mit einer isomerisch polymerischen Verbindung zu thun.

Man sieht leicht ein, daß diese erste Abhandlung zu einer Menge interessanter Fragen Veranlassung giebt; einige derselben mache ich gegenwärtig zum Gegenstande einer besonderen Untersuchung.

IX. *Untersuchung über die Zusammensetzung der Atmosphäre. Erste Abhandlung. Ueber die Möglichkeit, das Daseyn von Miasmen zu erweisen, und über die Gegenwart einer wasserstoffhaltigen Substanz in der Luft; von Hrn. Boussingault.*

(*Ann. de chim. T. LVII p. 148.*)

Unter den zahlreichen Fragen über die chemische Beschaffenheit der Atmosphäre sind wenige des Interesses würdiger als die: woraus die Ungesundheit der Luft entspringe. Der tödtliche Stoff, der meistens dieselbe erzeugt, ist so flüchtig und in so geringer Menge in der Luft verbreitet, daß er sich allen unseren eudiometrischen Hilfsmitteln entzieht, und dennoch wirkt er so heftig, daß er immer durch die Verheerungen, welche er um uns her anrichtet, sein Daseyn zu erkennen giebt. Man muß gelebt haben unter jenen kraftlosen Völkern, bei denen das Alter so zu sagen unbekannt ist; man muß an sich selbst die traurigen Folgen der bösen Luft erfahren haben, um sich eine Idee von der Feinheit dieser Substanz zu machen.

Die Ursachen der Ungesundheit sind im Allgemeinen so zahlreich und in ihren Wirkungen so mannigfal-

tig, daß es unmöglich seyn würde, sie alle aufzuzählen. Jeder weiß z. B. daß große Feuchtigkeit oder Trockenheit, heftige Kälte oder übermäßige Hitze, vor allem aber plötzliche Temperaturveränderungen den nachtheiligsten Einfluß auf den Gesundheitszustand eines Landes ausüben können. In der Provinz Choco z. B., wo es beständig regnet, und wo daher die Luft fast immer mit Wasserdampf gesättigt ist, trifft man schwerlich eine Person, die nicht am Skorbut litte. Und in den Hochebenen der Andes, wo die Luft, glücklicherweise freilich nur selten, einen Grad von Trockenheit erreicht, von dem man sich in Europa keine Vorstellung macht (das Saussure'sche Hygrometer kommt auf 26°), werden dann die Bewohner von böartigen Augenübeln befallen. Zu *Guaillabamba* und zu *Salinas de Mira*, Orten in der Provinz Quito, schreibt man die Wechselfieber, welche daselbst so oft herrschen, alleinig dem großen Unterschied zwischen der Tages- und Nachttemperatur zu. Das Land ist nämlich hoch und trocken, ja sogar dürr; am Tage wird daher der sandige und überall nackte Boden stark von der Sonne erhitzt, und in der Nacht, unter dem für die Strahlung günstigen Himmel, sinkt die Temperatur der Luft sehr tief herab. Am Tage, wenn die Hitze lästig geworden ist, braucht nur eine Wolke momentan ihren Schatten auf den Erdboden zu werfen, um sogleich eine lebhafteste Kälte hervorzurufen.

Außer diesen klimatischen Ursachen, deren Einfluß auf die Ungesundheit gewisser Gegenden sich übrigens schwierig abschätzen läßt, giebt es noch eine andere, allgemeinere und kräftigere, die sich unter gleichen Umständen beständig entwickelt. Diese insbesondere soll uns in der gegenwärtigen Abhandlung beschäftigen: sie entwickelt sich allemal dort, wo abgestorbene Pflanzentheile den Wirkungen der Wärme und Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Vorzugsweise ist sie den heißen und sumpfigen Ländern oder denen eigen, die von ausgedehnten

Waldungen umgeben sind. Ihre Wirkung äufsert sich vor allem dort in furchtbarer Weise, wo süsse und salzige Gewässer zusammentreten, an den Mündungen großer Flüsse oder am Küstenstrich von Buchten, die viele Giefsbäche aufnehmen. Diese Ursache wirkt oft mit solcher Stärke, daß man sich nur sehr kurze Zeit an einem derartigen Orte aufzuhalten braucht, um ihre böartige Wirkung in vollem Maasse zu erfahren. Zwischen den Wendekreisen, wo dergleichen Oertlichkeiten sehr gemein sind, bemerkt man immer, daß die Ungesundheit nach der Regenzeit auftritt, dann, wann der Boden auszutrocknen anfängt. In den weiten Steppen von San Martin, östlich von Santa Fe de Bogota, zeigen sich die Fieber in jedem Jahre regelmäfsig nach der Regenzeit. Der Eingeborne, der gewohnt ist die reine Bergluft einzuathmen, braucht dann nur in die Ebene hinabzusteigen, um fast augenblicklich zu erkranken.

Eine Zeit, wo die Ursache zur Ungesundheit mit äußerster Strenge herrscht, ist die einer großen Urbarmachung. Eine solche ist unter der heißen Zone immer ein Kampf auf Leben und Tod zwischen dem Menschen und der Vegetation. Die Bäume, welche unter der Axt des Pflanzers fallen, hauchen bei ihrer Zersetzung die tödtlichen Miasmen aus. Die erste Kolonie, welche einen Wald zu erobern meint, welkt dahin und stirbt. In Nord-Amerika macht der Winter jedes Jahr einen Waffenstillstand zwischen den Streitern; die Fäulniß wird unterbrochen und der Mensch erholt sich wieder. Unter den Tropen aber dauert der Kampf unaufhörlich, und oft unterliegt der Mensch. Ich will ein merkwürdiges Beispiel hier anführen. Das schöne Dorf Amaga, in der Provinz Antioquia wurde vor nicht gar langer Zeit in einer waldigen Gegend erbaut. Der Pfarrer, der es gründete, versicherte mir, daß die Bevölkerung in den ersten sechs Jahren nach der Urbarmachung keine Fortschritte machte; die neuen Bewohner wurden fast alle

von Wechselfiebern ergriffen. Das Uebel dauerte während der ganzen Zeit, daß die Wurzeln und Stämme der umgehauenen Bäume sich in Dammerde verwandelten; seitdem ist das Dorf immer gesünder geworden, und gegenwärtig ist es eins der wichtigsten in der ganzen Provinz.

