

Die blaue Farbe des Himmels.

Von

Dr. J. M. Pernter.

Vortrag, gehalten den 15. Jänner 1890.

Es ist eine der lieblichsten, das Gemüth des Menschen am meisten ansprechenden Naturerscheinungen, deren Erklärung uns heute beschäftigen soll; ich wollte eben auch beifügen, eine der gewöhnlichsten und alltäglichen Erscheinungen, wenn mir nicht sogleich eingefallen wäre, dass ich dadurch Ihren Widerspruch hervorrufen könnte, indem Sie mir — theilweise mit Recht — entgegenhalten könnten, dass die Thatsachen vielmehr beweisen, dass es bei uns eine der seltensten Erscheinungen sei, da wir ja doch seit zwei Monaten und darüber kaum einigemal mehr in der Lage waren, den blauen Himmel zu sehen. Trotzdem bin ich aber überzeugt, dass Sie mir zugeben werden, der blaue Himmel sei Ihnen Allen von Kindheit auf eine so geläufige Erscheinung, dass Sie über der Gewöhnlichkeit derselben, wie das schon zu gehen pflegt, vielleicht vergessen haben sich zu fragen, warum der Himmel gerade blau und nicht anders gefärbt erscheine. Ich hoffe daher mir Ihre Zufriedenheit zu erwerben, wenn ich heute versuche, Ihnen Antwort auf die Frage zu geben: Warum ist der Himmel blau?

Sie dürfen aber nicht glauben, dass es eine so einfache Sache sei, diese Frage zu beantworten. Man

sollte zwar meinen, dass eine Erscheinung, welche sich der Beobachtung so unausgesetzt darbietet, von den Naturforschern längst erklärt sein müsse. Doch ist dem nicht alleweg so. Gerade die gewöhnlichsten Erscheinungen harren vielfach heute noch ihrer Erklärung, wie z. B. die Gewitter, die Nordlichter, das Zodiacallicht, die Entstehung der Stürme, die Bildung des Hagels sowie viele, viele andere, unter denen vielleicht auch die blaue Farbe des Himmels. Es ist den Naturforschern gelungen, die Gesetze der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität zu erkennen, und die Großartigkeit der Entdeckungen auf diesen Gebieten findet nur in der Großartigkeit der practischen Anwendungen derselben ihresgleichen. Man darf sich aber von diesen Erfolgen nicht blenden lassen, denn es bleibt der Naturforschung noch sehr vieles zu thun übrig, vielleicht das für sie wichtigste: die Erklärung gar vieler Naturerscheinungen, so wie sie in Wirklichkeit, in der Natur selbst, uns entgegentreten. Sie werden es auffallend finden, dass dies noch nicht geschehen ist; die Schwierigkeit liegt aber in den verwickelten Vorgängen, denen diese Erscheinungen zu verdanken sind und welche es verhindern, dass man die erkannten Gesetze der sogenannten Naturkräfte — in unserem Falle des Lichtes — ohne weiteres zur Erklärung derselben anwenden kann. Es kostet neue und andauernde Untersuchungen, um jene verwickelten Vorgänge in den Erscheinungen zu erkennen und dieselben auf die erkannten Gesetze zurückzuführen, wodurch die Er-

scheinungen dann erst erklärt sind. Sie werden den Schwierigkeiten einer solchen Erklärung gerecht werden, wenn Sie mit mir die Versuche erwägen, die zur Erklärung der blauen Farbe des Himmels vorliegen.

Halten wir uns zunächst die Thatfachen vor Augen. An schönen, wolkenlosen Tagen erscheint uns der Himmel blau. Dieses Blau ist, je nach der Beschaffenheit der Atmosphäre, mannigfaltigen Abstufungen unterworfen; je reiner die Luft, desto tieferes Blau tritt uns entgegen, sobald aber die Luft stärker mit Staub, mit Dunst, mit Wassertröpfchen erfüllt ist, wird das Blau immer weißlicher, bis es bei bedecktem Himmel, selbst wenn die Wolkenschleier noch so dünn sind, in Weiss übergeht. Est ist auch bekannt, dass die blaue Farbe in der Nähe des Zenithes lebhafter blau erscheint, und dass bei hohem Sonnenstand der Horizont weisslich, zuweilen glänzend weiss ist. Desgleichen scheinen die Beobachtungen sicher gestellt zu haben, dass das Himmelsblau in südlichen, wärmeren Gegenden gesättigter, dunkler ist, als in kälteren, nördlichen, dass auf hohen Bergen der Himmel gleichfalls an dunkler Bläue gewinnt, sowie dass im allgemeinen im Innern der Contiente der Himmel blauer ist als an den Küsten. Alle diese Eigenschaften müssen in einer Theorie der blauen Farbe des Himmels ihre Erklärung finden, so sie Anspruch auf Wahrheit machen will.

