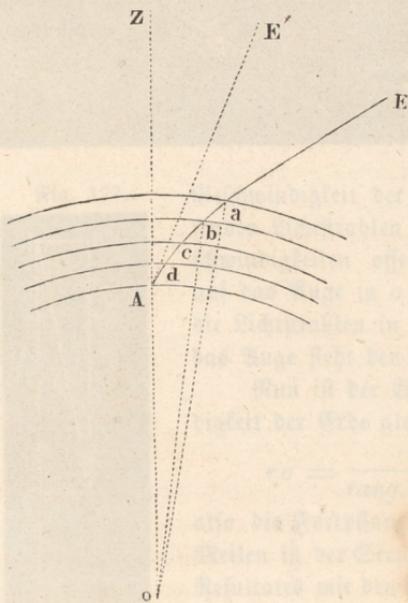


Zweites Capitel.

Erscheinungen, welche durch Brechung und Spiegelung des Lichtes in der Atmosphäre bewirkt werden.

115 **Atmosphärische Refraction.** Wenn von irgend einem Gestirne ein Lichtstrahl auf die Atmosphäre unserer Erde trifft, so wird er, den bekannten Brechungsgesetzen zufolge, von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt; diese Ablenkung nimmt aber continuirlich zu, indem der Lichtstrahl allmählig in immer

Fig. 178.



dichtere Luftschichten eindringt, und so kommt es, daß derselbe auf dem Wege durch die Atmosphäre bis zur Erdoberfläche eine krumme Linie beschreiben.

Um den ganzen Vorgang der atmosphärischen Refraction besser übersehen zu können, wollen wir annehmen, die ganze Atmosphäre sei in eine Reihe concentrischer Schichten getheilt, von denen jede ihrer ganzen Ausdehnung nach eine gleichförmige Dichtigkeit besitzt, aber dichter ist als die nächst höhere und weniger dicht als die nächst tiefere. Trifft nun ein Lichtstrahl Ea , Fig. 178, auf die oberste Schicht der Atmosphäre, so wird er in der Weise abgelenkt, daß er dem Einfallslot ao genähert wird, er wird die oberste Schicht in der Richtung ab

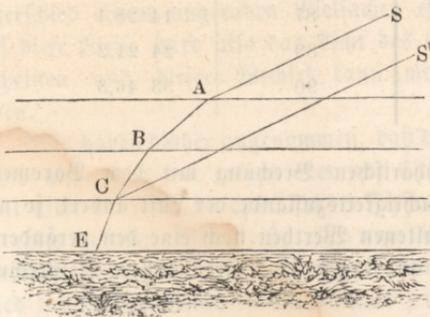
durchlaufen; in *b* auf eine dichtere Luftschicht treffend, erleidet der Strahl eine zweite Ablenkung in demselben Sinne u. s. w. und kommt endlich auf der Oberfläche der Erde bei *A* an, nachdem er die unterste Schicht der Atmosphäre in der Richtung *dA* durchlaufen hat. In der Wirklichkeit ist aber nun *abcdA* keine gebrochene Linie, sondern eine continuirliche Curve. Ein Beobachter, welcher sich in *A* befindet, wird offenbar denselben Eindruck haben, als ob das Gestirn, von welchem der Lichtstrahl ausgeht, sich in der Richtung der in *A* an die Curve gelegten Tangente *AE'* befände. Durch den Einfluß der atmosphärischen Refraction erscheinen also alle Gestirne dem Zenith näher gerückt, sie scheinen höher über dem Horizonte zu stehen, als es wirklich der Fall ist.

Die mit einem Höhenkreise gemachten Messungen geben uns also keineswegs die wahren Werthe der Zenithdistanz der Gestirne, sondern die durch die atmosphärische Refraction verminderte Zenithdistanz; um also den wahren Ort eines Gestirnes am Himmelsgewölbe zu bestimmen, muß man die Größe der atmosphärischen Refraction kennen und dieselbe in Rechnung bringen.

Bei der verhältnißmäßig geringen Höhe der Atmosphäre kann man ohne merklichen Fehler für alle Gestirne, welche mehr als 15° über dem Horizonte stehen, von der Krümmung der Atmosphäre abstrahiren und sie als aus lauter horizontalen Schichten bestehend betrachten. Mit Hülfe dieser Annahme läßt sich nun leicht die Größe der atmosphärischen Refraction berechnen.

