

# Über unsere Atmosphäre.

Von

**Prof. Dr. Franz Exner.**

---

Vortrag, gehalten den 19. November 1890.

*(Mit Experimenten.)*



## Sehr geehrte Versammlung!

Unzweifelhaft hat jeder von Ihnen schon oft und oft die Bemerkung gemacht, dass man alltäglichen Phänomenen im allgemeinen ein geringes, oft nur zu geringes Interesse entgegenbringt, während seltene Erscheinungen unsere Aufmerksamkeit wie von selbst fesseln; es ist dies ein in der menschlichen Natur selbst begründeter Umstand, der aber zur Folge hat, dass der Laie oft gerade bei den wichtigsten, weil alltäglichen Dingen gar nicht bis zur Frage nach dem Warum? und Wieso? kommt. Für den Fachmann hat die Häufigkeit oder Seltenheit einer Erscheinung gar keine Bedeutung; der Astronom wird den Verlauf einer Finsternis nicht mit größerem Interesse verfolgen als den täglichen Auf- und Untergang der Sonne, in beiden Phänomenen sieht er dieselben Gesetze, bei beiden steht er vor denselben Räthseln. Der Laie hingegen wird, angezogen von der Seltenheit dieses Phänomens, nicht unterlassen, sich über Ursache und Bedeutung desselben zu informieren, während er andererseits oft Zeit seines Lebens nicht dazu kommt, nach der Ursache des täglichen Sonnenaufganges oder der im Laufe eines Jahres wechselnden Länge des Tages zu

fragen. Diese Erwägungen mögen es entschuldigen und rechtfertigen, wenn ich einen so gewöhnlichen Gegenstand, wie es unsere Atmosphäre ist, an die wir in des Wortes buchstäblichster Bedeutung von unserem ersten bis zum letzten Athemzuge gefesselt sind, zum Thema der heutigen Besprechung gewählt habe.

Sie werden fragen: was kann man über ein Ding aussagen, das man nicht greifen und fassen, das man nicht sehen kann, das weder Geruch noch Geschmack besitzt? In der That, der Laie, der auf die directe Beobachtung mit Hilfe seiner fünf Sinne angewiesen ist, befindet sich diesem Falle gegenüber in einer schlimmen Lage; nichts destoweniger wird auch er eine Reihe allgemeiner Eigenschaften der Luft bald erkennen, und von diesen wollen wir zunächst sprechen; dann erst wollen wir auf die Resultate jener Forschungen eingehen, welche der Fachmann mit Hilfe seiner Methoden, die ihm fehlende Sinne ersetzen oder vorhandene schärfen sollen, zu Tage gefördert hat.

Was uns zunächst durch das Gefühl klar gemacht wird, ist, dass die Luft eine gewisse Masse und damit auch ein Gewicht besitzt; wir brauchen nur mit der Fläche eines ausgedehnten Gegenstandes, etwa eines Cartons, durch die Luft zu fahren, um sofort einen nicht unwesentlichen Widerstand und eine sich daraus ergebende Ermüdung zu fühlen; desgleichen wenn wir die Fläche dem Anprall des Windes, also bewegter Luft, aussetzen. Ist der Effect im kleinen auch nur

gering, so tritt er uns mit elementarer Wucht entgegen, wenn der Sturm die Luftmassen gegen die straff gespannten Segel eines Schiffes schleudert; das Ächzen der Masten gibt beredtes Zeugnis dafür, dass bei diesem Kampfe der Elemente Massen in Bewegung sind, von deren Größe wir uns gewöhnlich eine viel zu bescheidene Vorstellung bilden. Darum will ich Sie auch auf die Größe des Gewichtes der Luft ganz besonders aufmerksam machen und das Gewicht eines bestimmten Volumens derselben hier vor Ihren Augen durch Wägung ermitteln.

Wir können dies in ganz derselben Weise ausführen, als würde es sich um die Wägung irgend einer Flüssigkeit handeln; wir nehmen zu diesem Zwecke einen kugelförmigen, mit Hahn versehenen Glasballon von circa 5 Liter Inhalt und wägen ihn einmal mit Luft gefüllt, das anderemal, nachdem wir mittelst einer Luftpumpe den Inhalt desselben möglichst entfernt haben. Die Wägung ergibt uns das Resultat, dass ein Liter Luft, unter den gewöhnlichen Umständen, circa  $1.3\text{ gr}$ , ein Cubikmeter somit  $1.3\text{ kgr}$  wiegt, gewiss eine Größe, die unsere aus den Erfahrungen des täglichen Lebens geschöpfte Vorstellung bedeutend übertrifft.

Das Gewicht der Luft ist, wie das aller übrigen Körper, eine Folge der Anziehung, welche die Erdmasse auf die Masse der Luft ausübt; ein jedes Stück der Erdoberfläche hat die ganze Last der darüber stehenden verticalen Luftsäule zu tragen, und diese

Last kann, nach dem eben Gesagten, nicht gering sein. Sie übt einen Druck aus, der per Quadratcentimeter einem Gewichte von circa 1 *kgr* gleichkommt; es ist dies die Ihnen allen bekannte Erscheinung des Luftdruckes, dessen Existenz ich Ihnen wohl nicht erst durch Experimente nachzuweisen brauche.

Aber noch eine andere, sehr wesentliche Eigenschaft nehmen wir an der Luft direct durch unsere Sinne wahr; während allen flüssigen oder festen Massen von bestimmter Größe auch stets ein bestimmtes Volumen zukommt, das sie freiwillig nicht zu verändern bestrebt sind, finden wir bei den Gasen die Tendenz vorwaltend, stets ein möglichst großes Volumen einzunehmen. Wir können flüssige und feste Körper mit freier Oberfläche, also im ungeschlossenen Raume, sich selbst überlassen, ohne dass eine Veränderung eintreten wird; das geht bei Gasen nicht mehr, diese würden unter fortschreitender Verdünnung sich mit großer Geschwindigkeit ausdehnen und den ganzen ihnen gebotenen Raum gleichmäßig ausfüllen. Daher kommt es auch, dass eine Luftmasse, die wir in einer dehnbaren Hülle, z. B. in einem Kautschukballon, eingeschlossen haben, sich sofort aufbläht, wenn wir dieselbe unter den Recipienten der Luftpumpe setzen und so den von außen auf den Ballon wirkenden Druck vermindern; der Ausdehnung der im Innern desselben befindlichen Luft steht nun kein Hindernis mehr entgegen, und sie vergrößert ihr Volumen — wie Sie an dem vorgeführten Experimente auch deutlich

sehen können — in dem Maße, als die Luftpumpe wirkt.

Wenn Sie mit den beiden bisher angeführten Eigenschaften der Luft — der Masse und der Formlosigkeit — noch die Erfahrungsthatsache combinieren, dass warme Luft leichter ist als kältere, dass sich die Luft also durch Erwärmung ausdehnt, so haben Sie so ziemlich Alles, was uns die sinnliche Wahrnehmung über diesen Stoff lehrt: gewiss eine karge Ausbeute, wenn man bedenkt, dass wir jede Minute unseres Lebens in directem Verkehre mit demselben zubringen, ja dass unser Leben selbst vollständig an dessen Eigenthümlichkeiten gekettet ist.