Panama, welches zur Zeit, als sich die Spanier dort niederließen, mit Wäldern bedeckt war, wurde damals noch nicht als ein mörderisches Klima bezeichnet; wenigstens haben die Conquistadores nicht die Ungesundheit desselben empfunden, denn wir sehen, daß sie sich nach den gefährvollen Expeditionen, die mit der Eroberung von Peru verknüpft waren, nach dem Isthmus zurückziehen. Die Ungesundheit fing erst mit der Urbarmachung an, und länger als ein Jahrhundert bot Panama die entsetzlichste Sterblichkeit dar; bald verringerten sich indess die Krankheiten rasch, und gegenwärtig ist, wenn man die Sümpfe von Chagres ausnimmt, der Isthmus auf dem Küstenstrich am stillen Meer nicht ungesünder als irgend ein Ort an der Küste von Choco.

Am heftigsten sind die tödtlichen Wirkungen an den Orten, wo das Meerwasser sich mit süßen und stehenden Gewässern vermischen kann. Schon Vitruv rieth ab, an solchen Orten eine Stadt anzulegen. Die Ungesundheit der salzigen Sümpfe an der Küste des Mittelmeers giebt davon einen neuen Beweis; und Hr. Gaetano Georgini hat, in einer sehr interessanten Abhandlung, auf die einleuchtendste Weise dargethan, daß Via Reggio und alle Orte an der Küste des Meers, am Fuß der Apenninen, ihr ungesundes Klima bis zum J. 1741 behielten, wo man mit der Gesundmachung des Landes den Anfang machte, indem man Schleusen erbaute, die das Meerwasser am Eindringen in den inneren Sumpf verhinderten ¹⁾. Seitdem hat die armselige und stationäre Population dieser Küste rasch zugenommen. Via

1) *Annal. de chim. et de phys. T. XXXIX p. 225.*

Reggio z. B., welches i. J. 1733 nur eine sieche Bevölkerung von 330 Personen zählte, hatte im J. 1823 mehr als 4000 Einwohner. Eben so sind in Amerika vorzugsweise die Orte ungesund, wo sich süßes und salziges Wasser vermischt. Das Innere, oder, wie man gewöhnlicher sagt, der Sack des Golfs von Maracaibo ist gewissermaßen unbewohnbar; und man kann fast sicher darauf rechnen, das Fieber zu bekommen, wenn man die Cienegas oder Sümpfe von Santa-Marta durchreist. Es giebt sogar Orte, die eine erstaunliche Ungesundheit besitzen. Auf der Küste des Littorals von Venezuela nennt man z. B. Caïta als dermaßen ungesund, daß bloß die Neger das dortige Klima ertragen können. Man erzählt, daß mehre Schwarze, die ihre Schulden nicht bezahlen wollten, nur zu Hause bleiben durften, indem Keiner sie bis dahin zu verfolgen wagt, seitdem ein Gerichtsdieners, der so verwegen war, sein Amt im Dorfe Caïta zu verwalten, daselbst in wenigen Stunden an einem heftigen Fieberanfälle starb. Wir finden also eine hervorstechende Ungesundheit in allen Ländern, die neben einer hohen Temperatur einen feuchten Boden besitzen, und wir sehen dieselbe sich noch steigern, wenn große Strecken urbar gemacht werden, und wenn Meerwasser sich mit süßen und stehenden Gewässern vermischt. Unter solchen Umständen muß also die Wärme eine tödtliche Substanz erzeugen; denn die Hitze für sich ist nicht die Ursache der Ungesundheit. Ich könnte hier einen Abriss von meteorologischen Beobachtungen geben, die vergleichend in den Ebenen des Meta, östlich von der östlichen Cordillere, und im Thale des Magdalenaenflusses, westlich von derselben Kette, angestellt worden sind. In beiden Gegenden beobachtet man dieselben Barometerstände, dieselben Thermometerschwankungen und denselben Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre. Der einzige Unterschied besteht darin, daß die Llanos des Meta einen Theil des Jahres überschwemmt sind, und dieß

reicht hin, hier das Princip der Ungesundheit zu erzeugen. Es ist dießs Princip, welches man Miasma nennt.

In allen sumpfigen Ländern empfehlen die Einwohner gleiche Vorsichtsmafsregeln. In den Pontinischen Sümpfen, wie in den Morästen von Süd-Carolina warnt man die Reisenden, sich nicht dem Thau auszusetzen, der unmittelbar nach Sonnenuntergang fällt. Dieselben Ideen habe ich auch in den so ungesunden Thälern von Patia und vom Cauca angetroffen. Ueberall hat man auch beobachtet, dafs ein oft sehr geringer Höhenunterschied einen Wohnplatz gegen den tödtlichen Einflufs sichert, der am Boden des Thales wüthet. Die Hacienda del Esmero, wenige Hunderte von Metern über Veracruz liegend, theilt nicht die Ungesundheit der Küste. Das niedliche Dorf Turbaco, welches nur 364 Meter über dem Meeresspiegel liegt, ist frei vom gelben Fieber (*vomito prieto*), welches so oft den Hafen von Cartagena heimsucht. Aus allen diesen wohl erwiesenen Thatsachen, die ich noch um eine gute Anzahl vermehren könnte, hat man geschlossen, dafs Pflanzenstoffe bei ihrer Zersetzung unter der Einwirkung starker Wärme und beständiger Feuchtigkeit, Miasmen erzeugen. Aus denselben Gründen hat man vorausgesetzt, die böse Luft (*aria cattiva*) sey schwerer als die reine Luft, und die Miasmen schlugen sich zum Theil mit dem Thau nieder, welcher in heifsen und feuchten Ländern sehr reichlich nach dem Untergang der Sonne erscheint. Auch hat man sich die Miasmen immer mit der Thaubildung verknüpft gedacht.