Die Physik lehrt uns, daß, wenn ein Lichtstrahl der Reihe nach verschiedene

Fig. 179.



Schichten durchläuft, deren Gränzflächen sämtlich einander parallel sind, er in der letzten Schicht genau denselben Weg durchläuft, als ob alle Zwischenschichten fehlten und der Lichtstrahl in seiner ursprünglichen Richtung gleich auf diese letzte Schicht gefallen wäre, wie dies Fig. 179 erläutert. Die Richtung, in welcher das Licht eines Sternes unser Auge trifft, wird also dieselbe sein, als ob seine Strahlen unmittelbar aus

dem luftleeren Himmelsraume auf eine Atmosphäre getroffen wären, deren Dichtigkeit so groß ist wie die Dichtigkeit der Luft, in der wir uns gerade befinden.

Beim Uebergang eines Lichtstrahles aus dem leeren Raume in Luft von 0° und einem Barometerstand von 760 Millim. ist der Brechungsexponent 1,000294 (Lehrbuch der Physik, 5. Aufl., 1. Band, Seite 461); bezeichnen

wir also die wahre Zenithdistanz mit z , die durch die atmosphärische Refraction verkleinerte oder die scheinbare Zenithdistanz mit z' , so ist:

$$\sin. z = 1,000294 \sin. z'.$$

Der Brechungsexponent der Luft ändert sich aber mit dem Barometerstande, der Temperatur u. s. w. Für einen Barometerstand von 760 Millim. und eine Temperatur von 10° C. ist er 1,00028; für diesen Werth des Brechungsexponenten der Luft enthält die folgende Tabelle für die scheinbaren Zenithdistanzen von 5 zu 5 Grad die entsprechenden Werthe der atmosphärischen Refraction, d. h. den Winkel, um welchen die wahre Zenithdistanz größer ist als die scheinbare. Außerdem ist noch die Refraction für 87° und 89° beigefügt worden, um zu zeigen, wie rasch dieselbe gegen den Horizont hin zunimmt.

Scheinbare Zenithdistanz.	Atmosphärische Refraction.	Scheinbare Zenithdistanz.	Atmosphärische Refraction.
5 ^o	5,1''	55 ^o	1' 23,1''
10	10,3	60	1 40,6
15	15,6	65	2 4,3
20	21,2	70	2 38,8
25	27,2	75	3 34,3
30	33,6	80	5 19,8
35	40,8	85	9 54,3
40	48,9	87	14 28,1
45	58,2	89	24 21,2
50	1' 9,3	90	33 46,3

Da sich die Größe der atmosphärischen Brechung mit dem Barometerstande der Temperatur und dem Feuchtigkeitszustande der Luft ändert, so muß man an den in obiger Tabelle enthaltenen Werthen noch eine den veränderten Umständen entsprechende Correction anbringen, auf deren nähere Besprechung wir aber hier nicht eingehen können.

In Folge der atmosphärischen Refraction sehen wir auch die Sonne noch vollständig über dem Horizonte, wenn der untere Rand derselben in der That schon $33'$ unter denselben hinabgesunken ist; durch die Atmosphäre bleibt uns also des Abends die Sonne über zwei Zeitminuten länger sichtbar, als es ohne die Atmosphäre der Fall sein würde, und ebenso findet der scheinbare Sonnenaufgang um mehr als 2 Minuten früher Statt als der wahre. Dies erklärt nun auch, daß man bei einer Mondfinsterniß Sonne und Mond zugleich über dem Horizonte sehen kann, wie es in der That der Fall ist, wenn die

Erscheinungen, durch Brechung d. Lichtes in d. Atmosphäre bewirkt. 269

Mondfinsterniß zur Zeit des Sonnenaufganges oder des Sonnenunterganges stattfindet.

