sprechen. Nur das wird erwähnt, daß Römer ein solches Werk 1704 habe herausgeben wollen. Daß übrigens Römer nicht sehr besorgt gewesen ist, seine Entdeckung durch Vergleichung der übrigen Jupiterstrabanten gegen die Einwürfe Cassini's sicher zu stellen, ist bereits von Delambre p. 653 und 744 ausführlich erwähnt worden.

Berlin, den 29. Januar 1853.

IV. *Ueber das Vorhandenseyn von Dampfbläschen in der Atmosphäre und ihren Einfluss auf die Lichtreflexion und die Farben derselben;*
von R. Clausius.

In zwei im 76. Bande dieser Annalen enthaltenen Aufsätzen habe ich aus der Art, wie die Atmosphäre auf das Licht wirkt, den Schluß gezogen, daß sowohl die Lichtreflexion im Allgemeinen, als auch die damit zusammenhängende Entstehung der atmosphärischen Farben durch Dampfbläschen veranlaßt werden. Dieser Schluß ist in neuerer Zeit von Reuben Phillips ¹⁾ und Brücke ²⁾ angefochten, und ich glaube daher in Bezug hierauf noch einmal auf den Gegenstand zurückkommen zu müssen.

Reuben Phillips bestreitet überhaupt das Vorhandenseyn hohler Wasserbläschen in der Atmosphäre, und betrachtet die in ihr befindlichen Wassertheilchen als volle Kügelchen, wofür er zwei Gründe angiebt.

Den ersten Grund nimmt er aus der Beobachtung von Henry ³⁾, daß Seifenblasen durch die Cohäsion der Was-

1) *Phil. Mag. Ser. IV. Vol. V. p. 28.*

2) Sitzungsberichte der Wiener Academie Bd. IX. S. 530 und in diesem Bande dieser Ann. S. 363.

3) *Phil. Mag. Vol. XXVI. p. 541.*

serhäutchen, das Bestreben haben, sich zusammenzuziehen. Er sagt nämlich, da sich bei gleicher Dicke des Häutchens diese Kraft umgekehrt wie der Durchmesser verhalte, so müsse sie bei den kleinen Dampfbläschen sehr groß seyn, so daß die darin eingeschlossene Luft vielleicht unter dem Drucke von 2, 3 oder mehr Atmosphären, stehe. Nun besitze das Wasser bekanntlich das Vermögen, Luft zu absorbiren, und zwar in um so größerer Menge, je dichter die Luft sey, folglich werde das Wasserhäutchen, welches an seiner inneren Seite mit stark verdichteter, an der äußeren dagegen mit unverdichteter Luft in Berührung stehe, dort mehr absorbiren, als sich hier halten könne, und die Luft werde daher durch eine Art von Exosmose aus dem Inneren entweichen. Wenn man daher auch die Bildung von Dampfbläschen zugäbe, so würden sie doch nicht lange als solche bestehen können, sondern sich bald in Tropfen verwandeln.

Reuben Phillips giebt die Art seiner Rechnung, durch welche er zu dem Drucke von 2 bis 3 Atmosphären gelangt ist, nicht näher an, und in der citirten Stelle von Henry finde ich keine Data, aus welchen sich derselbe direct schließen liefse. Jedenfalls ist die dabei gemachte Annahme, daß die sehr kleinen Bläschen der Atmosphäre dieselbe Dicke haben, wie die von Henry beobachteten Seifenblasen, nicht hinlänglich motivirt, besonders in Bezug auf die bei klarem Wetter noch vorhandenen Bläschen, indem ich diese ausdrücklich als *möglichst fein* vorausgesetzt habe, und man wohl annehmen kann, daß bei kleinen Blasen dünnere Häutchen vorkommen als bei großen.