Der älteste Versuch einer Erklärung des Himmelsblau rührt, wie es scheint, von Leonardo da

Vinci her. Er stellte den Satz auf: Hell vor dem Dunkel erscheint blau und zwar um so schöner, je größer der Unterschied des Hellen und Dunkeln ist.¹⁾ Diesen Satz wendet er auf die Luft an: Das Blau der Luft entsteht durch die Dicke des erleuchteten Luftkörpers, welcher zwischen der Erde und der oben befindlichen Finsternis sich befindet. Die Luft an sich hat keine Farbe; sie wird um so schöner blau erscheinen, je größer die hinter ihr befindliche Dunkelheit ist; daher sieht man auch die dunkeln Berge in großer Distanz bläulich, die beleuchteten mehr in ihrer eigenen Farbe.²⁾

Wer denkt da nicht gleich an Goethes Satz: „Zur Erzeugung der Farbe wird Licht und Finsternis, Helles und Dunkels, oder wenn man sich einer allgemeinen Formel bedienen will, Licht und Nichtlicht gefordert. Zunächst am Lichte entsteht uns eine Farbe, die wir gelb nennen, eine andere zunächst an der Finsternis, die wir mit dem Worte Blau bezeichnen.“³⁾ Wenn es aber auch zweifellos ist, dass Goethe auf Leonardo da Vincis Anschauung zurückgegriffen, so ist doch seine allgemeine Auffassung von der Entstehung der Farben, — das physikalisch Unrichtigste, was über Farben je geschrieben wurde, — seinem großen Vorgänger nicht zu imputieren. Goethe

1) Trattato della pittura CXIII.

2) Ebenda CLI.

3) Entwurf einer Farbenlehre, didaktischer Theil, Einleitung.

hat übrigens Leonardo da Vincis Auffassung in eigener Weise ausgebildet. Er stellt zur Erklärung der natürlichen Farbenerscheinungen, besonders der Farben der Atmosphäre, die Erscheinungen in trüben Medien an die Spitze. Die zweifellos feststehende Thatsache, die Goethe auf seine Weise interpretiert, ist folgende: Wird durch ein trübes Medium ein heller Gegenstand betrachtet, so erscheint er gelb bis roth, wird aber durch dasselbe ein dunkler Gegenstand betrachtet, so erscheint eine blaue Farbe. Wir werden sehen, dass diese Thatsache in Wirklichkeit zur Erklärung der blauen Farbe des Himmels dient. Goethe erklärt aber letztere, indem er die Luft zwar ganz richtig als trübes Medium auffasst, aber nach seinem oben gegebenen Principe, ganz in der Art von Leonardo da Vinci vorgeht; er sagt: Wird die Finsternis des unendlichen Raumes durch atmosphärische vom Tageslicht erleuchtete Dünste hindurch angesehen, so erscheint die blaue Farbe. Auf hohen Gebirgen sieht man am Tage den Himmel königsblau, weil nur wenig feine Dünste vor dem unendlichen finstern Raum schweben; sobald man in die Thäler herabsteigt, wird das Blau heller, bis es endlich in gewissen Regionen und bei zunehmenden Dünsten ganz in ein Weißblau übergeht.¹⁾ Auch über die blauen Berge äußert er sich ganz wie Leonardo da Vinci.