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 aufzublitzen. Diese beständige Veränderung im Lichte der Fixsterne ist es, welche man Funkeln oder auch Scintillation nennt. 116

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 uns Arago gegeben. Für die Bewohner der Erde sind die Fixsterne nur als leuchtende Punkte zu betrachten. Zwei homogene Lichtstrahlen, welche gleichzeitig von dem Sterne ausgehend in das Auge des Beobachters gelangen, werden aber, so nahe sie auch einander sein mögen, bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre nicht immer gleiche Verzögerungen erleiden, indem die geringsten Differenzen in der Dichtigkeit der durchlaufenen Luftschichten schon einen namhaften Gangunterschied der beiden Strahlen bewirken können. Weil aber ein beständiger Wechsel der Temperatur, des Druckes und der Feuchtigkeit in der Luft stattfindet, so wird auch die Größe dieses Gangunterschiedes fortwährenden Schwankungen unterworfen sein, und so kommt es denn, daß zwei solche Strahlen, auf der Netzhaut des Auges vereinigt, sich entweder gegenseitig in ihrer Wirkung unterstützen (wenn der Gangunterschied Null ist oder ein gerades Vielfaches einer halben Wellenlänge beträgt) oder sich gegenseitig aufheben (wenn der Gangunterschied einem ungeraden Vielfachen einer halben Wellenlänge gleich ist). Auf diese Weise wird also das Licht des Sternes bald stärker, bald schwächer erscheinen und dieser Wechsel kann mit großer Geschwindigkeit vor sich gehen.

Wir haben bisher angenommen, daß der Stern nur homogenes, einfarbiges Licht, also etwa nur rothes oder nur blaues ausstrahlt. Dies ist aber in der That nicht der Fall, da das Licht der Fixsterne weiß, also aus verschiedenfarbigen Strahlen zusammengesetzt ist. Da nun die Wellenlänge der verschiedenfarbigen Strahlen nicht gleich ist, so wird unter sonst gleichen Umständen der Gangunterschied der rothen Strahlen ein anderer sein müssen, als der der grünen, blauen u. s. w. In demselben Augenblicke, wo die rothen Strahlen sich fast aufheben, können also die grünen gerade so interferiren, daß sie sich gegenseitig verstärken, und im nächsten Moment wird dann wieder ein Aufblitzen des rothen Lichtes stattfinden, während die blauen und grünen Strahlen fast erlöschen erscheinen.

Während die Fixsterne, selbst durch die stärksten Fernrohre betrachtet, noch keine merklichen Dimensionen zeigen, haben die Planeten, durch Fernrohre betrachtet, einen namhaften Durchmesser; ein Planet kann demnach als ein Aggregat

einfacher leuchtender Punkte betrachtet werden. Jeder dieser Punkte für sich allein wird sich nun wie ein Fixstern verhalten, und er würde funkeln wie ein Fixstern, wenn er isolirt wäre. Da aber nicht alle leuchtenden Punkte, welche die Scheibe des Planeten bilden, gleichzeitig auf gleiche Weise funkeln, so wird das Funkeln des einen Punktes im Allgemeinen das des anderen neutralisiren, und so kommt es denn, daß die Planeten sich durch ein ruhiges Licht auszeichnen.

Man hat bemerkt, daß sich das Funkeln der Sterne dann besonders stark zeigt, wenn die Luft längere Zeit hindurch trocken war und sich nun mehr Wasserdampf in derselben zu verbreiten beginnt, so daß ein auffallend lebhaftes Funkeln der Sterne den Seeleuten als ein Zeichen bald eintretenden Regens gilt.

Zwischen den Wendekreisen, wo die Luft oft eine bewundernswerthe Ruhe und Klarheit zeigt, ist das Funkeln der Sterne bei Weitem nicht so auffallend und lebhaft als in höheren Breiten.

117 Unvollkommene Durchsichtigkeit der Luft. Gewiß ist die atmosphärische Luft ungemein durchsichtig im Vergleich gegen alle uns bekannten festen und flüssigen Körper und dennoch ist sie, wie uns die alltäglichsten Erscheinungen lehren, keineswegs vollkommen durchsichtig. Entfernte Gegenstände erscheinen uns nicht nur unter kleinerem Gesichtswinkel, ihre Färbung erscheint matter, die Contraste zwischen Schatten und Licht sind schwächer; kurz, je entfernter ein Gegenstand ist, desto mehr scheint er uns mit einem milchigen, blaßblauen Schleier überzogen, wie man namentlich an entfernten Bergen es deutlich sieht. Man bezeichnet diese Wirkung der unvollständigen Durchsichtigkeit der Luft mit dem Namen der Luftperspective.