Außerdem ist es aber auch gar nicht nothwendig, den Bläschen in der Atmosphäre eine lange Existenz zuzuschreiben. Schon bei den Wolken weist die außerordentliche Veränderlichkeit der Gestalt darauf hin, daß nicht bloß dieselben Bläschen vom Winde fortgetrieben werden, sondern daß auch die Bläschen in beständigem Entstehen und Vergehen begriffen sind. Noch weniger darf man in heiterer, relativ trockener Luft erwarten, daß ein Bläschen
sich

sich lange halte, sondern es wird immer schnell verdampfen, und wenn ich dessen ungeachtet auch in diesem Falle stets einige Bläschen als vorhanden annehme, so meine ich damit, dafs durch besondere Umstände, wie z. B. durch die Vermischung zweier Luftmengen von verschiedener Temperatur, oder durch die Abkühlung welche der am Tage aufsteigende Luftstrom erleidet, an einzelnen Stellen Niederschläge entstehen, die zwar bald wieder verschwinden, aber durch andere an anderen Stellen entstehende ersetzt werden.

Der zweite von Reuben Phillips angeführte Grund ist der, dafs Waller ¹⁾ mit Hülfe des Mikroskops kein Anzeichen der Bläschenform finden konnte. Waller selbst aber gesteht an der ersten der citirten Stellen ausdrücklich zu, es sey außerordentlich schwer, die Bläschenform durch den blofsen Anblick zu erkennen, und besonders bei der in Nebeln und Wolken stattfindenden fortwährenden Bewegung glaube er, dafs wir, selbst wenn kleine Kugeln und Bläschen unter einander gemischt seyen, bisjetzt kein Mittel besitzen, sie zu unterscheiden. Eine Beobachtung aber führt er an, welche mir mehr für die Bläschen- als für die Tropfenform zu sprechen scheint. Nachdem er nämlich vorher die Angabe von Saussure erwähnt hat, nach welcher dieser zuweilen in den Nebeln und Wolken auf Gebirgen die einzelnen Bläschen mit blofsen Augen gesehen, und dabei bemerkt habe, dafs, wenn zwei derselben sich berührten, sie zerplatzt seyen, sagt er, auch er habe die Kugeln einzeln schweben sehen; dabei habe er aber das Zerplatzen nie beobachtet, sondern wenn zwei Kugeln zusammenflogen, seyen sie darauf plötzlich verschwunden. Er erklärt dieses daraus, dafs das Kugeln von doppelter Masse, welches sich durch die Vereinigung gebildet habe, zu schwer gewesen sey, um sich schwebend zu erhalten, und sich daher durch sein schnelles Sinken den Blicken entzogen habe. Nun ist aber nicht wohl anzunehmen, dafs, wenn die einzelnen Kugeln so klein

1) *Phil. Mag. Vol. XXVIII. p. 99 und Vol. XXIX. p. 103.*

Poggendorff's Annal Bd. LXXXVIII.

waren, daß sie kein Bestreben zeigten zu sinken, die nur doppelt so große Kugel doch so schnell gesunken sey, daß man sie nicht mehr mit den Augen verfolgen konnte. Viel leichter kommt man dabei auf den Gedanken, daß die scheinbaren Kügelchen Bläschen waren, welche bei ihrer Berührung zerplatzten, und sich entweder in ein volles Kügelchen verwandelten, oder aus einander spritzten, wobei sie dann allerdings theils wegen des kleineren Durchmessers, theils wegen der schnellen Bewegung leicht den Blicken entweichen konnten.

Seine Hauptbeweise gegen die Bläschenform entnimmt Waller nicht sowohl aus der directen Beobachtung der Wassertheilchen selbst, als vielmehr aus der Beobachtung anderer Körper, welche er als vergleichbar betrachtet. Unter diesen finde ich aber nur einen, der sich unter ähnlichen Umständen niederschlägt wie das Wasser in der Atmosphäre, nämlich die Schwefelblumen, welche sich ebenfalls in freier Luft aus dem Schwefeldampfe niederschlagen, und bei denen nicht gleich während des Niederschlages die Krystallisationskraft wirken kann, da sie erst durch den zähen Zustand in den festen übergehen. Indessen wenn man einem solchen Vergleiche auch einiges Gewicht zugestehen muß, so kann er doch bei der Verschiedenheit der beiden Körper nicht als *Beweis* gelten.