Es scheint nun wohl zweifellos, dass eine so ent-

¹⁾ Entwurf einer Farbenlehre, didaktischer Theil 155, 156.

standene Farbe rein subjectiv sein müsste und somit nur etwa als Contrastwirkung eines schwachen Lichtes gegenüber dem dunkeln Himmelsraume aufzufassen wäre. Denn das uns von der erleuchteten Luft zugesendete Licht soll ja nach Goethes und da Vincis Ansicht weiß sein, nur der dunkle Hintergrund macht es blau. Wieso kommt es dann aber, dass die Beleuchtung der Gegenstände vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang, die nur vom blauen Himmel Licht empfangen, bläuliche Tinten aufweist, wie der große Meister Leonardo da Vinci sehr richtig lehrt? Wie wäre es dann zu erklären, dass, wie Goethe richtig beobachtete, „sich der blaue Himmel in der Camera obscura ganz deutlich auf dem weißen Papiere neben jeder anderen körperlichen Farbe zeigt?“ (a. a. O. 152). Vom dunkeln Raum gehen ja gewiss keine Strahlen aus; wenn daher die von der erleuchteten Luft kommenden Strahlen weiß sind, so können sie doch unmöglich die Gegenstände bläulich färben oder in der Camera obscura ein Blau erzeugen. Dies scheint in der That ganz ausgeschlossen.

Es hat aber Muncke¹⁾ versucht, in anderer Weise die Ansicht, dass die blaue Farbe des Himmels nur subjectiv sei, zu begründen. Er will das Blau des Himmels auf gleiche Weise entstanden wissen, wie die blauen Schatten. Er glaubt das Himmelsblau durch

¹⁾ Gehlers Physikalisches Wörterbuch, 1825, Artikel: Atmosphäre der Erde, p. 504.

folgende Beobachtung erklären zu können: „Wenn im Winter bei niedrigstehender Sonne der Schatten der Bäume auf den Schnee fällt, so nimmt er die ganz eigenthümliche und sehr leicht kénntliche himmelblaue Farbe an. Das wenige vom beschatteten Schnee reflectierte Licht erzeugt, im Gegensatze des stärkeren, vom beleuchteten Schnee reflectierten, diese Farbe vom hellsten bis zum tiefsten Himmelsblau.“ Abgesehen davon, dass die Beobachtung des tiefen und tiefsten Himmelblaus unter diesen Verhältnissen zweifelhaft ist, geht diese Erklärung offenbar darauf hinaus, dass das vom Himmel reflectierte Licht so schwach sei, dass es uns, wie jedes sehr schwache Licht, den Eindruck des Blau macht.

Diesen Gedanken hat Nichols¹⁾ zur Erklärung des Himmelsblau mit viel Aufwand von Geist und Wissen verwendet. Er erklärt dasselbe ebenfalls als rein subjective Farbe. Jedes sehr schwache Licht erscheint uns Blau. Die Erklärung dieser Thatsache liegt in der Einrichtung unseres Auges, welches bekanntlich für drei verschiedene Farben: roth, grün und violett empfindliche Nervenfasern besitzt. Alle drei Fasern werden im allgemeinen von jeder Lichtart angeregt, aber verschieden stark, und die Farbe, die wir sehen, ist die resultierende Wirkung dieser Anregungen. Es sind aber selbst bei weißem Lichte diese verschiedenen

¹⁾ Philosophical Magazine, 5. Serie, vol. VIII, p. 425. — Zeitschrift für Meteorologie, 1880, p. 102.

Nervenfasern verschieden empfindlich. Speciell die „violetten Fasern“ sind für schwaches Licht sehr empfindlich, während die rothen und grünen dagegen fast ganz unempfindlich bleiben. Je schwächer daher das vom Himmel reflectierte Licht, desto blauer wird es erscheinen. Diese Erklärungen basieren also auf der Schwäche des vom Himmel reflectierten Lichtes. Sie halten aber von dieser Seite nicht Stand. Sie werden selbst schon wiederholt bemerkt haben, dass dieses Himmelslicht nicht so schwach ist. An einem schönen Sommertage nach Sonnenuntergang erhalten wir nur reflectirtes Himmelslicht. Wir sehen aber den Himmel noch immer, selbst auf der Ostseite, sehr hell; er leuchtet uns daselbst noch lange, um selbst die kleinste Schrift zu lesen und jede beliebige Arbeit zu thun, dennoch erscheint er uns schön blau. Ferner ist es Ihnen gewiss nicht entgangen, dass an schönen klaren Tagen der Himmel bis nahe an die Sonne blau erscheint, obwohl sein Glanz selbst bei abgeblendeter Sonne schwer zu ertragen ist. Dies beweist zweifellos, dass jede Erklärung, welche das Blau des Himmels auf die Schwäche des von demselben reflectierten Lichtes zurückzuführen sucht, unvorsichtig ist. Überdies ist es aber den Beobachtungen widersprechend, ein so schönes, glänzendes Blau, wie es das Himmelsblau in seiner vollen Entwicklung ist, auf die Schwäche des Lichteindruckes zurückzuführen. Sehr schwaches weißes Licht gibt allerdings den Eindruck eines Blau, aber nie-