Seit sehr langer Zeit weifs man, dafs ein Körper, der eine niederere Temperatur als die Atmosphäre besitzt, sich, so wie er mit dieser in Berührung kommt, mit Feuchtigkeit beschlägt. Schon die Academiker del Cimento hatten auf dieses Princip ein Hygrometer errichtet. Es ist aber eigentlich der Italiäner Moscati, der das in der Atmosphäre befindliche Wasser zuerst in der

Absicht verdichtete, um darin das Princip der bösen Luft aufzufinden.

Moscati machte seine Versuche auf den Reisfeldern von Toscana. In einiger Höhe über dem Boden hing er mit Eis gefüllte Kolben auf, und fing das an deren Oberfläche verdichtete Wasser auf. In diesem, anfangs klaren Wasser setzten sich bald Flöckchen ab, welche die Eigenschaften thierischer Substanzen besaßen. Nach einigen Tagen endlich war dieß Wasser ganz in Fäulniß übergegangen.

Im Laufe des Jahres 1812 unternahm Hr. Rigaud de L'Isle in den Sümpfen von Languedoc eine ähnliche Reihe von Versuchen. Auf einer großen Glasfläche, gebildet von mehreren Fensterscheiben, fing er den Thau auf. Das hiedurch erhaltene Wasser zeigte dieselben Erscheinungen, wie das von Moscati aufgefangene. Es faulte, indem es Flocken einer organischen stickstoffhaltigen Substanz absetzte. Ueberdies gab es mit salpetersaurem Silber einen Niederschlag, der schnell purpurroth wurde. Durch Versuche mit Thieren, denen er von diesem Wasser eingegeben hatte, suchte Hr. Rigaud die tödtliche Wirkung desselben festzustellen, und er sah in den Miasmen die allgemeine Ursache der Viehseuchen. Diese Versuche scheinen mir keinesweges beweisend zu seyn; wenigstens ist es Thatsache, daß man in den ungesündesten Llanos von Amerika die Thiere oft das mit Thau benäßte Kraut ohne den geringsten Schaden fressen sieht. Im J. 1819, als ich das Departement de l'Ain in geognostischer Hinsicht bereiste, bemerkte ich, daß Schwefelsäure, die ich neben eine Pfütze gestellt hatte, in welcher man Hanf röstete, sehr bald schwarz wurde. Entfernt von diesem Orte der Fäulniß schwärzte sich dagegen die Säure nur sehr langsam. Jeder kennt den stinkenden Geruch der Pfützen, in welchen Hanf geröstet wird; und als ich dieß Departement bereiste, herrschten Fieber fast in allen Dorfschaften. Mehr als wahr-

scheinlich ist die schwarze Farbe, welche die Säure annahm, veranlaßt durch die Verkohlung einer in der Luft schwebenden organischen Substanz. Ich machte über diesen Gegenstand ziemlich viele Beobachtungen, die ich aber unglücklicherweise verlegt habe.

Als ich Europa verließ, um das mittägliche Amerika zu besuchen, theilte ich Hrn. v. Humboldt meine in den Hanfbereitereien des Ain-Departements gefundenen Resultate mit, und derselbe bestärkte mich in dem Vorsatz, neue Versuche über denselben Gegenstand in den ungesunden Klimaten jenes Erdtheils anzustellen. Sogleich nach meiner Ankunft in Amerika bemühte ich mich, gemeinschaftlich mit Hrn. Rivero, diese Untersuchungen anzufangen; unglücklicherweise waren aber die Umstände nur zu günstig. Wir befanden uns damals zu Maracay, am Ufer des Taricagua-Sees. Es war in der trocknen Jahreszeit, das Wasser des Sees hatte sich zurückgezogen, und der erst unlängst überschwemmte Boden war in einem stinkenden Schlamm verwandelt, der das tödtliche Princip in die Luft verbreitete. Das Fieber herrschte in allen Wohnungen. Westlich von Valencia, in den Militairlinien von Puerto-Cabello, hauset gleichfalls eine sehr energische Ungesundheitsursache, welche die Reihen des damals gerade diesen Ort belagernden Heeres der Republikaner täglich lichtete. Sehr reine Schwefelsäure, mit der wir versehen waren, sahen wir zu Maracay innerhalb 12 Stunden an der Luft eine ungemein dunkelschwarze Farbe annehmen. Dasselbe war zu Valencia der Fall; allein bald sah ich ein, daß in derlei Versuchen gar kein Zutrauen zu setzen sey, indem die zahlreichen Insecten, mit denen die Luft unter den Tropen erfüllt ist, mehr als vielleicht sonst irgend Etwas zur Schwärzung der Schwefelsäure beitrugen. Von nun an gab ich dieß Verfahren ganz auf.