Einen desto reicheren Schatz der Erkenntnis werden wir dagegen sammeln, wenn wir mit den durch chemische, physikalische und mathematische Methoden geschärften und vervollkomnten Sinnen an die Lösung unserer Aufgabe gehen.

Da tritt uns zunächst die Frage entgegen: Was ist die Luft? Die Antwort darauf wird uns nicht lange aufhalten, obwohl ich der Vollständigkeit halber diesen Punkt nicht unberührt lassen kann; es ist Ihnen allen ja wohl bekannt, dass die Luft kein in chemischem Sinne einheitlicher Stoff ist, dass sie vielmehr ein Gemenge zweier Grundstoffe, des Sauerstoffes und des Stickstoffes, repräsentiert, wobei auf je ein Theil Sauerstoff circa vier Theile Stickstoff kommen. Außer diesen beiden Hauptbestandtheilen finden sich immer noch größere oder geringere Quantitäten fremder

Beimengungen in der Atmosphäre, die aber nicht mehr als Theile der Luft im chemischen Sinne, sondern lediglich als locale, zufällige Verunreinigungen aufzufassen sind. Dazu gehören stets vorhandene Spuren von Kohlensäure, Ozon, Ammoniak, Salpetersäure, und in größeren Quantitäten auftretend: Wasser und Staub. Namentlich die beiden letzteren spielen eine nicht unwichtige Rolle, mit welcher wir uns später noch zu beschäftigen haben werden.

Wenden wir uns nun der Frage zu: Wie ist die Luft constituirt? In welcher Weise haben wir uns eine bestimmte Luftmasse in dem Raum, welchen sie occupiert, angeordnet zu denken? Da muss ich zunächst daran erinnern, dass die Naturforscher längst davon abgekommen sind, den Raum als von der Materie continuirlich erfüllt zu denken, wir setzen vielmehr voraus, dass die Materie aus kleinen, von einander mehr oder weniger unabhängigen Partikeln, den sogenannten Molecülen, besteht, deren Zwischenräume in dem scheinbaren Volumen der Körper inbegriffen sind, und deren Verbindungen untereinander je nach dem gasförmigen, flüssigen oder festen Zustand jedenfalls sehr verschieden sein werden. Sollte ich Ihnen aber die Gründe auseinandersetzen, die uns zur Annahme solcher discreter Molecüle zwingen, so müsste ich Ihnen geradezu eine Geschichte der Entwicklung unserer Wissenschaft von Anaxagoras bis auf den heutigen Tag geben; eine jede neue Entdeckung ist ein neuer Beweis für die Nothwendigkeit dieser Annahme.



Wir wollen dieselbe auch zum Ausgangspunkt unserer Betrachtungen machen und unsere Aufmerksamkeit nun auf die Welt im kleinen mit ihren Bewegungen und ihren Gesetzen lenken.

Sie werden sich vielleicht wundern, dass wir über die Constitution des Gases überhaupt etwas sagen können, eines Körpers, den wir nicht zu sehen, nicht zu fassen vermögen; in der That, es klingt dies wunderbar und wird noch wunderbarer durch den Umstand, dass wir gerade über die Natur der Gase vorzüglich orientiert sind, über die der flüssigen und festen Körper dagegen, obwohl wir sie sehen und mechanisch behandeln können, nur sehr ungenügend, fast gar nicht.

Die Empfindungen, die ein Naturforscher diesen drei Arten von materieller Anordnung gegenüber hat, werde ich Ihnen vielleicht am kürzesten durch einen Vergleich vor Augen führen. Denken Sie sich einen juristisch gebildeten Menschen, dieser wird einem wohlgeordneten europäischen Rechtsstaate gegenüber ein gewisses Gefühl der Befriedigung haben, ein Gefühl, das in dem Umstande begründet ist, dass er genau das Thun und Lassen aller Einwohner kennt, die Gesetze, nach welchen dieselben leben und handeln, und dass er die Folgen berechnen kann, die eventuelle äußere Einflüsse auf den inneren Zustand des Staates hervorbringen werden. Erhöht wird dieses Gefühl noch durch die Beruhigung, mit welcher er allen diesbezüglich an ihn zu stellenden Fragen entgegensehen kann. Anders wird die Sache, wenn er sich einem, wollen

wir sagen, neuentdeckten centralafrikanischen Staatswesen gegenüber befindet. Auch hier wird er die Empfindung haben dass Gesetze gelten, dass die Menschen nach gewissen Principien leben und handeln — aber er kennt die Triebfedern, kennt die Gesetze nicht, ja noch mehr, er wird sich eingestehen müssen, dass dort vielleicht die juridischen Grundbegriffe gänzlich andere, ihm nicht nur unbekannte, sondern sogar unverständliche sind und ihm solchermaßen — wenigstens für den Augenblick — selbst die Möglichkeit eines Verständnisses der betreffenden Zustände entzogen ist. Das Gefühl, das einer solchen Erkenntnis entspringt, kann nur das des Unbehagens sein, und das ist eben auch das Gefühl des Naturforschers dem flüssigen oder festen Zustand der Materie gegenüber. Wir befinden uns hier in dem Falle, ein Staatswesen von Molekülen vor uns zu haben, dessen innere Einrichtung, dessen Gesetze wir nicht kennen, von dem wir nicht einmal sagen können, in welchen Beziehungen die Einwohner untereinander stehen. Im gasförmigen Zustande dagegen bietet uns die Materie das Bild eines wohlgeordneten Rechtsstaates, dessen Statistik fast bis in die kleinsten Details ausgearbeitet ist.

Ich bitte Sie nun, Ihre Aufmerksamkeit für kurze Zeit der Statistik unseres Luftstaates zuzuwenden; wie bei aller Statistik haben wir es hier zunächst mit trockenen Zahlen zu thun, aber ich hoffe, dieselben Ihnen bald durch unmittelbare Anschauungen ersetzen zu können.

Wir wählen zum Object unserer Betrachtung einen Cubikcentimeter Luft, das ist ein Volumen, ungefähr halb so groß wie die Höhlung eines Fingerhutes. In dieser kleinen Welt leben zwei Rassen von Individuen — Sauerstoff und Stickstoff — friedlich nebeneinander; ohne Rassenhass, denn die beiden Substanzen wirken chemisch nicht auf einander ein, so dass keine durch die Anwesenheit der anderen in ihrer Existenz bedroht wird. Die Einwohnerzahl unseres kleinen Staates ist eine ungeheuerlich große, sie beträgt zwanzig Trillionen, d. i. die Zahl 2 mit 19 Nullen, eine Zahl, von deren Bedeutung wohl keiner von uns eine auch nur einigermaßen zutreffende Vorstellung hat. Das aber können wir sagen, dass diese Einwohnerzahl wesentlich größer ist als die Gesamtzahl der Menschen auf der Erde, ja noch mehr: denken Sie sich alle Objecte des gestirnten Himmels, die Sie in einer klaren Nacht zu sehen vermögen, in gleicher Weise bevölkert wie unsere Erde, so wäre die Gesamtsumme der Bewohner immer noch außerordentlich klein gegen die Zahl der Molecüle in einem Cubikcentimeter Luft. Wir müssen vorläufig einfach bei dieser unfassbar großen Zahl stehen bleiben und werden später versuchen, uns in anderer Weise ein anschauliches Bild davon zu verschaffen.