mals ein so strahlendes schönes Blau wie der klare Himmel.

Ein entscheidender Versuch wurde hierüber von Pickering¹⁾ gemacht. Er verglich, in einem Photometer mit weißem Papier, das Himmelslicht mit directem geschwächtem Sonnenlicht. Das Bild des Himmels wurde direct in einem Spiegel angesehen. Er musste nun das beim Sonnenlichte eingeschaltete Polarimeter so lange drehen, bis gleiche Helligkeit beider, des Himmels und des vom geschwächten Sonnenlichte beleuchteten Papiere, vorhanden war. Dann fand er das Bild des Himmels entschieden blauer, so lange er auf weißem Papier das geschwächte Sonnenlicht beobachtete. Er nahm dann bläuliches Papier — das Himmelsbild blieb immer noch mehr blau als das gleich helle Licht der Sonne auf bläulichem Papiere. Erst als er entschieden himmelblaues Papier anwandte, gelang es ihm, bei gleicher Helligkeit des vom geschwächten Sonnenlichte erleuchteten Papiere auch gleiche Farbe mit dem Spiegelbilde des Himmels zu erreichen. Dies beweist, dass allein die Schwächung des Sonnenlichtes bis zur Schwäche des zerstreuten Himmelslichtes nicht hinreicht, das reflectierte Sonnenlicht blau erscheinen zu lassen, dass also auch das reflectierte Himmelslicht nicht wegen seiner geringen Helligkeit blau erscheint, sondern weil der Himmel in Wirklichkeit blaues Licht reflectiert.

¹⁾ Zeitschrift für Meteorologie, Bd. 20, 1885, p. 514.
Verein nat. Kennt. XXX. Bd.

Wir haben somit alle Versuche, das Himmelsblau als eine subjective Farbe zu bezeichnen, als gescheitert anzusehen.

Von jenen Erklärungsversuchen, welche das Himmelsblau als objective Farbe anerkennen, tritt uns zunächst derjenige entgegen, welcher der einfachste zu sein scheint. Es liegt in der That sehr nahe, schlechtweg anzunehmen, dass uns die Luft deshalb blau erscheine, weil sie eben selbst blau ist, wie uns ein blaues Glas deshalb blau erscheint, weil es blau ist, d. h. nur blaue Strahlen durchlässt und auch weit im Überschusse blaue Farben reflectiert. Diese Ansicht vertrat der große Physiker Euler¹⁾ und mit ihm viele andere. In neuester Zeit hat Chapuis²⁾ dieselbe wieder etwas modificiert auferweckt. Chapuis lässt das Ozon blau sein und hat durch directe Versuche nachgewiesen, dass Ozon blau ist, sobald man es in großen Schichten anwendet.

Doch diese Erklärung scheint ganz unhaltbar zu sein. Wir kennen ja die farbigen und durchsichtigen Körper sehr gut und wissen, dass sie die gleiche Farbe zeigen im durchdringenden wie im reflectierten Lichte. Es scheint daher ganz undenkbar, dass uns die Sonne, direct durch die ganze Atmosphäre hindurch gesehen, nicht auch blau erscheinen müsste, wenn die Atmosphäre in der That in dem Sinne blau wäre, wie ein

1) Gehlers Physikalisches Wörterbuch, Bd. I, p. 502.

2) Comptes rendus, 1880, Bd. 95, p. 522.

blaues Glas, wenigstens bei niedrigem Sonnenstande, wo das Licht der Sonne eine so ungeheure Strecke durch die Luft zurücklegt. Und wenn man das Sonnenlicht für zu intensiv hält als dass es so stark absorbiert werden könnte, um blau zu erscheinen, so müssten doch Mond und Sterne entschieden blau oder bläulich erscheinen.