Diesen Gründen gegenüber kann ich außer meinen früher ausgesprochenen, welche sich hauptsächlich auf die heitere Atmosphäre beziehen, auch zwei auf Nebel und Wolken bezügliche Gründe anführen, welche für die Bläschenform sprechen.

Der erste, welchen auch schon Bravais hervorgehoben hat¹⁾, besteht darin, daß jede aus vollen Wasserkügelchen zusammengesetzte Wolke, wenn sie sich in der geeigneten Lage der Sonne gegenüber befände, einen Regenbogen zeigen müßte. Man sieht aber bei den gewöhnlichen Wolken keine Spur davon, und nur in schweren, nahe an der Erdoberfläche schwebenden Nebeln beobachtet man zuweilen einen matten Bogen, der aber meistens

1) S. diese Ann, Ergänzungsbd. II. S. 568.

noch nicht ganz den Charakter des eigentlichen Regenbogens trägt, indem er sich theils durch seine weifsliche Farbe, theils durch seinen kleineren Radius von ihm unterscheidet. Dieser weisse Regenbogen ist auf eine sehr befriedigende Weise von Bravais ¹⁾ dadurch erklärt, dafs in diesen Nebeln die Bläschen schon eine solche Wanddicke haben, dafs ein Theil derjenigen Strahlen, welche den inneren hellen Raum des gewöhnlichen Regenbogens bilden, frei hindurchgehen können, während die Strahlen, welche die Farbenringe desselben bilden würden, noch von der inneren Gränzfläche des Wasserhäutchens aufgefangen werden.

Man könnte vielleicht auf den ersten Blick meinen, dafs die Abwesenheit des Regenbogens bei den Wolken sich aus der geringen Lichtmenge, welche ein sehr kleines Kugelchen zu reflectiren vermag, erklären lasse; doch hiergegen hat schon Bravais eingewandt, dafs bei einer Wolke die Kleinheit der Wirkung jedes einzelnen Kugelchens durch die grofse Anzahl der Kugelchen ausgeglichen werden müfste. Man kann die Sache noch bestimmter so aussprechen. Sofern die Kugelchen überhaupt nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen wirken, mufs die an der inneren Fläche reflectirte Lichtmenge, welche den Regenbogen bildet, zu der an der äufseren Fläche reflectirten in einem bestimmten, von der Gröfse des Kugelchens unabhängigen Verhältnisse stehen. Da nun eine direct von der Sonne beleuchtete Wolke sehr hell erscheint, und also im Ganzen sehr viel Licht reflectirt, so steht es damit im Widerspruche, die Menge des innerlich reflectirten Lichtes, welche einen aliquoten Theil der ganzen reflectirten Lichtmenge bildet, als sehr klein zu betrachten. Es kann somit aus der blofsen Lichtschwäche die Abwesenheit des Regenbogens nicht erklärt werden.

Der zweite Grund bezieht sich auf eine andere mit dem weissen Regenbogen zusammenhängende Erscheinung. Man

1) *Journ. de l'école polyt. Cah. 30, Annales de chim. et de phys. Ser. III. T. XXI. p. 348* und diese Ann. Ergänzungsbd. II. S. 562.

sieht nämlich bei niedrigem Stande der Sonne, wenn man dieselbe im Rücken und vor sich einen Nebel hat, zuweilen um den Schatten des eigenen Kopfes eine Anzahl farbiger Ringe, welche ganz den Lichtkränzen gleichen, die man um die Sonne und den Mond sieht, wenn sie durch dünne *Cumuli* scheinen. Von dieser Erscheinung, welche viel öfter beobachtet wird, als der weiße Regenbogen, und zuweilen von diesen begleitet ist, hat Fraunhofer ¹⁾ eine Erklärung gegeben, welche sich eng an die ebenfalls von ihm gegebene Erklärung jener Lichtkränze anschließt; doch hat er dabei, wie ich schon in einer frühern Schrift ²⁾ aus einander gesetzt habe, eine Lücke gelassen, die sich unter der Annahme von *Wasserkügelchen* nicht hinlänglich ausfüllen läßt, während dieses bei der Annahme von *Wasserbläschen* vollständig gelingt.

