien beobachtete, war Zantedeschi. Nach ihm haben sich zunächst Brewster und Gladstone mit dem Studium derselben beschäftigt und eine Zeichnung derselben veröffentlicht (Phil. Trans. 1860, T. 150). Die beste Abbildung derselben ist ohne Zweifel die bereits erwähnte Angström'sche, deren Copie in Fig. 249 gegeben ist.

Janssen fand im Jahre 1864, dass die atmosphärischen Linien auf dem Gipfel des Faulhorn (2683 m Meereshöhe) weit weniger intensiv erscheinen als in der Ebene. Bei Genf liess Janssen des Nachts einen Scheiterhaufen von Tannenholz anzünden, und beobachtete die Flammen aus einer Entfernung von 21000 m durch ein Spectroskop. Das so beobachtete Spectrum zeigte dieselben atmosphärischen Absorptionsstreifen, wie das Spectrum der untergehenden Sonne, während eine solche Flamme, in der Nähe beobachtet, ein continuirliches Spectrum liefert. Aehnliche Beobachtungen stellte auch Secchi in Rom an.

Dass die atmosphärischen Linien zum grossen Theil wenigstens vom Wasserdampf in der Luft herrühren, hat Janssen dadurch bestätigt, dass er das Licht von 16 combinirten Gasflammen durch eine 37 m lange,