Man kann auch ohne weiters zugeben, dass Ozon in großen Schichten blau erscheine; Ozon ist aber jedenfalls sehr wenig in der Atmosphäre, gewiss viel zu wenig, um die schöne blaue Farbe des Himmels damit zu erklären.

Lallemand¹⁾ und Hartley²⁾ meinen nun, dass die Luft in dem Sinne blau sein könne, weil sie die ultravioletten Strahlen absorbiere und in blaue umgewandelt wieder aussende, d. h. weil die Luft ein blau fluorescierender Körper sei. Da aber alle Bestandtheile der Luft bekannt sind und keiner derselben sich als fluorescierender Körper erwiesen hat, so ist diese Ansicht kaum mehr als eine willkürliche Behauptung ohne thatsächlichen Untergrund.

Es ist somit auch darin nicht die Erklärung des Himmelsblau zu suchen, dass die Luft eben selbst blau ist.

Somit erübrigt nur mehr eines: Die Luft reflectiert blaues Licht und lässt das rothe durch, oder ge-

¹⁾ Compt. rend., 75. Bd., 1872, p. 709.

²⁾ „Nature“, 1889, Bd. 39, p. 474.

nauer gesagt, die Luft oder in derselben befindliche Theilchen reflectieren die stark brechbaren kurzwelligen Strahlen und lassen die weniger brechbaren langwelligen Strahlen durch. Dies beweist die Beobachtung. Das reflectierte Himmelslicht erscheint uns blau, die Sonne gelblich und bei niedrigem Sonnenstand, wenn ihre Strahlen große Strecken in der Atmosphäre zurücklegen müssen, um zu uns zu gelangen, sogar roth.

Doch nehmen Sie diesen Satz gewiss nicht als eine Erklärung hin, er ist ja auch nur der Ausdruck für die Thatsache, die wir zu erklären haben, und besagt eigentlich nichts anderes, als dass der Himmel blau ist. Es erneuert sich somit die Frage in folgender Form: Warum reflectiert die Luft die blauen Strahlen und lässt die rothen durch?

Die erste Antwort auf diese Frage hat Newton¹⁾ gegeben. Seine Erklärung ist folgende: Die Wasserdämpfe bilden bei Beginn der Condensation kleine Partikelchen. Diese nun reflectieren Licht von ihrer Oberfläche und an der entgegengesetzten Innenwand, gerade so wie größere Wassertropfen in Wolken oder beim Regen — wie Ihnen ja allen von der Erklärung des Regenbogens her bekannt ist. Das aussen und innen reflectierte Licht kommt aber zur Interferenz und muss nun infolge der letzteren, falls die in der Luft schwebenden und vertheilten Wassertröpfchen

1) *Optic.* I. II, prop. 5 und 7.

sehr klein sind, nothwendig blau sein. Es wäre somit das Himmelsblau eine Interferenzfarbe und zwar das sogenannte Blau erster Ordnung. Damit Sie dies leichter verstehen, erinnere ich Sie an das Newton'sche Farbenglas. Sie wissen, dass dasselbe aus einer ebenen Glasplatte besteht, auf welcher eine sehr wenig gekrümmte Linse aufliegt, so dass also von der Mitte aus, wo die Linse auf der Glasplatte aufruht, nach den Rändern zu eine sehr dünne, aber nach aussen doch an Dicke zunehmende Luftschichte sich befindet. Lässt man weißes Licht auf dieses Newton'sche Farbenglas fallen und betrachtet das von demselben reflectierte Licht, so sieht man farbige Ringe. Die Farben dieser Ringe entstehen durch Interferenz des an der oberen und unteren Grenzfläche der eingeschlossenen Luftschichte reflectierten Lichtes, und zwar ist die Farbe an der Stelle, wo die Luftschichte am dünnsten ist (um den Mittelpunkt herum) blau. Auf die gleiche Weise, glaubte Newton, würde durch die Interferenz der aussen und innen in den kleinsten Wassertröpfchen reflectierten Strahlen das Himmelsblau erzeugt.