Er geht von dem Satze aus, *dafs eine Wolke oder ein Nebel nach der Richtung, welche den ankommenden Strahlen direct entgegengesetzt ist, viel mehr Licht reflectire, als nach den anderen Richtungen.* Wenn man diesen Satz zugeibt, so ist seine übrige Erklärung ganz befriedigend, für diesen Satz selbst aber ist er den Beweis schuldig geblieben. Ohne auf eine nähere Entwicklung einzugehen, sucht er seine Richtigkeit nur durch eine allgemein gehaltene Betrachtung, welche sich auf die erste innere Reflexion in *Dunstkügelchen* bezieht, anschaulich zu machen. Nun läßt sich aber leicht einsehen, dafs die äufsere und die erste innere Reflexion weder bei einem *Kügelchen* noch bei einem *Bläschen* eine vorwiegende Intensität in der den ankommenden Strahlen entgegengesetzten Richtung giebt, und wir müssen die Betrachtung daher auf die folgenden inneren Reflexionen ausdehnen.

Thun wir dieses zuerst bei einem *Kügelchen*, so finden wir, dafs durch die zweite innere Reflexion gar kein Licht nach dieser Richtung gesandt wird, wie aus der Theorie des Nebenregenbogens bekannt ist. Die dritte innere Re-

1) Schumacher's astronomische Abhandlungen, Heft 3, S. 62.

2) Die Lichterscheinungen der Atmosphäre S. 449.

flexion sendet zwar Licht nach dieser Richtung, aber nicht mit vorwiegender Intensität. Erst von der *vierten* innern Reflexion beginnt es, daß diese Richtung sich durch stärkere Intensität des reflectirten Lichtes vor den übrigen auszeichnet. Nun ist aber das Licht der vierten und der folgenden Reflexionen im Verhältnisse zum ganzen von der Kugel reflectirten Lichte schon zu schwach, um dieser Richtung das für jene Erscheinung nothwendige Uebergewicht zu geben.

Anders verhält es sich mit einem *Bläschen*. Bei ihm beginnt das Vorwiegen dieser Richtung schon mit der *zweiten* inneren Reflexion, und findet bei allen folgenden ebenfalls statt, und dadurch wird das Uebergewicht dieser Richtung sehr bedeutend. Ich habe über die Reflexion eines von der Sonne beschienenen Wasserbläschens eine eigene Rechnung angestellt ¹⁾, welche sich zwar nur auf ein sehr dünnes Bläschen bezieht, und daher auf solche, wie sie in den Nebeln vorkommen können, keine genaue Anwendung findet, aber doch als Maafsstab für die Beurtheilung dienen kann. Die Zahlen, welche ich dabei gefunden habe, sind, so weit sie hier in Betracht kommen, in der folgenden Tabelle enthalten. Darin bedeutet *J* die Intensität des reflectirten Lichtes nach einer Richtung, welche mit der Fortsetzung der vom Mittelpunkt der Sonne nach dem Mittelpunkte des Bläschens gezogenen geraden Linie den Winkel φ bildet.