Erst im J. 1829 unternahm ich neue Versuche über die Miasmen. Ich befand mich damals zu Cartago. Das

Caucathal, an dessen nördlichem Ende diese Stadt gelegen ist, schließt einen bedeutenden Strom ein, den Cauca, welcher auf einer Strecke von mehr als 60 Lieues eine absolute Höhe von 800 bis 900 Metern besitzt. Auf diesem ganzen Wege hat er nur einen langsamen Lauf, er überschwemmt seine Ufer, vorzüglich in der Umgegend von Cali und Buga, und bildet Lagunen, welche das Land ungesund machen. Cartago hat keine so ungünstige Lage als Cali und Buga; wenn aber der Wind aus Süden weht, geräth diese Stadt unter den Einfluß der Luft, die über alle Sümpfe des Thals hinweggestrichen ist; und alsdann sind Krankheiten in Cartago sehr häufig. Diefs waren die Umstände, unter denen ich meine Versuche begann.

Kurz nach Sonnenuntergang setzte ich zwei Uhrgläser auf einen Tisch, der mitten auf einer sumpfigen Wiese stand. In eins der Gläser goß ich warmes destillirtes Wasser, um es zu benässen und ihm zugleich eine höhere Temperatur als die der Atmosphäre zu geben. Das kalt gelassene Glas, durch die Wirkung der nächtlichen Strahlung noch mehr erkaltet, beschlug sich bald sehr reichlich mit Thau. Als ich in jedes Glas einen Tropfen destillirter Schwefelsäure schüttete und die Flüssigkeit über der Weingeistlampe zur Trockne abdampfte, sah ich immer in dem Glase, in welches der Thau sich abgesetzt hatte, eine Spur von kohligter Substanz zurückbleiben, während das unbethaute Glas nach der Verdampfung der Säure vollkommen rein blieb. Diefs Verfahren hatte den Vortheil, dafs es nur sehr kurze Zeit erforderte, und dafs, wenn ein Mosquito in eins der Gläser gefallen war, er vor dem Zusatz der Säure leicht herausgenommen werden konnte. Ich experimentirte vergleichend mit zwei Gefäßen von verschiedener Temperatur, um einem, den Moscati'schen Versuchen gemachten Einwurfe zu begegnen, dem nämlich, als habe sich der in der Luft herumschwimmende Staub an die feuchte Oberfläche seiner

Glaskugel ansetzen können. Bei meinen Versuchen hätte sich natürlich der organische Staub, wenn wirklich von ihm vorhanden war, auch auf die Oberfläche des warmen destillirten Wassers absetzen, und also die Schwefelsäure auch dort eine Spur von Kohle erzeugen müssen. Allein dieß war nicht der Fall. Ich setzte meine Versuche mehre Abende fort. Allein bald spürte ich an mir selbst die Wirkung der Miasmen, deren Gegenwart ich zu erweisen beabsichtigte; ich wurde von einem Fieber befallen, das mich zwang meine Untersuchungen abzubrechen.

In Vega de Zupia nahm ich meine Versuche wieder auf. Dießs Dorf liegt am Ende eines engen Thales, das von einem sich darin hinschlängelnden Bach häufig überschwemmt wird; es ist heifs und feucht, und damals waren Fieber sehr verbreitet darin.

Die Resultate Moscati's und Rigaud's, so wie meine eigenen zu Cartago beweisen einleuchtend, dafs sich, an sumpfigen Orten, mit dem Thau noch eine organische Substanz niederschlägt; allein von deren Menge geben alle diese Versuche keine Idee.

Voraussetzend, dafs das Miasma, wie jede organische Substanz, Wasserstoff unter seinen Bestandtheilen enthalte, kam ich auf die Idee, dafs sich die Gegenwart des Miasma, ja bis zu einem gewissen Punkt die Menge desselben in der Luft, werde bestimmen lassen, wenn man das Gewicht des darin enthaltenen Wasserstoffs ermitteln könnte. Zu dem Ende liefs ich ein gegebenes Gewicht von wohlgetrockneter böser Luft durch eine rothglühende Glasröhre streichen; in dieser Temperatur mußte das Miasma verbrennen und sein Wasserstoff Wasser bilden, das in einer Röhre mit Chlorcalcium aufgefangen werden konnte. Durch das Gewicht des Chlorcalciums vor und nach der Operation mußte sich die Menge des gebildeten Wassers und damit auch die des Wasserstoffs ergeben. Allein dieser so leicht anzugebende Versuch bietet

in der Ausführung große Schwierigkeiten dar. Man muß vollkommen gewiß seyn, daß man mit trockner Luft arbeite; sonst läuft man Gefahr, das für Wasser von der Verbrennung des Miasmas zu halten, was nichts als hygrometrisches Wasser ist. Ich werde sogleich, bei Beschreibung des angewandten Apparats, die minutiösen Vorsichtsmaßregeln angeben, die man befolgen muß, wenn man sich vor allen Fehlern sichern will.

Im Laufe des Juli 1830 unternahm ich mehrere Versuche. Ein Volum trockner Luft, dessen Gewicht zwischen 305 und 310 Grammen schwankte ¹⁾, gab mehrmals bis 0,050 Grm. Wasser, entsprechend 0,005 Wasserstoff. Da die Hitze anhielt, so trocknete der Boden mit jedem Tage mehr aus, und zugleich verminderte sich auch stetig die Wassermenge, die aus einem gleich großen Luftvolumen erhalten wurde. Ende Julis bekam ich nur 0,012 Grm. Wasser, entsprechend 0,0013 Wasserstoff.

