

leichten Schleier überziehen, ohne doch schon dicht genug zu sein, um Wolken zu bilden.

Während das Blau des Himmels offenbar von dem in der Atmosphäre reflectirten Lichte herrührt, zeigen Lichtstrahlen, welche einen weiten Weg durch die unteren dichteren Schichten des Luftmeeres zurückgelegt haben, eine tief gelbe bis ins Rothe spielende Färbung. Während der Mond, wenn er hoch über dem Horizonte steht, mit einem weißen, ja etwas bläulichen Lichte strahlt, sehen wir dieses Gestirn oft blutroth aufgehen, und ebenso ist die prachtvolle Erscheinung des Morgen- und Abendrothes ein Beweis dafür, daß die Atmosphäre vorzugsweise orangefarbenen und rothen Strahlen den Durchgang gestattet.

121

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 rührt aber wenigstens die Erscheinung des Abend- und Morgenroths 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 Drangeroth; 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. Die Orangefarbe des Dampfes scheint also einer besonderen Stufe der Verdichtung anzugehören. Bei vollkommener Gasgestalt ist der Wasserdampf ganz durchsichtig und farblos, in jenem Uebergangszustande ist er durchsichtig und rauchroth, wenn er aber vollständig zu Rebelbläschen verdichtet ist, so ist er bei geringer Dicke durchscheinend und farblos, bei großer Dicke vollkommen undurchsichtig.

Forbes wendet dies zur Erklärung der Abendröthe an. Als reine, farblose, elastische Flüssigkeit giebt der Wasserdampf der Luft ihre größte Durchsichtigkeit, wie man sie besonders beobachtet, wenn sich nach einem heftigen Regen der Himmel wieder aufhellt. Im Uebergangszustande läßt er die gelben und rothen Strahlen durch und bringt in diesem Zustande die Erscheinungen der Abendröthe hervor.

Diese Theorie erklärt auch sehr gut, daß das Abendroth weit brillanter ist als das Morgenroth; daß Abendroth und Morgenrau die Anzeigen schön-

nen Wetters sind. Gleich nach dem Temperaturmaximum des Tages und vor Sonnenuntergang fangen der Boden und die Luftschichten in verschiedener Höhe an, Wärme durch Strahlung zu verlieren. Bevor sich aber in Folge dessen der Wasserdampf vollständig verdichtet, durchläuft er jenen Uebergangszustand, welcher die Abendröthe erzeugt. Des Morgens ist es anders. Die Dämpfe, welche bei Umkehrung des Processes wahrscheinlich das Roth erzeugt haben würden, steigen nicht eher auf, als bis die Wirkung der Sonne lange genug angehalten hat; alsdann ist aber die Zeit des Sonnenaufgangs vorüber, die Sonne steht schon hoch am Himmel. Das feurige Ansehen des Morgenhimmels rührt von der Anwesenheit eines so großen Ueberschusses an Feuchtigkeit her, daß durch die Verdichtung in höheren Regionen wirklich Wolken entstehen, im Gegensatz mit der Tendenz der steigenden Sonne, sie zu zerstreuen; das Morgenroth ist deshalb als Vorbote baldigen Regens zu betrachten.

Clausius hat die Rolle, welche der Wasserdampf bei der Färbung des Himmels spielt, näher untersucht (Pogg. Annal. Bd. 76).

Zunächst beweist Clausius, 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 sie das Blau erster Ordnung (Physik, 5te Aufl. Bd. I, S. 628). 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 feinsten Bläschen, so daß dann von einer bestimmten Gränze 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.