φ .	<i>J</i> .	φ .	<i>J</i> .
150°	0,0876	175°	0,1261
160°	0,0907	178°	0,2000
170°	0,1021	179°	0,3232
		180°	1,9267

Man sieht hieraus, daß die durch $\varphi = 180^\circ$ bestimmte Richtung, welche den ankommenden Strahlen gerade entgegengesetzt ist, sich durch ihre Lichtintensität vor den andern so auszeichnet, daß schon in den um 1° davon verschiedenen Richtungen die Intensität mehr als sechsmal

1) Crelle's Journ. für reine und angew. Math. Bd. 36.

geringer ist, während weiterhin die Abnahme langsamer geschieht. Somit ist bei den Bläschen der von Fraunhofer zu Grunde gelegte Satz hinlänglich erfüllt.

Ich wende mich nun zu der mit vieler Sachkenntniß und Gründlichkeit ausgeführten Untersuchung von Brücke.

Diese bezieht sich nicht bloß auf unsere Atmosphäre, sondern allgemein auf trübe Medien, worunter durchsichtige Stoffe verstanden werden, denen andere Stoffe in so fein vertheiltem Zustande beigemengt sind, daß man die Theilchen nicht mehr einzeln unterscheiden kann. Die beigemengten Stoffe werden ebenfalls als farblos durchsichtig angenommen, so daß sie nur durch die an ihren Gränzflächen stattfindenden Reflexionen und Brechungen zerlegend auf das Licht wirken können. Solche trüben Medien zeigen im durchgehenden Lichte Farben, welche sich der rothen Seite des Spectrums nähern, während sie im reflectirten Lichte blau oder bläulich erscheinen.

Den ersten Erklärungsgrund für diese Erscheinung findet Brücke in der von Fresnel für durchsichtige Körper aufgestellten Reflexionsformel. Nach dieser hängt nämlich die Stärke der Reflexion vom Brechungsverhältnisse ab, und wächst mit diesem zugleich, so daß, wenn das ankommende Licht weiß war, in dem reflectirten die stärker brechbaren Strahlen überwiegen müssen.

Dieser Unterschied findet allerdings statt, doch ist er, wie Brücke selbst zugiebt, so gering, daß schon ein geübtes Auge, wie das eines Malers, dazu gehört, um ihn zu bemerken. Betrachten wir z. B., um den Unterschied wenigstens angenähert schätzen zu können, solche Strahlen die senkrecht auf die Oberfläche einfallen, so nimmt die Formel, welche die Intensität des reflectirten Lichtes im Verhältniß zu der des ankommenden darstellt, für diesen Fall folgende einfache Gestalt an:

$$\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2,$$

worin n das Brechungsverhältniß bedeutet. In Bezug auf Wasser, welches in der Atmosphäre den trübenden Be-

standtheil bildet, ergeben sich hieraus, wenn man bei ihm das Brechungsverhältniß des rothen Lichtes bei der Linie *B* nach Fraunhofer zu 1,3310 und das des violetten bei der Linie *H* zu 1,3442 annimmt, für diese beiden Farben die Zahlen:

0,02016 und 0,02156

und zwischen diesen Zahlen liegen natürlich auch die Intensitäten der übrigen Farben.

Brücke meint nun, daß dieser Unterschied trotz seiner Kleinheit in trüben Medien doch von Bedeutung sey, weil in ihnen nicht bloß Eine, sondern viele Reflexionen von einem Theilchen zum andern stattfinden, deren Wirkungen sich addiren. Diese Verstärkung kann nun aber in der Atmosphäre nur sehr gering seyn. Wenn wir nach irgend einem Punkte des Himmels blicken, so ist das Licht, welches wir von dort erhalten, zusammengesetzt aus solchem, was nur einmal, und solchem, was zweimal, dreimal und öfter in der Atmosphäre reflectirt ist, und es fragt sich, wie sich diese Theile ihrer Größe nach zu einander verhalten. Dieses Verhältniß habe ich schon in einer frühern Arbeit näher zu bestimmen gesucht ¹⁾, und habe dabei gefunden, daß, wenn die Sonne einigermaßen hoch steht, an den meisten Stellen des Himmels das nur einmal reflectirte Licht vorwaltet, und zwar besonders in der Nähe des Zenith, wo doch die blaue Farbe am deutlichsten hervortritt. Steht die Sonne z. B. 40° hoch, so verhält sich im Zenith die nur einmal reflectirte Lichtmenge zu der Summe aller der Lichtmengen, welche mehrere Reflexionen erlitten haben, wie

2,3:0,6 ²⁾.