Es steht nun allerdings nicht mit Sicherheit fest, ob sich Newton die kleinsten Wasserpartikelchen als Tröpfchen dachte, und ob er sich dieselben in der That klein genug vorstellte, wie es obige Erklärung erheischt. Doch ist nicht zu bezweifeln, dass er die blaue Farbe des Himmels als Interferenzfarbe auffasste und zwar als Blau erster Ordnung.

Newtons Auffassung wurde von den meisten Phy-

sichern acceptiert. Die stärkste Stütze erhielt sie später durch Clausius. Nachdem Clausius vorerst den Beweis zu erbringen versucht hatte,¹⁾ dass das in der Atmosphäre schwebende Wasser nicht als Tröpfchen, sondern als Bläschen mit hohlem luftgefülltem Raume vorhanden sein müsse, führte er nach der damals schon zweifellos feststehenden Wellentheorie die Rechnung, aus welcher sich ergab, dass, wenn die Wanddicke dieser Wasserbläschen nur etwa 0·0001 Millimeter (etwa ein Viertel der Wellenlänge des violetten Lichtes) beträgt, das von diesen Bläschen reflectierte Licht nothwendig blau erscheinen müsse, und dass dieses Blau das auch von Newton angenommene Blau erster Ordnung sei. Er findet, dass dieses Blau immer dunkler werden müsse, je dünner die Wanddicke der Bläschen wird.²⁾

Clausius Ansicht über die Wasserbläschen und die blaue Farbe des Himmels fand weiteste Verbreitung und Annahme, und selbst heute noch findet man sie vielfach vertreten. Doch ist dieselbe, in wie weit sie sich auf die Bläschenform des in der Atmosphäre schwebenden Wassers bezieht, gänzlich unhaltbar geworden. Es ist in neuer und neuester Zeit durch viele directe Beobachtungen sowohl als auch mannigfach auf indirecte Weise zweifellos nachgewiesen worden, dass das in der Atmosphäre schwebende Wasser nur in Gestalt von Tröpfchen vorkomme. Will man also die

¹⁾ Poggendorff, Annalen, 76. Bd., p. 161.

²⁾ Ebenda p. 188.

blaue Farbe des Himmels als Interferenzfarbe des von einem Wasserpartikelchen reflectierten Lichtes erklären, so muss man jedenfalls Wassertröpfchen annehmen. Wir werden gleich sehen, dass diese Wassertröpfchen dann aber so klein angenommen werden müssten, dass dadurch diese ganze Erklärungsweise hinfällig wird.

Brücke¹⁾ hat in einer berühmten Untersuchung über die Farben trüber Medien nachgewiesen, dass die Größe der trübenden Elemente sehr wesentlich in Betracht kommt. Ein trübes Medium nennen wir eine Substanz, in welcher Theilchen einer anderen verschieden dichten Substanz und von verschiedenem Brechungsvermögen vertheilt sind, wobei die letzteren so klein sein müssen, dass sie nicht gesehen werden können, sondern nur die Durchsichtigkeit des ganzen Gemenges schwächen. In diesem Sinne ist natürlich auch die Luft ein trübes Medium, da sich in derselben immer heterogene Theilchen befinden, jedenfalls jederzeit äusserst kleine Wassertröpfchen. Die trüben Medien erscheinen nun im durchgehenden Lichte gelb bis roth, während das seitlich reflectierte bläulich ist. Brücke weist nun darauf hin, dass seine Untersuchungen feststellen, dass, nur wenn die trübenden Theilchen so klein werden, dass sie durch keine Vergrößerung durch das Mikroskop mehr erkennbar sind, die Farben der trüben Medien in voller Reinheit und Schönheit

¹⁾ Poggendorff, Annalen, 88. Bd., 1853, p. 382.

auftreten, während bei größeren Theilchen der Farbenunterschied im durchgelassenen und auffallenden Lichte immer geringer wird, und dass die Lichtzerstreuung mit der Kleinheit der Theilchen eine Verminderung erfahre. Brücke folgert daraus: „Die beschriebenen That- sachen sprechen, wie ich glaube, klar und deutlich aus, dass man aus den optischen Eigenschaften der Atmosphäre in Rücksicht auf die Theilchen, von welchen die Himmelsbläue und die Morgen- und Abendröthe her- rühren, vor der Hand keinen anderen Schluss machen könne, als dass sie sehr klein und im allgemeinen mit einer gewissen Gleichförmigkeit in der Atmosphäre vertheilt sind, wenn auch die oberen Schichten davon viel weniger als die unteren enthalten.“ Damit war ein neuer Gesichtspunkt in die ganze Betrachtung der Farben trüber Medien eingeführt, der natürlich auch für die Erklärung des Himmelsblaus maßgebend wurde.

