

wurde, zeigte im Volta'schen Cubimeter 27,5 und 33,5 Sauerstoff. Die reinste Luft war wiederum die zuletzt entwickelte.

Die geringe Menge und die große Reinheit der aus dem geschmolzenen Eise ausgetriebenen Luft beweisen, daß das Wasser bei seinem Uebergang in den festen Zustand einen großen Theil seiner Luft verliert, und daß diese während des Gefrierens entweichende Luft viel reiner ist als die zurückbleibende. So liefern also drei Vorgänge, welche auf den ersten Anblick sehr ungleichartig erscheinen: nämlich die Erwärmung des Wassers auf  $35^{\circ}$  bis  $40^{\circ}$  Cent., die Auflösung eines Salzes in kaltem Wasser und die Verdichtung des Wassers zu Eis; Resultate, welche in ihrer Wirkung auf Sauerstoff und Stickstoff völlig ähnlich sind. Eine mäßige Temperatur wirkt wie die Auflösung eines Salzes, und diese wie der Uebergang aus dem flüssigen Zustand in den festen. In allen drei Fällen entweicht eine Luft aus dem Wasser, welche unreiner ist als diejenige, die aufgelöst zurückbleibt.

Eine sehr auffallende Erscheinung ist es, daß bei der Verdichtung des Wassers zu Schnee weniger Luft ausgetrieben wird als bei der Bildung von Eis. Als wir frisch gefallenen Schnee schmelzen ließen und ihn dann langsam erwärmten, erhielten wir fast doppelt so viel Luft als aus geschmolzenem Eise. Schneewasser gab sogar fast eben so viel Luft wie das Wasser der Seine; denn das letztere gab beim Sieden 1940 Theile Luft, während ein gleiches Maaß Schneewasser deren 1892 lieferte. Diese 1892 Theile wurden nach der Zeit, in welcher sie von der Wärme ausgetrieben waren, in 5 Portionen gesammelt und im Volta'schen Cubimeter auf ihren Sauerstoff-Gehalt untersucht. Es zeigte:

die erste Portion	24,0	Sauerstoff
„ zweite „	26,8	„
„ dritte „	29,6	„
„ vierte „	32,0	„
„ fünfte „	34,8	„

Die letzte Portion ist die reinste Luft, welche wir überhaupt je aus Wasser erhalten haben.

Da das Maaß einer jeden Portion bekannt war, so ergab die Rechnung für die Gesammtheit der Luft 28,7 Sauerstoff; Seine-Wasser lieferte denselben Tag eine um 0,004 unreinere Luft; beide Wasserarten aber, das Wasser aus dem geschmolzenen Schnee und das aus dem Fluß, gaben an Luft ein Volumen, welches fast  $\frac{1}{25}$  von dem des Wassers betrug.

Diese Versuche über das Schneewasser und das geschmolzene Eis, die wir in Zukunft noch vielfach abzuändern gedenken, bieten dem Studium der Meteorologie manche überraschende Betrachtung dar. Der Schnee ist nur ein Haufwerk von kleinen Eis-Krystallen, welche sich in den oberen Regionen der Atmosphäre bilden; und dennoch geben diese kleinen Krystalle, wenn sie geschmolzen sind, fast doppelt so viel Luft als das Eis auf unseren Flüssen. Man müßte daraus schließen, daß das in der Luft gelöste Wasser bei seiner Verdichtung zu Schnee die große Menge Luft nicht ausstößt, welche es beim Gefrieren an der Erdoberfläche austreibt: wenn die Vermuthung nicht erlaubt wäre, daß der Schnee zwischen seinen kleinen Krystallen eine gewisse Menge Luft einschließt, welche er während des Schmelzens absorbiert; denn es scheint, daß das Wasser hauptsächlich im Augenblick des Gefrierens den größten Theil seiner Luft verliert.

Die schöne Vegetation, welche die Gletscher umgiebt; die

schnelle Entwicklung der Pflanzen, wenn im Frühjahr der Schnee schmilzt; und mehrere Erscheinungen, die man beim Ackerbau und Bleichen bemerkt zu haben glaubte, ließen vermuthen, daß die Wasser von Eis, Schnee und Regen eigenthümliche Wirkungen hervorbringen, da aus ihnen eine so große Menge des aufgelösten Sauerstoffs entweicht. Unsere bisherigen Versuche scheinen dieser Ansicht nicht günstig zu sein. Es giebt unstreitig Brunnen, deren Wasser eine Luft enthält, welche unreiner ist als die atmosphärische; und wir bezweifeln nicht, daß solches mit Salzen und Kohlensäure beladene Brunnenwasser ganz anders auf die Vegetation und das Bleichen wirkt wie Schneewasser. Aber die Verschiedenheiten, welche das der Luft ausgesetzte destillierte Wasser, das Regen-, Schnee- und Seine-Wasser zeigen, lassen sich schwer aus dem aufgelösten Sauerstoff erklären, wenn man daran denkt, daß alle diese Wasser eine fast gleich reine Luft, und diese in fast gleicher Fülle enthalten. Die Erscheinungen der Vegetation wie die der Meteorologie sind so verwickelter Art, sie hängen von dem Zusammenwirken so vieler Ursachen zugleich ab, daß man sich wohl hüten muß einer einzigen zuzuschreiben, was die Wirkung von vielen ist.