In der durch 0,6 ausgedrückten Summe überwiegt natürlich wieder in ähnlicher Weise die Lichtmenge, welche nur zweimal reflectirt ist, über diejenigen, welche noch mehrere Reflexionen erlitten haben u. s. f., so daß die

1) *Crelle's Journ.* Bd. 34 und 36 und im Auszuge diese *Ann.* Bd. 72, S. 294.

2) S. die Tabelle auf S. 313 des 72. Bandes dieser *Annalen*.

Lichtmenge, welche so viele Reflexionen erlitten hat, wie zu einer deutlichen Färbung nöthig sind, nur sehr klein seyn kann. Man darf daher diesem bei der gewöhnlichen Reflexion stattfindenden Unterschiede wohl nur eine geringe Mitwirkung bei der Hervorbringung der intensiven Farben der Atmosphäre zuschreiben.

Brücke selbst bezeichnet ihn indessen, wie schon erwähnt, auch nur als einen *ersten* Grund, und geht darauf zu dem zweiten Grunde über, als welchen er ebenfalls die Interferenz nach Art der Farben dünner Blättchen annimmt. Es drängt sich daher die Frage auf, wie die reflectirenden Körperchen gestaltet seyn müssen, um eine solche Interferenz bewirken zu können.

Newton, welcher zuerst die Ansicht ausgesprochen hat, daß das Blau des Himmels durch Interferenz bei der Reflexion des Lichtes an den in der Atmosphäre schwebenden Wassertheilchen, entstehe, und dem Blau erster Ordnung unter den Farben dünner Blättchen entspreche, scheint damit die Ansicht verbunden zu haben, daß die reflectirenden Wassertheilchen kleine *volle* Kugeln seyen und in beiden Ansichten sind ihm seitdem mehrere Physiker beigetreten. In demselben Sinne spricht sich Reuben Phillips aus, und auch Brücke, obwohl er selbst keinen bestimmten Schluß auf die Form der wirksamen Körperchen gezogen hat, scheint doch die Newton'sche Erklärung als genügend zu betrachten. Ich glaube indessen, daß jene beiden Ansichten nicht mit einander vereinbar sind.

Die Farbe eines dünnen Blättchens im reflectirten Lichte entsteht nämlich durch Interferenz des äußerlich reflectirten Lichtbündels mit denen, welche eine ungerade Anzahl von inneren Reflexionen erlitten haben, und wenn wir unter den letzteren die dreimal, fünfmal etc. reflectirten Theile als gering hier vernachlässigen, so behalten wir nur das äußerlich und das einmal innerlich reflectirte Licht, und diese beiden Lichtmengen müssen wir daher auch bei der Kugel betrachten. Wenn eine Kugel von einem entfernten Punkte aus beleuchtet wird, so daß die auffallen-

den Strahlen als parallel gelten können, so wird das äußerlich reflectirte Licht nach *allen möglichen* Richtungen rund umher zerstreut. Das nach einmaliger innerer Reflexion aus der Kugel hervortretende Licht dagegen bildet *nur einen Kegel*, dessen Axe den ankommenden Strahlen entgegengesetzt ist, und dessen Seite mit dieser Axe einen Winkel bildet, welcher von dem Stoffe der Kugel abhängt, und bei einer Wasserkugel, wie aus der Theorie des Regenbogens bekannt ist, etwa $41\frac{1}{2}^{\circ}$ beträgt. Nur innerhalb dieses Kegels kann somit Interferenz stattfinden, was der gleichmäßigen Verbreitung der blauen Farbe am Himmel vollständig widerspricht.