Womit beschäftigen sich die Einwohner unseres Staates? Nun, die sind nicht faul, keines von diesen Trillionen befindet sich in Ruhe, alle laufen sie mit der größten Geschäftigkeit durch einander, prallen von

einander ab wie elastische Kugeln wo sie zufällig auf einander treffen, bewegen sich geradlinig weiter, wo sie nicht gestört werden, kurz sie bieten ein Bild scheinbar der regellosesten Bewegung; ich sage scheinbar, denn in Wirklichkeit herrschen strenge Gesetze in diesem Chaos, Gesetze, die uns besser bekannt sind als viele im Bereiche der sichtbaren Materie. So können wir z. B. die Geschwindigkeit angeben, mit welcher diese Bewegungen erfolgen; freilich werden nicht alle Molecüle in jedem Momente dieselbe Geschwindigkeit haben — das wird sich nach den zufälligen Begegnungen mit anderen Molecülen richten — aber es wird eine gewisse Durchschnittsgeschwindigkeit, eine sogenannte mittlere Geschwindigkeit existieren, die, wenn sie thatsächlich allen Theilchen eigen wäre, in der Masse als Ganzes denselben Bewegungszustand hervorbringen würde, wie er wirklich herrscht. Diese mittlere Geschwindigkeit beträgt bei unserer Luft 450 *m* in der Secunde, d. i. die Geschwindigkeit einer abgeschossenen Gewehrkuugel. Sie sehen aus dieser Zahl, welch außerordentlich lebhaftige Bewegung unter den Molecülen eines Gases herrscht.

Diese Bewegungen sind es auch, die, indem sie die Gefäßwand oder überhaupt die Begrenzung einer Gasmasse treffen, dort als von innen nach außen gerichteter Druck auftreten. Dass dieser Druck als gleichmäßig wirkende Kraft auftritt, während er in Wirklichkeit doch aus einzelnen Stößen besteht, hat seinen Grund in der außerordentlichen Häufigkeit

dieser Stöße, deren Intervalle viel zu kurze Zeiträume sind, um irgendwie wahrgenommen zu werden.

Die Ausdehnung des theilweise mit Luft gefüllten Kautschukballons unter dem Recipienten der Luftpumpe werden Sie nun leicht als eine Folge der eben besprochenen Molecularbewegung erkennen; indem ich die Luft von außen entfernte, unterdrückte ich die von außen gegen den Ballon gerichteten Stöße, während die von innen ungeschwächt fortwirkten und so die Veranlassung zur Ausdehnung des Ballons wurden. Dass überhaupt eine Gasmasse das Bestreben zeigt, sich möglichst auszudehnen, werden Sie gleichfalls ohne weiteres als nothwendige Folge der Molecularbewegung erkennen.

Ich möchte Ihnen das Vorhandensein dieser lebhaften Bewegung in ihren Consequenzen noch durch einen einfachen Versuch demonstrieren.

Wenn wir zwei feste Massen, z. B. ein Stück Holz und ein Stück Eisen, miteinander zur Berührung bringen und dann sich selbst überlassen, so ändert sich an dem Zustand beider nichts; die Trennungsfläche beider Materien bleibt nach wie vor scharf begrenzt, auf der einen Seite haben wir Holz auf der anderen Eisen. Ganz anders, wenn wir zwei Gase miteinander in Contact bringen, da muss infolge der lebhaften Molecularbewegung sofort ein Process der Mischung eintreten — wir nennen ihn Diffusion — wobei sich die Theilchen der einen Masse zwischen denen der anderen hindurchbewegen. Haben beide Gase nicht die gleiche

Lebhaftigkeit der Molecularbewegung, so wird das schnellere auch rascher in das langsamere eindringen als umgekehrt. Um die Folgen dieser Diffusion sichtbar zu machen, will ich die beiden Gase durch eine poröse Wand von einander trennen, durch deren Poren der Austausch stattfinden kann, und ich nehme zu diesem Zwecke eine gewöhnliche unglasierte Thonzelle, wie sie zu galvanischen Elementen dient, und setze den Innenraum derselben durch einen Kautschukschlauch mit einem Wassermanometer in Verbindung, so dass wir eine eventuelle Volumänderung des eingeschlossenen Gases an letzterem sofort bemerken müssen. Solange sich sowohl innerhalb als außerhalb der Zelle atmosphärische Luft befindet, zeigt das Manometer keinerlei Änderung, denn jetzt treten infolge der Molecularbewegung in jedem Momente ebenso viele Lufttheilchen durch die Poren von innen nach außen als umgekehrt. Ersetze ich aber die äußere Luft durch ein Gas mit lebhafterer Molecularbewegung, d. i. durch ein specifisch leichteres, z. B. Leuchtgas, indem ich die Thonzelle in ein größeres Glasgefäß stelle und aus der Gasleitung in letzteres Leuchtgas einströmen lasse, so bemerken Sie sofort an der Bewegung des Manometers, dass die Gasmasse im Inneren der Zelle zugenommen hat, und zwar sehr bedeutend. Bei dem Kampf ums Dasein, der sich in den Poren zwischen den Leuchtgas- und den Luftmoleculen abgespielt hat, haben erstere gesiegt und sind infolge ihrer lebhafteren Bewegung zahlreicher in die Zelle ein-

gedrungen, als gleichzeitig die Luftmolecüle herausdrängen konnten.

Würden wir andererseits die äußere Luft durch ein specifisch schwereres Gas, z. B. Kohlensäure, ersetzen, so würden wir am Manometer eine Volumverminderung des Zelleninhaltes constatieren, entsprechend dem Umstande, dass jetzt die Luft schneller von innen heraus- als die Kohlensäure von außen hineinströmt.

Diese und eine große Reihe ähnlicher Versuche werden nur begreiflich, wenn wir uns die Masse des Gases nicht in Ruhe, sondern in ihren kleinsten Theilen mit lebhafter Bewegung begabt vorstellen.

Wenden wir unseren Blick nun wieder den Trägern dieser Bewegung zu und fragen wir nach der Größe der Molecüle. Wenn viele Trillionen derselben in einem Cubikcentimeter Raum finden und außerdem noch genügend Platz für ihre Bewegung bleibt, so müssen dieselben wohl außerordentlich klein sein; das leuchtet unmittelbar ein, allein auch die Vorstellung des Allerkleinsten, die wir in uns hervorzurufen vermögen, reicht doch noch lange nicht an die Wirklichkeit hinan. Und das ist ganz natürlich, denn alle unsere Vorstellungen basieren auf Erfahrung, aber auch die winzigsten Objecte dieser unserer Erfahrung, z. B. mikroskopische Objecte, sind noch Kolosse gegen die Molecüle. So besteht, einer ungefähren Berechnung nach, das kleinste, mit dem Mikroskop noch sichtbare

Theilchen Materie immer noch aus tausend Millionen Molecülen.