Um ein Maß für die Schwächung des Lichtes durch die Atmosphäre zu erhalten, construirte Saussure eine Vorrichtung, welche er Diaphanometer nannte. Diese Vorrichtung besteht aus zwei weißen Scheiben, von denen die eine ungefähr 6 Fuß, die andere 6 Zoll im Durchmesser hat; in der Mitte der größeren Scheibe ist ein schwarzer Kreis von 24 Zoll, auf der anderen ein solcher von 2 Zoll gemalt. Beide Scheiben werden neben einander aufgestellt, und zwar so, daß sie nach einer und derselben Seite gekehrt und vollkommen gleich beleuchtet sind. Entfernt man sich nun allmählig, so kommt man bald zu einem Punkte, in welchem der kleine schwarze Kreis dem Auge verschwindet, und wenn man sich dann noch weiter von den Scheiben entfernt, so gelangt man endlich auch dahin, daß der größere schwarze Kreis auch nicht mehr sichtbar ist.

Mißt man nun die Entfernungen der Scheibe von den Punkten, in welchen der kleine und der große Kreis verschwindet, so findet man, daß sie keineswegs den Durchmessern der Kreise proportional sind, wie es sein müßte, wenn die Luft vollkommen durchsichtig und das Verschwinden der schwarzen Kreise nur durch die Kleinheit des Gesichtswinkels bedingt wäre.

Bei einem derartigen Versuche verschwand z. B. der kleine Kreis in

einer Entfernung von 314 Fuß, der große aber nicht in zwölfacher Entfernung, sondern schon bei einem Abstände von 3588 Fuß. Die beiden Abstände verhalten sich wie 1 zu 11,427; die kleine schwarze Scheibe verschwand unter einem Gesichtswinkel von $1'49''$, die große schon unter einem Gesichtswinkel von $1'55''$.

Daß der größere schwarze Kreis schon verschwindet, bevor der Schwinke auf die Größe herabgesunken ist, bei welcher der kleine Kreis aufhört, dem bloßen Auge sichtbar zu sein, rührt nur daher, daß bei größerer Entfernung in Folge der durch die Atmosphäre bewirkten Lichtabsorption der Contrast der schwarzen Scheibe und des weißen Grundes geringer wird.

In größeren Höhen über dem Meerespiegel ist begreiflicher Weise die Luft durchsichtiger als in der Tiefe, wie dies auch vergleichende Versuche darthun, welche H. Schlagintweit in den Alpen anstellte. An sehr günstigen reinen Tagen fand er für den Quotienten der beiden Entfernungen, in welchen die kleine und große Scheibe verschwinden, den Werth

10,279 in einer Höhe von 2300' über dem Meere, und
11,957 " " " " 12000' " " "

Man sieht, wie sich dieser Quotient für größere Höhen seinem Gränzwerthe weit mehr nähert, als es für tiefer liegende Orte der Fall ist.

Die Durchsichtigkeit der Luft ist aber selbst für einen und denselben Ort von sehr veränderlicher Größe. Während man z. B. bei durchsichtiger Luft von den Höhen des Schwarzwaldes aus die schneebedeckte Alpenkette in großer Klarheit und mit scharfen Umrissen erblickt, ist dieselbe an anderen Tagen oft bei ganz wolkenfreiem Himmel vollkommen unsichtbar.

Im Allgemeinen sind die sonnigsten, wolkenfreiesten Tage keineswegs diejenigen, an welchen die Luft besonders durchsichtig ist, im Gegentheil hat man bei anhaltend guter Witterung selten eine klare Fernsicht; und man kann es fast stets als ein Zeichen bald eintretenden Regens betrachten, wenn ferne Berge sehr klar erscheinen. Die Luft erreicht, wenigstens in unseren Klimaten, ihre größte Durchsichtigkeit, wenn nach lang anhaltendem Regen oder auch nach einem Gewitter eine rasche Aufheiterung des Himmels erfolgt, die aber dann selten von Dauer ist.

Wodurch diese Variationen in der Durchsichtigkeit der Luft bedingt sind, welche Rolle dabei namentlich der Wasserdampf spielt, ist noch keineswegs genügend ermittelt.