Eine ähnliche Betrachtung muß man anstellen, wenn man die vorige Ansicht dahin erweitert, daß in höheren Regionen der Atmosphäre, wo die Temperatur der Luft beträchtlich unter dem Gefrierpunkte steht, die Lichtreflexion an kleinen Eistheilchen stattfindet. Was die Form der letzteren betrifft, so wird für solche Eiswolken, welche den gewöhnlichen Hof um die Sonne oder den Mond bilden, in der Theorie dieses Hofes angenommen, daß die Eistheilchen in ihnen, wenigstens grobsentheils, die Gestalt von kleinen dreiseitigen oder sechsseitigen Prismen haben. Nimmt man nun für diejenigen Eistheilchen, welche noch bei klarem Wetter in der Atmosphäre vorhanden sind, dieselbe oder eine ähnliche Form an, so ist bei diesen die Interferenz noch weniger möglich, als bei den Kugeln, denn bei ihnen gehen die äußerlich und innerlich reflectirten Lichtbündel jedes nach einer bestimmten Richtung, aber diese Richtungen sind unter sich ganz verschieden, so daß eine Einwirkung der Lichtbündel auf einander nicht stattfinden kann.

Ich glaube daher, daß, wenn man einmal die einfache Theorie der Farben dünner Blättchen auf die Farben der Atmosphäre anwenden will, man consequenter Weise auch gleich noch einen Schritt weiter gehen, und den reflectirenden Theilchen wirklich die Form von Platten mit parallelen Gränzflächen zuschreiben muß, was bei tropfbar

flüssigem Wasser nicht gut anders möglich ist, als durch die Annahme der Bläschenform, während man sich die Eistheilchen, sofern man sie als mitwirkend ansieht, als krystallinische Blättchen vorstellen kann.

Ein neuer Gesichtspunkt jedoch für die ganze Sache bietet sich durch den von Brücke am Schlusse seiner Abhandlung mitgetheilten Versuch dar. Aus diesem ergibt sich, daß, wenn in gleichen Quantitäten Wasser gleiche Quantitäten Mastix vertheilt sind, dann nicht nur die hervorgebrachten Farben um so intensiver werden, je kleiner die Theilchen sind, sondern zugleich auch der Grad der Lichtzerstreuung bedeutend abnimmt. Es scheint mir zwar auch hier die Annahme, daß mit der Verschiedenheit der Gröfse auch eine Verschiedenheit der Gestalt der Theilchen verbunden sey, noch nicht völlig ausgeschlossen zu seyn, und wenn man sich z. B. den Mastixniederschlag bei seiner feinsten Vertheilung in der Form von krystallinischen Blättchen vorstellte, so würde dadurch die ganze Erscheinung sogleich auf die bekannten Gesetze zurückgeführt seyn; indessen spreche ich diese Erklärungsart nur als eine Möglichkeit aus, denn andererseits ist die von Brücke aufgestellte Ansicht, daß die *Kleinheit* der Theilchen, unabhängig von ihrer Gestalt, eine Verminderung der Zerstreuung hervorbringen könne, welche durch ihre gröfsere Anzahl nicht ausgeglichen werde, jedenfalls sehr beachtenswerth.

Hiernach müfste man annehmen, daß sehr kleine Körperchen nicht mehr nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen wirken, so daß z. B. eine sehr kleine Kugel das auf sie fallende Licht nicht in derselben Weise zerstreue, wie eine gröfsere Kugel von demselben Stoffe, und es versteht sich von selbst, daß auf einen solchen Fall meine Rechnungen, welche auf jene Gesetze basirt sind, keine Anwendung finden. Eben so wenig finden aber auch die übrigen auf denselben Gesetzen beruhenden Theorien darauf Anwendung, und was insbesondere die Theorie der Farben dünner Blättchen betrifft, so wird diese noch aufserdem durch den schon vorher erwähnten

Umstand unzulässig. Ein solcher Fall würde also einer ganz neuen Untersuchung bedürfen.