Trotzdem ist uns die Größe der Molecüle ziemlich genau bekannt: wir wissen, dass hundert Millionen Luftmolecüle nebeneinander gelegt, eine Strecke von einem Centimeter ergeben würden; das liefert uns nun zwar ein Maß, aber keine Vorstellung von der gesuchten Größe, und um eine solche, so weit dies in dieser Region des Kleinen überhaupt möglich ist, zu gewinnen, möchte ich noch das Folgende anführen.

Könnten wir die in einem Cubikcentimeter Luft enthaltenen Molecüle eines nach dem andern mit einem Zängelchen fassen und sorgfältig nebeneinander auf der Platte unseres Tisches ausbreiten, so würden dieselben eine Fläche von nahezu zwei Quadratmetern continuierlich bedecken. Denken Sie sich nun diese Procedur ausgeführt und alle Molecüle in parallelen und aneinander stoßenden Reihen säuberlich ausgebreitet, so können Sie jetzt die einzelnen Reihen statt nebeneinander sich auch aneinander angefügt denken, so dass Sie eine einzige Perlenschnur von Molecülen erhalten. Es ist nun klar: je dünner die einzelnen Reihen sind, d. h. je kleiner der Durchmesser der Molecüle ist, eine desto längere Perlenschnur werden Sie aus den einzelnen Reihen zusammensetzen können, denn desto mehr solcher Reihen werden vorhanden sein. Wenn ich Ihnen nun sage, dass die Perlenschnur, die Sie solchermaßen aus den Molecülen eines einzigen Cubikcentimeters Luft erhalten, fünfzigmal die Länge



des Erdäquators beträgt, so werden Sie darnach sich wenigstens einigermaßen eine Vorstellung von jenen kleinen Größen, um die es sich da handelt, bilden können.

Ich weiß wohl, dass diese Vorstellung bei uns allen, insofern sie die absoluten Größen betrifft, immer noch eine sehr mangelhafte sein wird; sehen wir aber von den absoluten Größen ab und fragen wir nach den relativen, d. h. danach, wie unser Cubikcentimeter Luft sich präsentieren würde, wenn wir im Stande wären, ihn in beliebiger Vergrößerung zu betrachten, so können wir uns diesbezüglich leicht eine ganz correcte Vorstellung verschaffen.

Es handelt sich hier zunächst um die Frage: mit welcher Dichtigkeit erfüllt die Materie der Luft den Raum? Wir wissen, dass die Molecüle durch leere Zwischenräume voneinander getrennt sind — sonst könnten sie ja ihre Bewegungen gar nicht ausführen — aber wie verhalten sich die Dimensionen dieser zu den Größen der Molecüle selbst? Da müssen wir uns zunächst wieder eine vereinfachende Darstellung erlauben; in Wirklichkeit haben die Molecüle keine bestimmten Distanzen voneinander, sie werden im Laufe ihrer Bewegung manchmal einander sehr nahe kommen, manchmal sich weit entfernen, aber wir können — ganz so, wie wir es früher in Bezug auf die Geschwindigkeiten gethan haben — statt dieser variablen Entfernungen eine durchschnittliche oder mittlere Distanz einführen und uns die Molecüle gleichmäßig im Raum so vertheilt denken, dass je zwei benachbarte sich

eben in dieser Distanz voneinander befinden. Diese mittlere Entfernung gibt uns nun in ihrem Verhältnis zum Durchmesser eines Molecüls ein Maß für die Dichtigkeit, mit welcher der Raum thatsächlich von Materie erfüllt wird; und um Ihnen dieses Maß unmittelbar vor Augen zu führen, genügt es, zwei Kugeln — welche zwei Molecüle vorstellen — in solcher Distanz voneinander aufzustellen, dass diese zum Durchmesser der Kugeln in demselben Verhältnis steht wie die mittlere Molecüldistanz zum Molecüldurchmesser. Stellen wir ein solches Schema wirklich her, so müssen wir zwei Kugeln, deren Durchmesser je  $1\frac{1}{2}$  Centimeter beträgt, in einer Distanz von 10 Metern voneinander aufstellen. (Dieses Schema stellt die wirklichen Verhältnisse ihrem absoluten Werte nach, in einem bestimmten Maße vergrößert dar, und zwar derart, dass, in der gleichen Vergrößerung; ein Centimeter als eine Länge von 1000 Kilometern, d. i. circa die Distanz Wien—Syrakus, erscheinen würde.) Sie sehen aus der unverhältnismäßigen Größe der mittleren Distanz der Molecüle im Vergleich zu deren Durchmesser, wie sehr in unserer Luft der leere Raum den mit Materie erfüllten überwiegt.

---

Erlauben Sie mir nun Ihre Aufmerksamkeit von dem inneren molecularen Bau der Atmosphäre auf die letztere in ihrer Erscheinung als Ganzes zu lenken.

Wie anders wirkt die laue Luft eines ersten Frühlingstages auf unser körperliches und geistiges Behagen ein als der unerquickliche Nebelwind, „der herbstlich durch die dürrn Blätter säuselt“; wie anders fühlen wir uns in der frischen Luft nach vorübergegangenem Gewitter als in der Schwüle vorher, wie anders am Grunde einer feuchten Thalsohle und auf der freien Höhe eines Berggipfels, wie anders endlich in der unter der Wirkung der Sonnenstrahlen zitternden Luft einer ausgedehnten Steppe als auf hoher See, wo das Athmen an sich zum köstlichen Genuss wird. Woher alle diese Unterschiede? Da der Sauerstoff der Luft uns zum Leben vor allem nothwendig ist, so wäre man versucht, dabei an einen mit den Umständen wechselnden Sauerstoffgehalt der Atmosphäre zu denken; allein die zahlreichen Untersuchungen, die über diesen Gegenstand zu den verschiedensten Zeiten und an den verschiedensten Orten der Erdoberfläche angestellt wurden, nöthigen uns, diese Idee sofort wieder fallen zu lassen. Es haben diese Untersuchungen nämlich unzweifelhaft ergeben, dass selbst unter den allerverschiedensten äußeren Umständen der Sauerstoffgehalt der Luft fast vollkommen derselbe bleibt. Die Abweichungen, welche sich in diesem Gehalte, z. B. zwischen Winter und Sommer, Thal und Berg, Land und Meer etc., zeigen, sind so geringe, dass sie vom menschlichen Organismus — wenigstens vom gesunden — gewiss nicht empfunden werden können; sie sind sehr viel kleiner als

die Unterschiede, welche im Sauerstoffgehalt der Zimmerluft durch das Athmen weniger Menschen im Laufe einer Stunde entstehen, und doch nehmen wir an dieser Luft nichts von den früher erwähnten Unterschieden wahr.

Wir werden den Grund für letztere demnach nicht in der Zusammensetzung der Luft als solche, vielmehr in den Verunreinigungen derselben, respective in Beimischungen zu derselben, suchen müssen. Es fehlt in der That nicht an solchen; abgesehen von jenen, welche mehr localen Ursachen, wie großen Städten, sandigen Flächen, Vulcanen etc., ihre Entstehung verdanken, sind zwei Hauptbeimengungen überall und zu jeder Zeit in der Luft vorhanden: das Wasser, und sein Gegentheil der Staub. Diese beiden Factoren haben auf den äußern Zustand der Atmosphäre einen ungleich größeren Einfluss, als man im vorhinein erwarten sollte; ja man kann sagen, wären die beiden nicht vorhanden, so würde sich die Luft durch eine sehr bemerkenswerte und uns kaum zuträgliche Monotonie auszeichnen.