In den Aequatorialgegenden ist die Luft bei weitem durchsichtiger als in unseren Gegenden, so daß man dort kleinere Sterne deutlicher mit bloßem Auge unterscheiden kann, die bei uns stets unsichtbar bleiben. So unterschied Humboldt an der Küste von Cumana und auf den 12000 Fuß hohen Ebenen der Cordilleren mit unbewaffnetem Auge vollkommen deutlich das Sternchen Alcor (auch das Reiterchen genannt), welches ganz in der Nähe des Sternes Mizar im Schwanz des Großen Bären steht, obgleich dieses Sternbild in Südamerika nicht so hoch über dem Horizonte steht, wie bei uns, wo

man es nur selten und dann nicht mit großer Bestimmtheit von dem benachbarten Mizar getrennt zu erkennen im Stande ist.

In der Nähe von Quito sah Humboldt mit unbewaffnetem Auge auf eine Entfernung von vier deutschen Meilen einen weißen, sich vor den schwarzen basaltischen Wänden hinbewegenden Punkt, den er durch das Fernrohr als feinen in einen weißen Mantel gehüllten Reisegefährten Bonpland erkannte.

Sehr durchsichtig ist auch die trockene Luft der Binnenländer, selbst in höheren Breiten, so namentlich in Persien, dem Himalaya und in Sibirien.

118 **Grösse der Lichtabsorption in der Atmosphäre.** Aus Versuchen mit dem Saussure'schen Diaphanometer kann man annähernd berechnen, wie groß die Gesamtaborption ist, welche die Strahlen eines Gestirnes bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre erleiden. Ist c , Fig. 180, die

Fig. 180.



Stelle, an welcher das Diaphanometer aufgestellt ist, a die Stelle, an welcher der kleine, b diejenige, an welcher der große schwarze Kreis verschwindet, so müßte cb gleich $12 \cdot ca$ sein, wenn keine Schwächung des Lichtes in der Atmosphäre stattfände. Bei dem oben angeführten Versuche aber war $cb = 11,427 \cdot ac$; wir können daraus schließen, daß wenigstens annähernd $\frac{11,427}{12}$ oder 0,9523 des Lichtes, welches, von c ausgehend, bei a passiert, bis nach b gelangt, daß also auf dem Wege von a bis b 0,0477 des bei a passierenden Lichtes absorbiert werden.

Bei dem besprochenen Versuche betrug die Länge des Weges ab 3274 Fuß.

Weiß man aber einmal, wie viel Licht durch eine Luftschicht von bekannter Länge absorbiert wird, so kann man daraus auf die Gesamtaborption in der ganzen Atmosphäre schließen.

Es sei der Barometerstand des Beobachtungsortes $\frac{28}{n}$ Zoll, so hält der

Druck der Atmosphäre einer $\frac{32}{n}$ Fuß hohen Wassersäule das Gleichgewicht, während die Dichtigkeit der Luft am Beobachtungsorte $770 \cdot n$ mal geringer ist als die des Wassers.

Eine Luftsäule, deren Dichtigkeit durchaus dieselbe wäre, wie am Beobachtungsorte, müßte demnach eine Höhe von $n \cdot 770 \cdot \frac{32}{n} = 24600$ Fuß haben, wenn sie denselben Druck ausüben sollte wie die Atmosphäre, welche

auf dem Beobachtungsorte lastet; es läßt sich demnach wenigstens als annähernd richtig annehmen, daß auch die Lichtabsorption, welche die ganze über uns befindliche Luftschicht auf Strahlen ausübt, die vom Zenith herabkommen, dieselbe ist, als ob sie einen Weg von 24600 Fuß durch Luft von der Art zurückgelegt hätte, wie sie sich am Beobachtungsorte befindet.

Wenn nun eine Luftschicht von der Länge l von der sie treffenden Lichtmenge $\frac{1}{x}$ durchläßt, so wird eine Luftschicht derselben Art von der Länge $2l$,

$3l$ u. s. w. $\left(\frac{1}{x}\right)^2$, $\left(\frac{1}{x}\right)^3$ u. s. w. der sie treffenden Lichtmenge durchlassen.