Clausius¹⁾ erkannte sofort die Tragweite der Unter- suchungen Brückes; er schrieb: „Ein neuer Gesichts- punkt für die ganze Sache bietet sich durch den von Brücke mitgetheilten Versuch dar . . . Hiernach müsste man annehmen, dass sehr kleine Körperchen nicht mehr nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexions- gesetzen wirken . . . Auf diesen Fall ist aber auch die Theorie der Farben dünner Blättchen nicht mehr an- wendbar und bedarf vielmehr einer neuen Entwickelung . . .“

1) Poggendorff, Annalen, 88. Bd., 1853, p. 554 ff.

Da nun Brückes Beobachtung, dass je kleiner die Theilchen sind, die Lichtzerstreuung um so geringer ist, und die Farben trüber Medien schöner hervortreten, durch die folgenden Untersuchungen bestätigt wurde, so sind obige Sätze von Clausius, dem Hauptvertreter der Theorie, dass das Himmelsblau eine Interferenzfarbe sei, die vollständigste Unhaltbarkeitserklärung seiner eigenen und der Newton'schen Anschauungen.

Es zeigt sich sonach, dass sich die Himmelsbläue auch nicht als Blau erster Ordnung, nicht als Interferenzfarbe dünner Blättchen auffassen lässt.

Es handelte sich also um eine neue Entwicklung, wie Clausius sagte. Diese neue Entwicklung musste absehen von Reflexion und Brechung im gewöhnlichen Sinne, denn die Versuche Brückes hatten bewiesen, dass die gewöhnlichen Gesetze derselben für so kleine Theilchen keine Giltigkeit haben.

Lord Rayleigh¹⁾ (damals noch Hon. Strutt) hat diese Entwicklung 1871 gegeben. Es sind seither bald zwei Decennien verflossen und dennoch hat diese einzige stichhaltige Erklärung des Himmelsblaus selbst in meteorologischen Kreisen bisher wenig oder keine Berücksichtigung gefunden. Es liegt mir deshalb daran, Ihnen womöglich eine klare Vorstellung dieser soviel es scheint einzig richtigen Theorie des Himmelsblaus zu vermitteln.

Stellen Sie sich die Wirklichkeit der Verhältnisse

¹⁾ Philosophical Magazine, 4. Serie, 41. Bd., 1871, p. 107.

vor, wie sie in unserer Atmosphäre liegen. Überall, wo nicht gerade der Erdschatten hinfällt, ist unsere Lufthülle von einem ununterbrochenen Strom (wenn ich so sagen darf) von Lichtstrahlen, Sonnenstrahlen, durchwogt. Diesen Strahlenstrom, der ja eine Wellenbewegung ist, denken Sie sich vorerst ungehindert sich ausbreitend in einer vollständig gleichförmigen homogenen Atmosphäre. Wenn nun in dieser Atmosphäre Trübungen entstehen, so wird die Wellenbewegung der Sonnenstrahlen an diesen kleinen Theilchen, von denen Sie wissen, dass wir sie äusserst klein annehmen müssen, Hindernisse finden. Was wird dadurch bewirkt? Wir wissen schon, dass wir nicht sagen dürfen, es trete eine Reflexion oder Brechung im gewöhnlichen Sinne ein. Sagen wir also, es erfolge eine Störung der ursprünglichen Wellenbewegung. Wie haben wir uns eine solche Störung vorzustellen? Wir können uns dieselbe nur so denken, dass das äusserst kleine Theilchen zum Mittelpunkte einer neuen Wellenerregung wurde, so dass von ihm als Centrum nun nach allen Seiten in kugelförmiger Ausbreitung neue Wellen, Elementarwellen, ausgehen. Bei Beantwortung dieser Frage handelt es sich hauptsächlich um zwei Größen: das Volum der äusserst kleinen Theilchen, welche wir als Erzeugungsmittelpunkte neuer Elementarwellen kennen lernten, und die Wellenlänge des von der Sonne kommenden Lichtes, auf welches die trübenden Theilchen störend einfließen. Ich kann Ihnen hier leider keine genaue Einsicht in die nun folgenden mathema-