Betrachten wir zunächst den Einfluss des Wassers; dieses findet sich, wie gesagt, stets in der Luft vor, und zwar im allgemeinen nicht im flüssigen, sondern im gasförmigen Zustand als Wasserdampf. Seine Existenz verdankt derselbe nicht nur den großen Wasserflächen der Oeane, sondern zum großen Theile auch dem Festland, von dessen mit Wasser durchtränkter Oberfläche durch den Process des Verdampfens beständig Wasser in die Luft eintritt. Die Quantität des letzteren nun in einem bestimmten Volumen Luft ist außerordentlich

variabel; sie hängt in erster Linie von der Temperatur ab: ist die Luft warm, so vermag sie mehr Wasser in Gasform aufzunehmen, kühlt sie sich ab, so condensiert sich ein Theil des Wasserdampfes und scheidet sich aus der Luft ab; so entsteht ja der Thau. Eine Folge dieses Verhaltens ist es, dass wir im Winter bei Temperaturen von 4—6° C. Kälte in einem Cubikmeter Luft gewöhnlich nur 2—3 Gramm Wasser haben, im Sommer dagegen, bei einer Lufttemperatur von 20—25° C., durchschnittlich 12—15 Gramm im gleichen Volumen. Dieser starke Unterschied in der Feuchtigkeit wirkt nun in eigenthümlicher Weise auf unsere Haut und damit auf unser physisches Wohlbefinden zurück, indem durch denselben der Grad der Transpiration bestimmt wird. Ist die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, so können die Transpirationsproducte an der Oberfläche der Haut nicht verdampfen, scheiden sich als flüssige Tröpfchen ab, verstopfen die Poren und hindern so den normalen Gang des Stoffwechsels im Körper. Was wir in diesem Falle zunächst empfinden, ist das Gefühl der Schwüle, der Mattigkeit — es ist dies ein pathologisches Gefühl — dem wir durch künstliche Verdunstung durch Anwendung eines Fächers zu begegnen suchen. Hält diese Störung in der normalen Function der Haut längere Zeit an, so ist sie zum mindesten von einem hochgradigen körperlichen Unbehagen begleitet, nicht selten auch von ernstern Erkrankungen gefolgt. In unserem gemäßigten Klima freilich sind das nur Ausnahmefälle; versetzen Sie sich

aber in die Tropen, z. B. nach Ceylon, wo Sie Tag aus Tag ein, durch das ganze Jahr, bei einer Temperatur von  $26-30^{\circ}\text{C}$ . in einem Cubikmeter Luft circa 22 bis 25 Gramm Wasser haben, d. i. doppelt so viel als bei uns an feuchten Sommertagen, so werden Sie das Gefühl äußerster Erschöpfung und Mattigkeit verstehen, das den Europäer bei längerem Aufenthalt in solchem Klima befällt.

Dass hiebei die Temperatur an sich keine wesentliche Rolle spielt geht schon daraus hervor, das 26 bis  $30^{\circ}\text{C}$ . ja gar keine hohe, bei uns im Sommer eine ganz gewöhnliche Temperatur ist; dass dagegen die Feuchtigkeit das Maßgebende ist wird jedem klar, dem es vergönnt war, die, ich möchte sagen, köstliche Luft der Wüste einzuathmen, in der man — bei gleich hoher Temperatur — sich vollkommen frisch und, ähnlich wie auf der Höhe eines Berges, zu beliebiger körperlicher Anstrengung aufgelegt fühlt. Das sprichwörtlich gewordene erquickende Gefühl das die Luft der Wüste mit sich bringt, hat seinen Grund eben in der Trockenheit derselben: bei gleicher Temperatur haben Sie, in runden Zahlen, in jedem Cubikmeter Luft in Ceylon 25 Gramm, in Wien 14 Gramm, in der Wüste 7 Gramm Wasser, und diese Unterschiede sind es, die die verschiedene Einwirkung der drei genannten Luftarten auf unseren Organismus in erster Reihe bedingen.

Ein ähnliches Gefühl der Erquickung wie es der Reisende bei seiner Ankunft in Ägypten empfindet, wenn er aus Ceylon kommt, hat der Tourist

wenn er, aus dem Thale aufsteigend, auf dem Gipfel eines Berges angelangt ist. Die schwüle, drückende Luft des Thales ist verschwunden und hat einer reinen, stärkenden Atmosphäre Platz gemacht, selbst wenn die erreichte Höhe keine sehr bedeutende ist, sagen wir nur 2000 Meter beträgt. Hier spielen nun allerdings mancherlei Factoren mit, allein man überzeugt sich bald, dass die Hauptrolle wieder dem Wassergehalte der Luft zufällt. Dieser nimmt nämlich sehr rapid mit der Höhe ab, so dass man schon bei 2000 Metern die Hälfte des ganzen in der Atmosphäre enthaltenen Wassers unter sich hat; beim Aufsteigen aus dem Thal zur Höhe gelangt man somit in immer trockenere Luftschichten und damit schwindet in gleichem Maße das Gefühl der Schwüle, ähnlich wie beim Übergang von Ceylon nach Ägypten.

Unterstützt wird im allgemeinen das Gefühl der Annehmlichkeit auf der Höhe eines Berges allerdings auch noch dadurch, dass die Temperatur oben eine niedrigere ist als unten; allein wer je in einer Höhe von 2000 Metern oder darüber sich durch längere Zeit zu Mittag den Strahlen der Sommersonne ausgesetzt hat, der wird sich zwar erinnern, das Gefühl der Wärme, nicht aber das der Schwüle gehabt zu haben; gerade dieses aber ist das Lästige, das wir oft im Thale bei Temperaturen empfinden, bei welchen wir auf der Höhe davon vollkommen frei sind.

Man könnte bei den eben geschilderten Vorgängen auch an den verminderten Luftdruck auf der Höhe des

Berges denken; man sagt: „es geht sich leicht in der dünnen Luft“. Dieser Ausdruck ist ohne Zweifel berechtigt, soweit er die Thatsache ausdrückt dass wir in der Höhe uns zur Leistung körperlicher Arbeit aufgelegt fühlen; dass wir dieses Gefühl aber gemeinlich der „leichteren Luft“ zuschreiben hat seinen Grund wohl nur darin, dass wir erstens wissen, die Luft sei oben leichter, und zweitens, die größere Leistungsfähigkeit unwillkürlich nicht einem Zuwachs der Kräfte, sondern einer Verminderung der zu bewältigenden Last zuschreiben. In Wirklichkeit ist die Größe des Luftdruckes für die Arbeit die wir beim Gehen zu leisten haben, vollkommen gleichgiltig; andererseits ist aber der directe Einfluss des verminderten Druckes auf die Athmung immer ein nachtheiliger, wenigstens bei normaler Körperconstitution, und führt in größeren Höhen bekanntlich zur sogenannten Bergkrankheit, mitunter auch zu noch ernstern Complicationen.

Wir werden daher den Unterschied zwischen Berg- und Thalluft, insofern er deren Annehmlichkeit betrifft, wieder in dem verschiedenen Wassergehalte zu suchen haben.