Die ganze Atmosphäre über uns wirkt aber wie $\frac{24600}{l}$ solcher Schichten,

folglich ist $s = a \left(\frac{1}{x}\right)^{\frac{24600}{l}}$ die Lichtmenge, welche vom Zenith herab zu uns kommt, wenn a die Lichtmenge ist, welche an der oberen Gränze der Atmosphäre in derselben eintritt.

Bei dem eben angeführten Saussure'schen Versuch war

$$\frac{1}{x} = 0,9523,$$

$$l = 3274, \text{ also } \frac{24600}{l} = 7,5,$$

folglich ist für diesen Fall:

$$s = a \cdot 0,9523^{7,5} = a \cdot 0,693,$$

d. h. die Lichtstärke eines im Zenith stehenden Sternes ist bei dem Zustande der Luft, bei welchem der Versuch angestellt wurde, 0,693 von derjenigen, mit welcher wir ihn sehen würden, wenn die Luft absolut durchsichtig wäre, oder wenn wir uns an der oberen Gränze der Atmosphäre befänden.

Wir sehen aus dieser Berechnung, daß selbst bei hellem Himmel an Tagen, wo die Luft sehr klar ist, die Lichtabsorption in der Atmosphäre schon sehr bedeutend ist; sie wächst natürlich, wenn die Luft trüber wird, sie ist um so bedeutender, je größer der Winkel ist, welchen die von den Gestirnen zu uns kommenden Strahlen mit dem Zenith machen. Für einen Stern, dessen Zenithdistanz 60° , 70° u. s. w. ist, ist die Lichtabsorption in der Atmosphäre schon zweimal, dreimal so stark, als für einen Stern, welcher im Zenith steht.

Die allgemeine Tageshelle. Mag nun die unvollkommene Durchsichtigkeit der Atmosphäre von den Lufttheilchen selbst herrühren, oder durch Wasserdämpfe, durch Staub oder Rauchtheilchen veranlaßt sein, so ist klar, daß jedes Partikelchen, welches einen Theil des auf dasselbe fallenden Lichtes aufhält, Veranlassung zu einer Reflexion und Diffusion von Licht bietet. Diese Reflexion und Diffusion des Lichtes innerhalb der Atmosphäre ist die Ursache der allgemeinen Tageshelle.

Wäre die Luft vollkommen durchsichtig, so könnte sie nicht das mindeste Licht reflectiren, das Himmelsgewölbe müßte uns also, selbst wenn die Sonne

über dem Horizonte steht, absolut schwarz erscheinen, und wo die Sonne nicht unmittelbar hinscheint, müßte vollkommene Finsterniß herrschen. Die Reflexion des Lichtes in der Atmosphäre ist aber so stark, daß bei Tage das ganze Himmelsgewölbe mehr oder weniger lebhaft erleuchtet erscheint, so daß die Sterne vor diesem gleichmäßig ausgebreiteten Glanze erbleichen; ja selbst durch das Licht des Mondes erscheint das Himmelsgewölbe so stark erhellt, daß zur Zeit des Vollmondes nur noch die helleren Sterne sichtbar bleiben.

Diesem durch die Atmosphäre reflectirten Lichte verdanken wir also die allgemeine Tageshelle, durch welche auch an solchen Orten, welche nicht direct den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, also im Schatten, in unseren Zimmern eine gleichmäßig verbreitete Helligkeit herrscht. Je größer die Durchsichtigkeit der Luft ist, desto intensiver ist die unmittelbare Wirkung der Sonnenstrahlen und desto geringer die allgemeine Tageshelle. Bei reiner Luft ist auf dem Gipfel hoher Gebirge der Contrast in der Helligkeit beschatteter Orte und solcher, welche direct den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, viel bedeutender, als es unter sonst gleichen Umständen in der Tiefe der Fall ist.

Die allgemeine Tageshelle ist am größten, wenn der Himmel mit dünnen saferigen Wölkchen überdeckt ist, weit geringer ist sie bei ganz reinem, blauem Himmel.

120 Die Farbe des Himmels. Wenn der Himmel nicht durch Wolken oder durch einen Nebelschleier bedeckt ist, so zeigt er bekanntlich eine je nach den Umständen bald hellere, bald dunklere blaue Färbung.