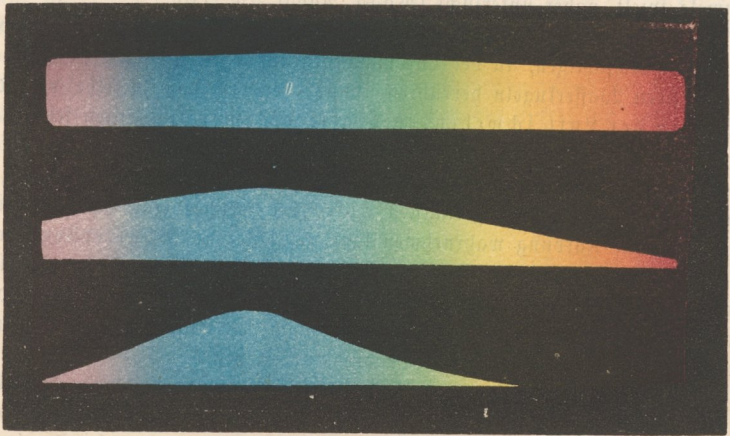
Schon Newton hatte die Ansicht ausgesprochen, daß das Blau des Himmels das Blau erster Ordnung sei, ohne jedoch diese Ansicht weiter auszuführen oder zu begründen, wie dies jetzt von Clausius geschehen ist. Wenn man aber mit Aufmerksamkeit die Farben der Newton'schen Ringe betrachtet, so wird man gestehen 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 Thatfachen in Uebereinstimmung gebracht zu werden; zu einer solchen Uebereinstimmung glaube ich aber auf folgendem Wege gelangen zu können.

Der oberste Streifen in Fig. 181 zeigt nach der in meinem 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 Spectrums noch so viel übrig bleibt, daß ein entschiedenes Vorherrschen von Blau unmöglich ist.

Wenn aber das Blau erster Ordnung, welches von einem ersten Wasser-

Fig. 181.



bläschen 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 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. 181 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. 181 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 gewissermaßen potenziertes Blau erster Ordnung sein.

Polarisation des blauen Himmels. Daß das Licht des blauen Himmels polarisirt ist, hat zuerst Arago beobachtet. Man kann sich von dieser Polarisation leicht überzeugen, wenn man durch ein Nicol'sches Prisma oder durch eine parallel mit der Aze geschnittene Turmalinplatte nach irgend einer Stelle des blauen Himmels hinschaut und dann das Prisma um seine Aze oder die Turmalinplatte in ihrer Ebene umdreht; man sieht auf diese Weise das Gesichtsfeld abwechselnd heller oder dunkler werden.

Noch besser als mit einem Nicol'schen Prisma oder einer Turmalinplatte erkennt man die Polarisation des Himmels durch das bereits auf Seite 254 erwähnte Polariskop.

Den Polarisationsgesetzen entsprechend ist die Schwingungsebene der Strahlen, welche uns irgend eine Stelle des blauen Himmels zusendet, stets rechtwinklig zu der Ebene, welche man sich durch die betrachtete Stelle des Himmels, das Auge des Beobachters und die Sonne gelegt denken kann. An jeder einzelnen Stelle des Himmels wird sich also die Lage der Schwingungsebene im Laufe des Tages allmählig ändern, je nachdem die Sonne in ihrer täglichen Bewegung fortschreitet. So wird z. B. für den Nordpol des Himmels die Schwingungsebene Morgens um 6 Uhr vertical sein, d. h. sie wird mit dem Meridian des Beobachters zusammenfallen; je mehr die Sonne steigt, desto mehr neigt sich die Schwingungsebene den polarisirten Strahlen, welche uns der Nordpol des Himmels zusendet, und Mittags 12 Uhr ist die Schwingungsrichtung dieser Strahlen horizontal. Des Nachmittags schreitet die Drehung der Polarisationsebene der vom Nordpol des Himmels kommenden Strahlen in gleicher Richtung fort, so daß sie Abends 6 Uhr wieder vertical steht.

Eine sehr sinnreiche Anwendung dieser Verhältnisse ist Wheatstone's Polaruhr, ein Instrument, mittelst dessen man aus dem Polarisationszustande des Nordpols des Himmels die Zeit bis auf einige Minuten genau ermitteln kann. Der wesentlichste Theil des Instrumentes ist ein Polariskop, also ein Nicol'sches Prisma, welches mit einem dünnen Gypsblättchen so verbunden ist, daß die Schwingungsebene des Nicols die Schwingungsebene der beiden Strahlen im Gypsblättchen halbirt. Schaut man durch eine solche Combination, das Nicol dicht vor das Auge haltend, nach dem Nordpol des Himmels, so wird die Farbe, in welcher das Gypsblättchen erscheint, sich ändern, je nachdem man die ganze Vorrichtung um die Aze des Nicols dreht. Bei einer bestimmten Stellung zeigt das Gypsblättchen ein Maximum von Farbenglanz auf dunklem Grunde.