Bei diesen Versuchen liefs ich die böse Luft, ehe sie in das glühende Rohr trat, nur durch eine lange mit Chlorcalcium-Stückchen gefüllte Röhre streichen; wenn ich sie aber vorher durch Schwefelsäure gehen liefs, bekam ich keine merkliche Spur von Wasser, indem die organische Substanz in der Säure blieb. In einigen Fällen glaubte ich in der Chlorcalcium-Röhre, welche zur Auffangung des gebildeten Wassers gedient hatte, eine sehr geringe Gewichtszunahme wahrzunehmen; allein zuweilen nahm auch dieselbe Röhre, wenn sie nicht frisch geschmolzenes Chlorcalcium enthielt, offenbar an Gewicht ab.

Diese Resultate machen es ungemein wahrscheinlich, daß die Miasmen, die sich in sumpfigen Ländern erzeugen, aus einer flockigen Substanz bestehen. Und man begreift darnach sogar die Wirksamkeit gewisser Vor-

1) Um die Luftvolumen, mit denen ich experimentirte, in Gewicht zu verwandeln, nahm ich an, ein Liter trockner Luft von 0° C. wiege 15^{rm}.299.

sichtsmafsregeln, die man zum Schutz gegen sie empfohlen hat, z. B. dafs man nur sein Gesicht mit einem Schleier zu bedecken brauche. Wirklich habe ich manchmal gesehen, dafs Personen, welche die Sümpfe von Cauca durchwandern mufsten, ihr Gesicht ganz in ein Tuch gehüllt hatten, so dafs sie nur durch dasselbe athmen konnten.

Meine Resultate in Vega de Zupia sind nicht zahlreich genug, um daraus eine Folgerung von einiger Wichtigkeit ziehen zu können. Dazu hätten diese Versuche mehrere Monate lang fortgesetzt werden müssen. Was ich indefs in Amerika nicht habe ausführen können, hoffe ich in Europa zu vollenden; selbst in Frankreich fehlt es nicht an ungesunden Orten, wo es leicht seyn wird, diese Untersuchungen fortzusetzen. Mittlerweile glaube ich das von mir angewandte Verfahren beschreiben zu müssen, weil es mir vollkommen zweckmäfsig scheint, allemal, wenn es sich darum handelt, in der Atmosphäre einen in so zu sagen unendlich kleiner Menge vorhandenen organischen Stoff nachzuweisen.

Untersuchungen über eine in der Luft befindliche wasserstoffhaltige Substanz.

Wie man gesehen, erhielt man bei Erhitzung einer bösen Luft, die zuvor mit Schwefelsäure gewaschen und getrocknet worden ist, kein Wasser, oder wenigstens eine zweifelhafte Menge. Es war wichtig diesen Punkt aufzuhellen, da er sich der Frage anschlofs, ob Wasserstoff in der atmosphärischen Luft vorhanden sey.

Früher nahm man Wasserstoff in der Atmosphäre an, und man versetzte ihn, wegen seiner Leichtigkeit, in die höheren Regionen. Von seiner Verbrennung leitete man die feurigen Meteore ab, und man ging sogar so weit, in ihm die Ursache des Donners und des Regens zu erblicken. Diese gewagten Hypothesen waren nur

so lange haltbar als man nicht wußte, daß der Dichtigkeitsunterschied kein Hinderniß für die innere Vermischung zweier Gase ist. Nachdem Hr. Gay-Lussac die von ihm in einer erstaunlichen Höhe aufgefangene Luft analysirt, und dadurch bewiesen hatte, daß dieselbe nahe gleiche Zusammensetzung besitzt, wie die, welche wir an der Erdoberfläche einathmen, mußte man annehmen, daß, wenn überhaupt Wasserstoff in der Atmosphäre enthalten sey, er doch nur in einer, für die Analyse verschwindenden Menge vorkommen könne.

Neuerlich ist Hr. Theodor de Saussure bei seinen wichtigen Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre auf die Vermuthung geführt, es sey ein brennbares Gas in der Luft vorhanden ¹⁾. Als er ein Gemenge von reinem Wasserstoffgas mit atmosphärischer, von Kohlensäure befreiter Luft verpuffte, erhielt er immer noch der Verbrennung Kohlensäure. Die Versuche dieses berühmten Chemikers lassen indeß die Natur des brennbaren Gases, welches die Kohlensäure erzeugte, unentschieden; allein offenbar mußte es Kohlenwasserstoffgas oder Kohlenoxyd gewesen seyn. Hr. de Saussure neigt zur Annahme von Kohlenoxydgas, und meint, dieß Gas entspringe aus der Zersetzung eines Theils der atmosphärischen Kohlensäure durch elektrische Funken, einer Zersetzung, welche, nach ihm, Sauerstoff und Kohlenoxyd geben würde. Dadurch erklärt er zugleich die Verringerung, welche er immer, wenn die Luft stark elektrisch war, in der Menge ihres Kohlensäuregehalts wahrgenommen hat.

Die Versuche, welche ich kürzlich unternahm, um zu entscheiden, ob die Luft Wasserstoff enthalte, wurden im März und Mai in Paris angestellt. Der dabei angewandte Apparat ist im Wesentlichen dem ähnlich, mit welchen ich früher in Amerika experimentirte. Nur habe ich

1) Annal. Bd. XIX S. 431

ich ihn dadurch unendlich empfindlicher gemacht, daß ich zur Absorption des bei Verbrennung der wasserstoffhaltigen Substanz gebildeten Wassers, statt des Chlorcalciums, Asbest, getränkt mit concentrirter Schwefelsäure, anwandte. Um den nachfolgenden Resultaten einiges Vertrauen zu erwecken, werde ich diesen Apparat im Detail beschreiben. (Siehe Fig. 17 Taf. II des Bandes XXXV.)