Aber nicht nur unser Gefühl bestätigt uns das Vorhandensein von Unterschieden in der Luft, auch das Auge belehrt uns darüber, dass zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten der physikalische Zustand der Atmosphäre sehr wesentlich sich verändern muss. Wie klar und durchsichtig, man möchte



sagen hart, ist oft die Luft nach einem Regen, wie duftig und weich bei längerem schönen Wetter; welche Farbenpracht entfaltet sich manchmal am Abendhimmel und wirft ihren Glanz noch als Widerschein auf die entgegengesetzten Theile des Himmelsgewölbes, und wie glanz- und farblos sinkt nicht manchmal, besonders bei klarem Himmel, die Sonnenscheibe hinter den Horizont; wie tief blau wölbt sich der Himmel oft über unseren Köpfen, wie weißlich trüb wieder an anderen Tagen. Auch diese Variationen verdanken alle zum größten Theil einer Verunreinigung der Luft ihre Entstehung: dem Staub.

Ich spreche hier nicht von jenem Staub, der als sichtbare Materie in der Luft herumwirbelt — dieser ist immer local und im ganzen doch nur in geringer Menge vorhanden — sondern von einer außerordentlich fein vertheilten, oft mit dem Mikroskop nicht mehr sichtbaren Masse unbekannter, doch jedenfalls terrestrischer Provenienz, die sich zu jeder Zeit und an allen Orten in der Luft schwebend befindet. Es ist noch nicht lange her dass man Methoden kennt, diese Stäubchen nicht nur nachzuweisen, sondern sogar zu zählen, und ich will Ihnen zunächst einige Zahlen mittheilen aus denen Sie den Einfluss dieser Partikelchen auf die Reinheit der Luft entnehmen können.

Man hat bisher schon die verschiedensten Luftarten geprüft zu Land und zu Meer, in der Ebene und im Gebirge, im Thal und auf der Höhe, aber man hat noch keine staubfreie Luft gefunden; die reinste

war noch die auf einer Bergspitze (Rigi-Kulm) untersuchte, aber selbst diese enthielt noch circa 200 Staubpartikeln in jedem Cubikcentimeter. Steigt man jedoch von der Höhe in die Ebene herab, so mehrt sich diese Verunreinigung in ganz unglaublicher Weise: an der Meeresküste, bei Seewind, beträgt die Zahl der Partikeln in einem Cubikcentimeter schon 5000, im freien Land 20.000, in einer großen Stadt wie Paris — und in Wien wird es nicht anders sein — 200.000, in einem Zimmer endlich mit Gasbeleuchtung  $3\frac{1}{2}$  Millionen. Diese Zahlen sind natürlich Durchschnittswerte aus einer Reihe einzelner Beobachtungen, in Wirklichkeit variieren sie für ein und denselben Ort sehr, je nach den gerade herrschenden Witterungsverhältnissen, Windrichtung, Trockenheit der Luft etc.; nichtsdestoweniger lassen sie uns den großen Einfluss ahnen, den diese Art Verunreinigung, wenn auch an sich nicht sichtbar, auf die äußere Erscheinung der Luft nehmen wird.

Dieser Einfluss manifestiert sich zunächst in der größeren oder geringeren Durchsichtigkeit der Luft; bedenken Sie, dass ein jedes Staubtheilchen in derselben das Sonnen- oder Tageslicht reflectiert, und stellen Sie sich vor, wir blicken gegen einen entfernten Gegenstand, etwa eine Hügelkette, so ist klar, dass in unser Auge jetzt nicht nur das von den Hügeln reflectierte Licht gelangen wird, sondern auch all das weißliche Tageslicht, das von den vielen zwischen- gelagerten Staubtheilchen zurückgeworfen wird. Die

Folge davon ist, dass wir die Gegenstände nicht in jener Farbenklarheit sehen, wie es aus geringer Distanz der Fall wäre, sondern gleichsam hinter einem weißlichen Schleier, der bei genügender Dicke nicht nur die Farben, sondern schließlich auch die Contouren verwischt. Wir sagen dann mit Recht, die Luft sei trübe, ohne uns für gewöhnlich darüber klar zu werden, was diese Trübung verursacht; die früher erwähnte starke Abnahme des Staubgehaltes mit der Höhe hat auch zur Folge, dass wir auf Bergen eine derartige Trübung gewöhnlich nicht antreffen; in größeren Höhen bleiben Farben und Contouren entfernter Objecte auffallend klar, ja selbst die Sterne des Himmels zeigen sich in lebhafterem Glanze und ungezählte kleine Sternchen werden dem freien Auge sichtbar, die hinter dem gewöhnlichen Staubschleier der Ebene verschwinden.

Ich muss Sie nun auf eine höchst merkwürdige Wechselwirkung aufmerksam machen, die zwischen den beiden Hauptverunreinigungen der Luft, dem Wasser und dem Staub, besteht.

Für gewöhnlich befindet sich das Wasser, wie schon erwähnt, in Gasform in der Luft, d. h. es ist für unser Auge gar nicht wahrnehmbar; sinkt die Temperatur unter eine gewisse Grenze, so scheidet sich ein Theil desselben aber in tropfbar flüssigem Zustande ab, zuerst in außerordentlich kleinen, mit freiem Auge nicht sichtbaren Tröpfchen, später, durch allmähliches Zusammenballen derselben, in größere Tropfen als Thau

oder Regen je nach den äußeren Umständen. Die Erfahrung lehrt nun, dass dieser Übergang aus den unsichtbaren in den sichtbaren Zustand außerordentlich durch die Anwesenheit jenes feinen, an sich gleichfalls nicht sichtbaren Staubes begünstigt wird. In einer künstlich hergestellten, vollkommen staubfreien Luft ist es nur schwer möglich, den Wasserdampf zur Condensation zu bringen, mischen wir dieselbe aber mit staubhaltiger, so erfolgt der Niederschlag sofort in Form eines feinen Nebels. Eine mikroskopische Untersuchung der so entstandenen Nebeltröpfchen liefert nun das interessante Resultat, dass wir als Kern eines jeden derselben ein Staubpartikelchen vorfinden, vorausgesetzt natürlich, dass letztere genügend groß waren, um unter dem Mikroskope gesehen zu werden. Wir müssen daraus schließen, dass der Staub gewissermaßen als Krystallisationscentrum für den Niederschlag wirkt, dass er die Condensation einleitet, und dass jedes Staubtheilchen sich dabei mit einer Hülle flüssigen Wassers umgibt.

Solange diese Staub-Wasser-Conglomerate klein sind, schweben sie in der Luft, zu Haufen geballt als Wolken in all den abenteuerlichen Formen, in denen diese Gebilde die Luft bevölkern; tritt die Condensation aber — bei großer Feuchtigkeit der Luft — in erhöhtem Maße ein, so sinken die Tröpfchen zur Erde, anfangs klein und langsam, dann immer größer und schneller, bis die Erscheinung in einem tropischen Platzregen ihre größte Intensität entfaltet.