Ferner muß ich noch hinzufügen, daß, wenn man auch im Allgemeinen die Möglichkeit eines solchen Falles zugiebt, es doch noch eine andere Frage bleibt, ob und in wie weit die reflectirenden Theilchen der Atmosphäre unter denselben begriffen sind.

Betrachten wir in dieser Beziehung zuerst die Atmosphäre *bei klarem Wetter*, so scheint hier der Umstand, daß das vom Himmel kommende Licht polarisirt ist, jener Annahme entgegenzustehen, denn es läßt sich wenigstens schwer einsehen, wie Körperchen, die ihrer Kleinheit wegen in anderer Beziehung nicht mehr nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen zu wirken vermögen, doch fähig seyn sollen, dem Lichte dieses charakteristische Kennzeichen einer regelmäßigen Reflexion mitzutheilen, und dieser Umstand ist es auch gewesen, der mich abgehalten hat, den Luftmolekülen selbst einen Antheil an der Reflexion zuzuschreiben. Zur Entscheidung dieser Frage werden wohl weitere experimentelle Untersuchungen nöthig seyn.

Betrachten wir zweitens die in der Atmosphäre schwebenden *Wolken und Nebel*, so würde, wenn man jene Annahme auch auf sie ausdehnte, dadurch freilich die oben erwähnte Abwesenheit des Regenbogens hinlänglich erklärt seyn, auch wenn man für die Wassertheilchen die Gestalt von vollen Kügelchen voraussetzte. Indessen stellen sich der Annahme hier noch neue Schwierigkeiten entgegen. Die Größe der in den Wolken befindlichen Wasserkügelchen läßt sich, unabhängig davon, ob sie voll oder hohl sind, aus dem Radius der um die Sonne oder den Mond gebildeten Lichtkränze angenähert bestimmen, und es hat sich aus vielen Messungen ¹⁾ ergeben, daß ihre Durchmesser etwa zwischen 0,0004 und 0,002 par. Zoll oder 0,011 und 0,054 Millim. variiren. Da nun die Länge einer Lichtwelle des äußersten Roth 0,000645 Millim. beträgt, so sind

1) S. Kämtz Meteorologie, Bd. 3, S. 99 u. f.

die Durchmesser der Kugeln 17 bis 84 mal gröfser, als die gröfste Wellenlänge des Lichtes, und auf so grofse Körper jene Annahme auszudehnen, scheint mir jedenfalls sehr bedenklich. Ferner ist es für die aus Eistheilchen bestehenden Wolken und Nebel, welche Höfe und Nebensonnen bilden, erwiesen, dafs die in ihnen befindlichen Eistheilchen nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen wirken, denn sonst würde die ganze Theorie der Höfe, welche wohl in ihren Hauptpunkten von niemand bezweifelt wird, zusammenfallen. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, dafs die Bestandtheile der Eiswolken so viel gröfser seyn sollten, als die der Wasserwolken.

Das Resultat der vorstehenden Betrachtungen kann ich hiernach kurz so zusammenfassen. Soweit man die gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetze als gültig anerkennt, glaube ich auch meine früheren Schlüsse festhalten zu müssen, nämlich, dafs in der Atmosphäre Dampfbläschen vorhanden seyen, und dafs sie die Hauptursache der in ihr stattfindenden Lichtreflexion und ihrer Farben bilden. Nimmt man aber an, die in der Atmosphäre wirkenden Körperchen seyen so klein, dafs jene Gesetze auf sie keine Anwendung mehr finden, dann sind auch diese Schlüsse ungültig. Auf diesen Fall ist aber auch die Theorie der Farben dünner Blättchen nicht mehr anwendbar, und er bedarf vielmehr einer neuen Entwicklung, bei welcher noch besonders berücksichtigt werden mufs, in wiefern diese Annahme mit der Polarisation des vom Himmel kommenden Lichtes und mit der angenähert bekannten Gröfse der in den Wolken vorhandenen Wassertheilchen vereinbar ist.