Um für die Intensität dieser blauen Färbung eine wenigstens annähernd genaue Messung zu erhalten, construirte Saussure eine Vorrichtung, welche er Cyanometer nannte. Durch Anstreichen mit gutem Berliner-Blau stellte er eine Anzahl von 53 Papieren dar, welche vom reinen Weiß bis zum gefächtigsten Blau und von diesem durch Zusatz von Tusch bis zum vollkommenen Schwarz eine Reihe gleichförmig fortschreitender Zwischenstufen bildeten. Von diesen Papieren wurden gleichgroße Stücke ausgeschnitten, und diese auf dem Umfang eines Kreises aufgeklebt. Diese 53 Nüancen von Weiß durch Blau zum Schwarz wurden Grade genannt, und die Grade wurden von Weiß anfangend gezählt.

Will man die Farbe an irgend einer Stelle des Himmels bestimmen, so hält man das Cyanometer zwischen das Auge und diese Stelle und sieht, welcher Grad der Färbung des Himmels entspricht. Die Beobachtung muß wo möglich im Freien gemacht werden, damit das Cyanometer hinreichend erleuchtet wird.

Barrot construirte zu dem gleichen Zwecke einen anderen Apparat, den man ein Rotationscyanometer nennen kann; es besteht aus einer weißen und einer schwarzen Scheibe, auf welchen man 1, 2, 3... Sektoren von gefächtigter blauer Färbung befestigen kann. Durch rasche Umdrehung wird jede Scheibe ein gleichförmiges Ansehen erhalten. Aus der Anzahl der blauen Sektoren, die man auf die weiße oder die schwarze Scheibe bringen muß, um

eine dem Blau des Himmels gleiche Färbung zu erhalten, kann man auf den Grad derselben schließen.

Diese beiden Vorrichtungen sind in mancher Beziehung unbequem und mangelhaft. Arago machte den Vorschlag, die blaue Färbung, welche doppeltbrechende Krystallblättchen bei bestimmter Dicke im polarisirten Lichte zeigen, zur Vergleichung mit dem Himmelsblau anzuwenden. Das Blau solcher Krystallblättchen erreicht nämlich seine größte Intensität, wenn das einfallende Licht vollkommen polarisirt ist; je unvollständiger aber die Polarisation der einfallenden Strahlen ist, desto blasser und mehr dem Weiß sich nähernd wird die blaue Färbung des Blättchens. Aber auch die Herstellung und Ausführung eines auf dieses Princip gegründeten Cyanometers stößt auf mannigfache Schwierigkeiten und es scheint bis jetzt wenigstens das Polarisationscyanometer noch nicht in die Praxis eingetreten zu sein.

Schon eine oberflächliche Betrachtung des heiteren Himmels zeigt uns, daß die blaue Färbung desselben im Zenith am intensivsten ist, und daß sie nach dem Horizont hin mehr und mehr weißlich wird. An einem heiteren Tage fanden Saussure in Genf und Humboldt auf dem Atlantischen Ocean ($16^{\circ} 19'$ nördlicher Breite) für die Bläue des Himmels in verschiedenen Höhen über dem Horizonte folgende Werthe:

H ö h e.	Cyanometergrade	
	Humboldt.	Saussure.
1 ⁰	3,0 ⁰	4,0 ⁰
10	6,0	9,0
20	10,0	13,0
30	16,5	15,5
40	18,0	17,5
60	22,0	20,0

Auf den Gipfeln hoher Berge erscheint der Himmel weit dunkler als in den Ebenen. So fand Saussure die Färbung des Zeniths auf dem Col du géant gleich 31° seines Cyanometers, während gleichzeitig zu Genf nur $22,5^{\circ}$ beobachtet wurden. An einem sehr schönen Tage stieg auf dem Col du géant die Farbe des Zeniths auf 37° ; auf dem Gipfel des Montblanc wurden sogar 39° beobachtet.

In wärmeren Ländern ist die Farbe des Himmels tiefer blau als in solchen, welche weiter vom Aequator entfernt liegen; bei gleicher geographischer Breite ist der Himmel der Binnenländer blauer, als auf dem Meere und den Küstenländern, was leicht begreiflich ist, wenn man bedenkt, daß das reine Blau des Himmels besonders durch die in der Luft schwebenden condensirten Wasserdämpfe, durch feine Nebel gebleicht wird, welche den Himmel mit einem

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-