Wir haben nicht selten Gelegenheit, die Wolkenbildung in unmittelbarer Nähe, am Erdboden, zu beobachten, nur sprechen wir dann nicht von Wolken, sondern von Nebeln; die Erscheinung ist aber durchaus die gleiche, was in der Nähe als Nebel erscheint, präsentiert sich in größerer Entfernung als Wolke, wie jeder weiß, der jemals auf der Spitze eines Berges von einer einfallenden Wolke überrascht wurde. Nun bieten diese Nebel, deren mikroskopisches Studium leicht ausführbar ist, eine gute Illustration zu dem, was ich früher über das Zusammenwirken von Wasser und Staub gesagt: gerade die dichtesten, schwersten Nebel treten immer dort auf, wo sich nebst viel Wasser auch viel Staub in der Luft befindet, z. B. in der Nähe von Vulcanen oder über großen Städten, sie fehlen dagegen fast immer auf hoher See, wo doch Feuchtigkeit genug vorhanden ist, und auf Bergspitzen. Die berühmten Nebel Londons — und unsere Novembernebel desgleichen — verdanken ihren Ursprung nur den zahllosen feinsten Kohlenstäubchen, die aus den Schloten der Riesenstadt aufsteigen, und von denen ein jedes zum Kern eines kleinen Nebeltröpfchens wird. Thatächlich lehrt auch das Mikroskop, dass die während eines solchen Nebels als Staub in der Luft schwebenden Kohlenmassen ganz enorme, nach hunderten von Centnern zählende sind.

Senken sich also die Wassermassen aus der Luft zum Erdboden herunter, so führen sie stets große Mengen Staubes mit sich, und hierin werden Sie den

Grund dafür erblicken, dass nach einem Regen die Luft so ungewöhnlich rein und durchsichtig ist; wir sagen dann, die Luft sei „gewaschen“, und nicht mit Unrecht, denn der größte Theil des bei normalem Wetter darin enthaltenen Staubes wurde auf diese Weise entfernt. Die Wetterregel, dass einer klaren Luft bald Regen folgt, scheint das gerade Verkehrte auszusagen, sie ist aber doch insoferne gerechtfertigt, als das plötzliche Auftreten besonderer Klarheit seinen Grund in einem in der Nachbarschaft niedergegangenen Regen hat, von wo dann die „gewaschene“ Luft zufällig an den Beobachtungsort gelangte. Freilich braucht der Regen deshalb nicht nothwendig denselben Weg zu nehmen, es ist aber bekanntlich auch nichts unverlässlicher als eine Wetterregel.

Aber nicht nur alles Schlechte verdanken wir dem Wasser und Staub in der Luft, wie es nach dem bisher Gesagten den Anschein hätte, sie geben auch Veranlassung zu den schönsten, farbenprächtigsten Erscheinungen in unserer Atmosphäre. Denken Sie nur an die Wolken: welche Fülle von Abwechslung in Form und Farbe erzeugen diese Gebilde und wie wirken sie doch in erster Linie auf die Stimmung einer Landschaft ein. Ich glaube mehr als wir, die wir daran gewöhnt sind, in der Regel selbst spüren; aber ich kann Sie versichern, dass ich schon nach einmonatlichem Aufenthalte unter dem wolkenlosen blauen Himmel Indiens das Aufsteigen des ersten Gewölkes am Horizonte mit seltener Freude begrüßte und mir

da erst der vorangegangenen Monotonie im Wetter und des ermüdenden Einflusses derselben vollkommen bewusst wurde.

Den Wert der Wolken, wenn ich so sagen darf, wissen wohl am besten die Maler zu schätzen; mit wenigen Strichen drücken sie durch dieselben einer Landschaft den Stempel der Stimmung auf, und wenn wir vor das Bild hintreten, so erweckt die dargestellte Wolkenformation momentan und unbewusst in uns die gewünschten Empfindungen; Sommer oder Herbst, Mittag oder Abend, Ruhe oder Gewitter, das Alles spiegelt sich zuerst am Himmelsgewölbe wieder.

Aber auch wenn die Staub- und Wassermassen nicht in sichtbarer Form in der Luft enthalten sind, so wirken sie doch ganz wesentlich auf deren äußere Erscheinung ein; wie ich schon erwähnt habe, reflectieren sie das weiße Sonnenlicht in erheblichem Maße und veranlassen dadurch eine scheinbare Trübung der Atmosphäre. Sind die Theilchen verhältnismäßig groß, so wird das Licht als weißes Licht reflectiert, die Trübung der Luft ist eine weißliche; sind die Theilchen aber sehr klein, mikroskopisch kaum oder gar nicht mehr sichtbar, dann ändert sich die Erscheinung wesentlich. Solche fein vertheilte kleinste Partikelchen besitzen nämlich die Eigenschaft, vom einfallenden weißen Licht vorzugsweise nur die blauen und violetten Strahlen zu reflectieren, die rothen dagegen durchzulassen. Es ist dies eine Erscheinung, die Sie an allen sogenannten trüben Medien beobachten können,

z. B. am Rauch, an gewässerter Milch, am Milchglas etc.; alle diese Körper zeigen im reflectierten Lichte eine bläuliche Färbung, blicken Sie dagegen durch dieselben nach einer Lichtquelle, so erscheint diese deutlich geröthet.

Man kann sich die optische Wirkung eines derartigen trüben Mediums leicht vor Augen führen, indem man in ein größeres Gefäß mit Wasser einige Tropfen einer alkoholischen Lösung irgend eines Harzes, z. B. Mastix, gießt. Dabei wird der Alkohol lebhaft vom Wasser absorbiert und das vorher darin gelöste, im Wasser aber unlösliche Harz fällt in außerordentlich feinen, gleichmäßig vertheilten Partikelchen aus, die nun im Wasser so schweben wie der Staub in der Luft. Beleuchten wir unser Wassergefäß von vorne durch eine Lampe mit möglichst weißem Lichte — am besten freilich Sonnenlicht — so erglänzt es in einem eigenthümlich bläulichen Schimmer, und zwar im Innern der Flüssigkeit an den Partikelchen reflectierten Lichtes, das uns sofort an das Blau entfernter Berge erinnert. Betrachten wir dagegen das Licht, welches unser Glasgefäß durchsetzt, so ist dieses deutlich roth bis rothbraun gefärbt, dieselbe Farbe, die uns die untergehende Sonne zeigt.

Diese Farbeneffecte treten am deutlichsten auf, wenn man dem Wasser nur wenig Mastixlösung zusetzt, weil dann — wie man sich durch das Mikroskop überzeugt — die Partikelchen am feinsten sind; setze



ich mehr von der Lösung zu, so ballt sich der Mastix zu immer größeren, wenn auch an und für sich doch noch kleinen Klümpchen zusammen und der Effect ist, dass das reflectierte Licht allmählich vom bläulichen ins weißliche übergeht. Es ist derselbe weißliche Schleier, den wir über eine Landschaft mit stark staubiger Luft ausgebreitet sehen.