Es ist *a* eine mit dem Gasometer verbundene Röhre, — *b* eine Flasche, in die man Schwefelsäure gießen kann, — *c* eine 8 bis 10 Fuß lange Röhre, gefüllt mit Chlorcalcium in Stückchen, — *d*, *e* und *g* Röhren, welche alle drei Asbest, getränkt mit concentrirter Schwefelsäure, enthalten, — *f* eine mit Kupferspänen gefüllte und mit Blech umwickelte Röhre von grünem Glase, — *h* ein Gefäß mit Quecksilber, und *i*, *i*, *i*, *i* Kautschuckröhren.

Die Luft geht vom Gasometer in die Schwefelsäure der Flasche *b*, und darauf durch das Rohr *c*, wo sie getrocknet wird. Die Röhre *d* dient zur Fortschaffung der letzten Portionen Feuchtigkeit, die der austrocknenden Wirkung des Chlorcalciums entgangen seyn könnten. Beim Durchgang durch die Röhre *f*, worin frisch ausgeglühte Kupferdrehspäne rothglühend erhalten werden, erlangt die Luft eine zur Verbrennung ihres etwaigen Wasserstoffs hinlängliche Temperatur; es bildet sich Wasser, und dieses Wasser verdichtet sich in der Röhre *g*. Durch das Gewicht dieser Röhre wird der in der Luft enthaltene Wasserstoff bestimmt.

Da es das in der Röhre *g* aufgefangene Wasser ist, aus welchem das Daseyn einer wasserstoffhaltigen Substanz in der Luft gefolgert, und der Wasserstoffgehalt bestimmt wird, so muß begreiflich vor allem zunächst bewiesen werden, daß dieses Wasser alleinig von der Verbrennung der wasserstoffhaltigen Substanz in der glühenden Röhre herrührt.

Der erste Einwurf, den man machen kann, ist der, daß das in der Röhre *g* abgesetzte Wasser von einer geringen Menge Feuchtigkeit herrühre, die der austrocknenden Wirkung der Röhren *c* und *d* entging. Um auf diese Einwürfe zu antworten, brachte ich zwischen der Röhre *d* und der auf dem Ofen ruhenden Röhre *f* die Röhre *e* an; sie enthielt Asbest, getränkt mit Schwefelsäure, hatte gleiche Dimensionen wie die Röhre *g*, und wurde, wie diese, vor und nach der Operation gewogen. Wenn nun die hinter der Verbrennungsröhre befindliche Röhre *g* beständig an Gewicht zunimmt, während vor der Verbrennungsröhre die Röhre *e* ihr Gewicht nicht merklich vermehrt, so scheint mir klar, daß das in *g* aufgefangene Wasser beim Durchgange der Luft durch das Rohr *f* muß gebildet worden seyn. Und dies ist wirklich der Fall. Bei mehreren Versuchen nahm zwar *e* um ein Kleines an Gewicht zu, allein die Zunahme der Röhre *g* war immer unvergleichlich größer. Man sieht nun, warum ich den Röhren *g* und *e* eine gleiche Länge gegeben habe; hätte nämlich die Röhre *g* der Luft eine größere Oberfläche dargeboten als die Röhre *e*, so würde man nämlich, genau genommen, haben behaupten können, daß der stete Gewichtsüberschuß der Röhre *g* von deren Ueberschuß an Oberfläche herrühre, allemal wenigstens dann, wann die Röhre *e* an Gewicht zugenommen hatte; denn in diesem Falle hätte offenbar die Luft beim Durchgange durch die Röhren *c* und *d* nicht allen Wasserdampf abgegeben, und nichts bewiese, daß sie selbst beim Austritt aus der Röhre *e* ganz wasserfrei gewesen. Vorausgesetzt, daß sie dann noch Wasser enthielte, hätte sie dasselbe in der Röhre *g* absetzen müssen, desto vollständiger, als sie in dieser Röhre eine größere austrocknende Fläche vorgefunden. Im Fall die Luft noch Wasserdampf enthalten hätte, müßte, bei Gleichheit der Oberfläche, die Röhre *g* höchstens eine gleiche Gewichtszunahme wie die bei der Röhre *e* beobachtete zeigen;

allein in allen Fällen war die Zunahme von g weit beträchtlicher als die von e , oder sie war zuweilen Null. Es ist also klar, daß zu der Luft, auf ihrem Wege von e nach g , Wasser hinzutrat, welches dann in der Röhre g aufgefangen wurde.

Man könnte auch meinen, das in g aufgefangene Wasser rühre von Feuchtigkeit her, welche der inneren Oberfläche der Glasröhre f , oder den Kupferspänen in derselben Röhre angehangen habe. Um diesen Zweifel zu beseitigen, braucht nur der bei den Versuchen eingeschlagene Gang angegeben zu werden. Zuvörderst wurde die Röhre f zum Glühen gebracht, dann an die Röhre e befestigt, und nun erst, nachdem zur Austrocknung der inneren Feuchtigkeit 15 bis 20 Liter durchgeleitet waren, die Röhre g mit ihr vereinigt.

Bei mehreren Versuchen (und jeder Versuch dauerte 15 bis 18 Stunden) wurde die Röhre g zu verschiedenen Zeiten im Laufe der Operation gewogen; und dadurch gefunden, daß die Menge des gebildeten Wassers beinahe immer der durch den Apparat getriebenen Luftmenge proportional war. Klar ist, daß das Wasser, wenn es von zufälliger Feuchtigkeit herrührte, nicht im Verhältniß zu dem angewandten Luftvolum stehen könnte, sondern bald aufgehört hätte sich zu bilden; auch würden die letzten Wägungen der Röhre g keine Gewichtszunahme haben anzeigen können. Man kann also annehmen, daß die von Feuchtigkeit befreite Luft beim Rothglühen eine kleine Menge Wasser giebt, und man muß daraus schließen, daß in dieser Luft Wasserstoff vorhanden ist.