tischen Entwicklungen geben, doch das konnte ja auch Niemand thun, welcher seinerzeit die Clausius'sche Theorie einem größeren Kreise mundgerecht machen wollte. Das Resultat ist aber leicht verständlich. Es ergibt sich, dass das von diesen kleinen trübenden Theilchen seitlich ausgehende Licht, sagen wir also das von ihnen reflectierte Licht, in Bezug auf seine Intensität der vierten Potenz der Wellenlänge des auf das Theilchen treffenden Lichtes umgekehrt proportional ist, d. h. also soviel: das kurzwellige Licht, somit die blauen Farben, werden sehr viel stärker reflectiert, als die langwelligen rothen. Führt man die Rechnung aus, so findet man, dass das Blau in dem vom Himmel reflectierten Lichte 4—5 mal stärker ist als das Gelb und 6—7 mal stärker als das Roth, das Violett sogar 6—8 mal stärker als das Gelb und 9—10 mal stärker als das Roth. Diese Intensitätsverhältnisse müssen aber das reflectierte Licht blau erscheinen lassen. Lord Rayleigh prüfte diese Rechnungsergebnisse an Messungen des reflectierten Himmelslichtes und fand Rechnung und Beobachtung in guter Übereinstimmung.

Über die Größe der trübenden Theilchen lässt sich wohl keine bestimmte Angabe machen; die von Lord Rayleigh geführten Rechnungen sind jedenfalls gültig, wenn die Theilchen kleiner sind als die kleinste in Betracht kommende Wellenlänge, d. h. kleiner als 0.00035 mm . Ob auch etwas größere Theilchen noch die gleiche Wirkung haben würden, lässt sich wohl

mit Bestimmtheit weder bejahen noch verneinen. Eines ist jedoch gewiss, dass Theilchen, die mehrmals größer als eine Lichtwellenlänge sind, schon nach den gewöhnlichen Reflexionsgesetzen Licht reflectieren. Da dieses so reflectierte Licht aber weiß ist, wie das auf dieselben auftreffende, so muss das Vorhandensein solcher größerer Theilchen das Himmelsblau immer weißlicher erscheinen lassen, bis dasselbe bei starker Vermehrung der größeren Theilchen ganz weißlich und bei weiterer Vergrößerung der Theilchen selbst matt- und grauweiß wird. Dies stimmt nun aber wieder ganz mit der Erfahrung, welche uns lehrt, dass, je stärker die Trübung der Atmosphäre wird, um so blasser und weißlicher der Himmel erscheint, bis ein Wolken-schleier eine vollständig mattweiße oder graue Farbe ihm verleiht.

Mit dem Himmelblau ist die Erscheinung verbunden, dass das blaue Himmelslicht stets polarisiert ist, und zwar immer in einer bestimmten Richtung, welche von der Natur der trübenden Theilchen ganz unabhängig ist, sobald die letzteren nur eine reine blaue Färbung verursachen. Diese Thatsache muss natürlich eine vollendete Theorie des Himmelsblau ebenfalls erklären. Lord Rayleigh gibt diese auch, zwar nicht in mathematischer Entwicklung, aber doch in principieller Form, und auch Soret¹⁾ hat übereinstimmend mit Rayleigh eine Begründung dafür gegeben.

¹⁾ Archives des sciences (Genf), 20. Bd., 1888, p. 442.

Ich lasse mich auf diesen Punkt nicht näher ein, da er schwerer allgemein verständlich darzustellen ist, ich wollte ihn nur der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt lassen.

Auch die rothe Farbe der aufgehenden und untergehenden Sonne sowie des Mondes, ja sogar die grünen Tinten, welche bei der Dämmerung vielfach auftreten, finden in Rayleighs Theorie ihre Erklärung. Doch darüber und über die Farben des Morgen- und Abendhimmels habe ich vielleicht ein andermal Gelegenheit, zu Ihnen zu sprechen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Pernter Josef Maria

Artikel/Article: [Die blaue Farbe des Himmels. 197-219](#)