Ich brauche Ihnen nun wohl kaum mehr die Nutzenanwendung dieses Experimentes auf unsere Atmosphäre näher auseinanderzusetzen: das klare Wasser desselben ist hier vertreten durch die reine Luft und die Mastixpartikelchen durch den Staub. Alle die hundert Nuancen der Luftperspective, die zarten bläulichen und röthlichen Tinten der Landschaft, das prächtige, durch die Contraste von Roth und Blau charakterisierte Farbenspiel des Sonnenuntergangs, der bleierne Himmel eines schwülen Sommertages, kurz all die Farbenvariationen, durch welche unsere Atmosphäre erst Leben erhält, sie verdanken ihren Ursprung dem prosaischen Staub. Dass ohne denselben der Anblick der Landschaft nüchtern wäre, davon überzeugen uns die zahlreichen Bilder nordischer Landschaften in unseren Kunstausstellungen, die sich sämtlich durch eine hohe, offenbar naturwahre Durchsichtigkeit der Atmosphäre und infolgedessen durch eine hochgradige Monotonie auszeichnen. Dass aber die Luft in den Fjorden Norwegens ganz besonders staubfrei ist, begreift sich leicht, wenn man die Lage derselben, das Meer

einerseits, die ausgedehnten Schneefelder und Gletscher andererseits bedenkt.

Es muss sich Ihnen nach dem schon Gesagten der Gedanke fast von selbst aufdrängen, ob denn nicht die reine Luft an sich gleichfalls wie ein trübes Medium wirkt, da sie ja aus so vielen außerordentlich kleinen Partikelchen, den Molecülen, besteht? Gewiss ist diese Frage zu bejahen, nur wird die Wirkung wegen der Feinheit der Luft erst auf größere Strecken bemerkbar, dann aber ist auch dank der Kleinheit der Molecüle das erzeugte Blau ein ganz besonders intensives: es ist das an den Molecülen der Luft reflectierte Sonnenlicht oder das Ihnen allen wohlbekannte Blau des Himmels.

---

Werfen wir nun zum Schlusse noch einen Blick auf die Grenzen unserer Atmosphäre. Wir leben auf dem Grunde eines Luftceans, und zwar unter Bedingungen, die uns eine Erhebung über denselben nur in sehr beschränktem Maße gestatten, dementsprechend sind auch unsere Kenntnisse vom Zustand der höheren Luftschichten, insoweit sie auf einer directen Beobachtung beruhen, nur sehr mangelhafte. Durch Bergbesteigungen und Fahrten im Luftballon wissen wir, dass die Dichte der Luft mit der Höhe abnimmt, wir kennen natürlich auch die Gesetze dieser Abnahme, allein die solcherweise erhaltenen Daten lehren uns, dass wir da von der Grenze der Atmosphäre noch sehr

weit entfernt sind. Die bedeutendste bis jetzt von einem Menschen, und zwar per Luftballon, erreichte Höhe betrug 8 Kilometer, also circa das Doppelte der Höhe des Großglockners und etwas weniger als die Höhe des Himalaya, und doch muss die Luftmasse sich noch viel weiter in den Weltraum hinaus erstrecken.

Vielleicht wird es uns aber möglich sein, über jene Höhen, die unserer directen Beobachtung entzückt sind, auf andere Weise Aufschluss zu erhalten. Schweben nicht die Wolken in der Luft? Wo also Wolken sind da muss auch noch Luft sein. Nun hält es nicht schwer, die Höhe von Wolken wenigstens mit einiger Genauigkeit zu messen, und man gelangt solcherweise schon zu einer sehr erweiterten Vorstellung über die Höhe der Atmosphäre. Während die Hauptmasse der Wolken sich gewöhnlich in Höhen von nur 2 bis 5 Kilometern hält, gelingt es nicht selten einzelne scharf abgegrenzte weiße Cumuli, wie sie namentlich zur Sommerszeit häufig des Nachmittags am blauen Himmel stehen, bis zu 20 Kilometern aufsteigen zu sehen. Selbst in diesen bedeutenden Höhen muss die Luft noch Dichtigkeit genug besitzen, um die Wassermassen, die die Wolken bilden, an einem directen Niederfallen zu hindern.

Aber auch diese 20 Kilometer sind noch nicht die äußerste Grenze die wir mit Sicherheit angeben können; wir kennen eine physikalische Erscheinung die sich in noch bedeutenderen Höhen abspielt und

dabei ohne Zweifel an das Vorhandensein von Luft gebunden ist: das Nordlicht. Wenn wir auch über das Wesen dieser Erscheinung noch keineswegs vollkommen im Klaren sind, so wissen wir doch dass es eine Form elektrischer Entladung ist, die in sehr verdünnter Luft — wenigstens vorzugsweise in solcher — vor sich geht. Nun lehrt uns zwar schon die Thatsache dass ein und dasselbe Nordlicht gleichzeitig von großen Ländergebieten aus sichtbar wird, dass die Höhe der Erscheinung eine sehr beträchtliche sein muss; man hat dieselbe in letzter Zeit aber auch eingehenderen Messungen unterzogen und gefunden, dass Höhen bis zu 150 Kilometern, d. i. circa das Fünfzehnfache des Himalaya, nicht selten sind. Wie weit aber unsere Atmosphäre sich über die Grenze des Nordlichtes und ob sie sich überhaupt über dieselbe hinaus erstreckt, darüber zu urtheilen fehlt uns vorläufig jeglicher sichere Anhaltspunkt.

Die eben genannten Höhen sind gewiss, nach den gewöhnlichen Begriffen, sehr bedeutende; sollen wir sie aber richtig schätzen, so müssen wir ihr Verhältnis zur Erdkugel ins Auge fassen, d. h. uns vorstellen, wie weit an einem Globus von bestimmter Größe die in richtiger Proportion angebrachte Luft-hülle reichen würde. Stellen Sie sich zu diesem Zwecke einen Globus vor dessen Durchmesser oder Achse der Stefansthurm wäre, und denken Sie sich auf denselben einen Menschen mittlerer Größe gestellt, so würde dessen Fuß die Erde und dessen

Scheitel die äußerste Grenze der Atmosphäre berühren; so gering ist trotz ihrer Höhe die Dicke der Luftschichte im Vergleich zur Erdmasse. Und wollten wir auf diesem Globus die höchsten Wolken im richtigen Maßstab anbringen, so dürfte dies nur eine Spanne hoch über der Oberfläche sein; der Himalaya endlich würde nur um die Länge eines Fingers hervorragen.

---

Erlauben Sie mir schließlich noch eine Frage: wenn, wie ich gesagt habe, die Molecüle der Luft beständig in lebhafter fortschreitender Bewegung begriffen sind, warum zerstreut sich dann unsere Atmosphäre nicht allmählich in den Weltraum? Nun vor diesem für unser Leben allerdings sehr bedrohlichen Umstände sind wir zum Glück durch die Anziehungskraft der Erde geschützt, die ein jedes Lufttheilchen, wenn es sich zu entfernen strebt, wieder zurücktreibt. Sowie eine aufwärts geschossene Gewehrkuugel die Erde nicht verlässt, sondern wieder auf dieselbe zurückfällt, so auch die Molecüle der Luft; ihre Bewegungen sind zwar lebhaft, aber lange nicht lebhaft genug, um sich den Banden der Erdschwere zu entziehen, und wir können diesbezüglich ganz mit Beruhigung in die Zukunft blicken.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 1891

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Exner Franz

Artikel/Article: [Über unsere Atmosphäre. 127-163](#)