Die folgende Tafel enthält die Resultate aller der auf angegebene Weise gemachten Versuche ¹⁾.

1) Hr. B. theilt diese Versuche in Extensio mit; wir haben geglaubt uns auf ihre Resultate beschränken zu dürfen. Als Beispiel von dem Beobachtungsverfahren stehe hier indess einer der Versuche im Detail.

1834.	Wasserstoff, enthalten in 1 Theile Luft	
	dem Gewichte nach	dem Volume nach
April 2. und 3.	0,000008	0,00013
4. - 5.	0,000007	0,00012
8. - 9.	0,000006	0,00010
11.	0,000003	0,00005
23.	0,000002	0,00004
24.	0,000001	0,00007
25.	0,000007	0,00011
26.	0,000002	0,00003
28.	0,000005	0,00008
Mai 29.	0,000004	0,00006
31.	0,000003	0,00005

Aus dieser Tafel erhellt, daß bis zum 9. April einschließlich mehr als 0,0001 Wasserstoff in der Luft gefunden wurde, vom 11. April ab aber im Allgemeinen weniger als diese Gröfse. Von einem Versuch zum andern schwankte indess die Menge des Gases, und da fragt es sich, ob diese, zuweilen beträchtlichen, Schwankungen in der Wirklichkeit begründet waren oder von den Unvollkommenheiten des Verfahrens herrührten. Wenn der Luftstrom zu rasch durch den Apparat getrieben wird, kann eine Portion des Wassers, das durch Verbrennung der wasserstoffhaltigen Substanz erzeugt wurde, sich der trocknenden Wirkung der Röhre entziehen; es kann aber auch der Wasserstoffgehalt der Luft, besonders der Luft

25. April. Es wurden 539 Grm. trockner Luft durch das glühende Rohr *f* geleitet.

Es wog	Röhre <i>e</i> vor	Röhre <i>g</i> hinter der glühenden Röhre.
vor dem Versuch	34,433	28,688
nach dem Versuch	34,434	28,720.

Gesammeltes Wasser in *e* = 0,001, in *g* = 0,022, = 0,0034 Wasserstoffgas.

Am Mittag. Barometer 761^{mm},4; dessen Temperatur 10°,9; Hygrometer 65°; Lufttemperatur 8°,2. Wind NO.; sehr wolkig.

einer grossen Stadt, wirklich von einem Tag zum andern sich verändern.

[So weit geht der experimentelle Theil der Abhandlung des Hrn. Boussingault. Es folgen nun noch einige allgemeine (mit dem eigentlichen Gegenstand der Untersuchung zum Theil nur entfernt in Beziehung stehenden) ¹⁾ Betrachtungen, von denen es genügen wird, wenn wir das Wesentliche daraus mittheilen. *P.*]

Die obigen Resultate, bemerkt Hr. Boussingault, erweisen das Daseyn einer wasserstoffhaltigen Substanz in der Atmosphäre; allein sie lehren nicht, ob diese Substanz reiner Wasserstoff sey, oder aus Schwefelwasserstoff oder Kohlenwasserstoff bestehe. Möglich sey es, daß die genannten Gase alle drei in sehr kleiner Menge in der Luft vorkommen, aber gröfsere Wahrscheinlich-

- 1) Dahin gehört namentlich eine Betrachtung über den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre. Ihr Inhalt ist kurz folgender. Sind die lebenden Wesen die einzige Quelle dieses Kohlensäuregehalts, so hat, so lange die Gesamtmasse derselben die nämliche geblieben ist, die Menge der Kohlensäure in der Luft auch keine secularen Veränderungen, sondern blofs periodische Schwankungen erleiden können. Nur zur Zeit jener grossen Katastrophen, die einen Theil der Vegetation verschütteten, und zur Bildung der ungeheuren Lager von Anthracit, Stein- und Braunkohle Anlaß gaben, mußte der Kohlensäuregehalt eine bleibende Verringerung erfahren. Ohne jene Ereignisse würde die Atmosphäre heutigen Tages reicher an Kohlensäure seyn als sie es wirklich ist. Allein daraus darf nicht geschlossen werden, daß ihr Kohlensäuregehalt ehemals gröfser war als jetzt, denn es giebt eine andere Quelle dieses Kohlensäuregehalts, die denselben fortwährend zu vergrößern sucht; und dieß sind die Exhalationen der Vulcane. Bei dieser Gelegenheit beruft sich Hr. B. auf seine frühere Untersuchung der vulcanischen Gase (*Ann. Bd. XXXI S. 148*), so wie auf die große Zahl der noch thätigen Vulcane, hinsichtlich dessen wir auf den lehrreichen Aufsatz des Hrn. von Buch (*Ann. Bd. X S. ; 169 ; u. ff.*) glauben verweisen zu müssen.

P.

keit habe das Daseyn des letzteren, des Kohlenwasserstoffgases nämlich für sich. Dafür sprächen einerseits die Erfahrungen Th. v. Saussure's, welcher ein brennbares kohlenstoffhaltiges Gas in der Luft gefunden, und andererseits die obigen Versuche, durch welche Wasserstoff in derselben nachgewiesen worden. Diefs Kohlenwasserstoffgas leitet Hr. B. von zwei Ursachen ab, einmal von der Zersetzung von Pflanzentheilen, in Folge welcher es namentlich die Sümpfe aushauchen, und dann von unterirdischen Exhalationen, deren häufiges Vorkommen er hiebei durch Anführung mehrer Beispiele in Erinnerung bringt (den Burning-spring, eine Meile vom Niagarafall beobachtete Hr. B. selbst, und fand sein Gas bestehend aus Kohlenwasserstoff (*carbure tri-hydrigue*) gemengt mit etwas Kohlensäure) ¹).

Indefs, fährt Hr. B. fort, kann die Menge des Wasserstoffs in der Atmosphäre immer nur sehr gering seyn, denn über eine gewisse Gränze hinaus würde es sogleich von der Elektrizität gänzlich verbrennt, oder wenigstens bedeutend vermindert werden. In Europa, wo die Gewitter nur selten sind, begreift man schwer, wie die elektrischen Entladungen in der Atmosphäre hinreichend seyen, die etwa in ihr vorhandenen wasserstoffhaltigen Substanzen zu verbrennen; man macht sich daselbst eine falsche Vorstellung von der Wichtigkeit der Wolken-Elektricität als Reinigungsmittel der Luft. Für die Aequinoctialzone aber läßt sich beweisen, dafs in derselben das ganze Jahr hindurch, Tag auf, Tag ab, und vielleicht in jedem Augenblick eine ununterbrochene Reihe elektrischer Entladungen die Atmosphäre durchzuckt. Ein Beobachter unter dem Aequator, mit hinreichend feinem Gehör versehen, würde unaufhörlich das Rollen des Donners vernehmen. Denn es ist eine von Hrn. v. Humboldt und allen Reisenden wohl erwiesene Thatsache, dafs die Zeit

1) In Betreff anderweitiger Quellen von Kohlenwasserstoffgas siehe Ann. Bd. VII S. 131, Bd. XVIII S. 602, Bd. XIX S. 237, Bd. XXIII S. 237.
P.

der Gewitter für jeden Ort zwischen den Tropen mit der Epoche anfängt, wo die Sonne das Zenith erreicht. Solcher Orte giebt es aber für jeden Stand der Sonne in der Ecliptik immer eine große Anzahl, und daher muß man sich die Atmosphäre unter dem Aequator als fortwährend durchkreuzt vom elektrischen Feuer vorstellen ¹⁾. Man kann übrigens durch Beobachtungen erweisen, daß die Sache sich so verhält. Auf den hohen Ebenen der Cordilleren erblickt man in heiteren Nächten immer in der Ferne, und zwar in Westen, eine unausgesetzte Reihe von Blitzen, und dieß sind die Gewitter, die sich über den Punkten entladen, die eine westlichere Länge haben. — Aus der Verbrennung des Kohlenwasserstoffgases entstehen Wasser und Kohlensäure, und so sieht man, daß die Quellen brennbarer Gase, wie die Vulcane, fortwährend zur Vermehrung des Kohlensäuregehalts der Atmosphäre beitragen.

Zum Schluß stellt Hr. B. nochmals die Hauptresultate seiner Untersuchungen zusammen. Es sind die folgenden drei: 1) die Miasmen entstehen unter Mitwirkung von Wärme und Feuchtigkeit aus der Zersetzung von Pflanzenstoffen; 2) die Miasmen scheinen in der Luft zu schweben, und es ist möglich ihre Gegenwart nachzuweisen, dadurch, daß man einen ihrer Bestandtheile nach den Methoden der organischen Analysen bestimmt; 3) in der Atmosphäre ist ein wasserstoffhaltiges Princip, wahrscheinlich Kohlenwasserstoff, vorhanden. Den Einwurf, daß dieß letzte Resultat vielleicht bloß für die Luft einer

1) Beiläufig gesagt, setzt Hr. B. hinzu, sind es diese unausgesetzten elektrischen Entladungen, inmitten einer mit Feuchtigkeit beladenen Atmosphäre, von denen man größtentheils die Salpetersäure herleiten muß, welche, an Basen gebunden, an der Oberfläche der Erde getroffen wird. Hr. Liebig hat Salpetersäure im Gewitterregen nachgewiesen, und ich habe in der Umgegend von Rio-Bamba vorzugsweise Salpeter an den Orten gefunden, wo Gewitter häufig waren.

großen Stadt, wie Paris, gelte, hofft Hr. B. durch eine Wiederholung seiner Versuche auf den Alpen oder Pyrenäen künftig widerlegen zu können.

X. *Untersuchung über die Zusammensetzung der Atmosphäre. Zweite Abhandlung; von Hrn. Boussingault.*

(*L'Institut*, No. 121 p. 283.)

In der früheren Abhandlung hat Hr. B. nachgewiesen, daß die Luft in der Nähe von Paris, dem Volume nach, ungefähr 0,0001 Wasserstoff enthält, und daß sie in den sumptigen Ländern Amerikas noch viel reicher daran ist. Die zweite Abhandlung (von der das Nachfolgende indess nur einen Abriss darstellt) enthält die Resultate der Versuche, welche Hr. B. über denselben Gegenstand in Lyon angestellt hat, und welche die früheren bestätigen. Der dabei angewandte Apparat weicht von dem in Paris gebrauchten in einigen Punkten ab, die näher bezeichnet zu werden verdienen. Statt des geglähten Kupfers, welches er früher in die Verbrennungsröhre brachte, um deren Schmelzung in der Hitze zu verhindern, nimmt er einen spiralförmig aufgerollten Platindrabt. Auch hat er bei diesen Versuchen, wie bei denen in Vega de Zupia und Paris angestellten, die Vorsicht angewandt, die Luft mittelst Hindurchleitung durch Schwefelsäure zu waschen, damit man den gefundenen Wasserstoff nicht den in der Luft schwebenden organischen Theilchen zuschreiben könne, oder den Ammoniakdämpfen, die zufällig in der Stadtluft vorkommen, die er aber niemals an unbewohnten Orten aufzufinden vermochte.

I. Bei dem ersten Versuche (am 2. Aug.) enthielt die Luft, dem Volume nach, 0,00018 Wasserstoff, bei