Die Versuche, welche wir über die Kraft mitgetheilt haben, mit der die letzten Antheile des aufgelösten Sauerstoffs im Wasser zurückgehalten werden, setzten den Zustand, in welchem sich die Luft innerhalb der Flüssigkeiten befindet, in ein helleres Licht. Da das spezifische Gewicht des destillierten Wassers von dem mit Luft gesättigten nicht merklich abweicht, so hatte Mairan mit Recht geschlossen, daß diese Luft nicht im elastischen Zustande in den Flüssigkeiten sein könne. Die chemischen Erscheinungen unterstützen diesen

Schluß. Könnte man das feiner Luft durch die Destillation oder Luftpumpe beraubte Wasser wie einen Schwamm mit leeren Poren betrachten, warum füllen sich diese Poren nicht wieder bei der ersten Berührung mit der Luft? Nein, diese Auflösung der Luft in Wasser kann nicht anders denn als die Wirkung einer chemischen Affinität angesehen werden. Warum sollte ohne diese Verwandtschaft die Absorption der Gase durch luftfreies Wasser so langsam sein, und warum sollte vor allem das Wasser von dem einen Gase mehr auflösen als von dem anderen? Warum sollte das mit einer Luftart gesättigte Wasser einen Theil derselben, wie wir weiter unten sehen werden, fahren lassen, um eine andere von ungleicher Natur aufzunehmen?

Nachdem wir nun die Luft, welche man unter verschiedenen Umständen aus dem Wasser erhält, untersucht haben, wollen wir unsere Abhandlung mit der Angabe derjenigen Versuche beschließen, welche wir über die Berührung von einfachen oder gemischten Gasen mit Wasser anstellten. Daß Sauerstoffgas, welches man über Wasser stehen läßt, unrein wird, ist längst bekannt; es kam aber darauf an, die Gesammtheit der Erscheinungen, welche die verschiedenen Gase in ihrer Wirkung auf das Wasser zeigen, zu untersuchen. Die von uns gebrauchten Gase hatten genau dasselbe Volumen, und das Seine-Wasser war filtrirt und ungefähr immer von gleicher Menge. Nach Verlauf von 6 bis 8 Tagen maßen wir nicht allein die absorbirten Raumtheile, sondern analysirten auch die Rückstände. Diese Analyse war um so nothwendiger, da man oft aus einer sehr kleinen Veränderung in dem Gas-Volumen geneigt sein konnte zu schließen, daß das mit dem Gase in Berührung stehende Wasser keine merkliche

Wirkung darauf gehabt habe, während gerade die Natur des Rückstandes eine sehr kräftige Wirkung anzeigte: welche nur dadurch verhüllt wurde, daß die aus dem Wasser herausgetretene Luft ihren Platz mit der absorbirten vertauscht hatte.

Unter allen Gasen wird der Sauerstoff vom Seine-Wasser am beträchtlichsten absorbiert. Als dieses, schon mit Luft gesättigte Wasser in Berührung gesetzt wurde mit 100 Theilen Sauerstoffs, 100 Stickstoffs und 100 Wasserstoffs, nahm das Sauerstoffgas um 40 Theile ab, während die beiden anderen nur 5 und 3 Theile verloren. Die wahre Absorption des Sauerstoffs war aber noch viel bedeutender, als die scheinbare Verminderung sie angiebt. Denn statt daß die 60 Theile Rückstandes reiner Sauerstoff sein sollten, enthielten sie 37 Theile Stickstoff und nur 24 Sauerstoff: so daß also die 100 angewendeten Theile Sauerstoffs auf dem Seine-Wasser 77 Theile verloren und 37 Theile Stickstoffs aus demselben ausgetrieben hatten. Flußwasser also, welches lange der Atmosphäre ausgesetzt war und welches man demnach als mit Luft gesättigt betrachten muß, absorbiert doch noch eine große Menge reinen Sauerstoffs, wenn dieser ihm dargeboten wird. Es nimmt ihn auf, ohne so viel Stickstoff abzugeben, daß dessen Volumen dem absorbirten Sauerstoff gleich käme.

Die Wirkung des Wassers auf den Wasserstoff scheint fast null zu sein. Die Ungleichheit der Resultate, die wir erhielten, hindert uns eine Meinung über die kleinen bei dieser Berührung vorkommenden Veränderungen zu äußern.

Reines Stickgas verliert auf dem Wasser 2 bis 3 Procent. Der Rückstand ist aber nicht mehr reiner Stickstoff: wir fanden darin 11 Theile Sauerstoffs, welche durch 14 Theile

Stickstoffs aus dem Wasser verdrängt worden waren. Stickstoff treibt also den Sauerstoff aus dem Wasser, wie der Sauerstoff den Stickstoff austreibt. Die Wirkung ist ähnlich, die absorbirten und ausgetriebenen Mengen aber sind verschieden.

Die Berührung des Flußwassers mit einem Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff wurde unter verschiedenen Umständen untersucht. Bald mischten wir beide Gase zu gleichen Theilen, bald ließen wir das eine von ihnen vorherrschen. Die Raum-Verminderung der Gase ist größer, wenn der Sauerstoff vorwaltet, d. h. wenn man ein Gemisch von 200 Theilen Sauerstoffs und 100 Theilen Wasserstoffs dem Wasser aussetzt. In allen diesen Versuchen wurde wiederum der Stickstoff aus dem Wasser verdrängt. Als wir den Rückstand eines Gemisches aus gleichen Theilen Sauerstoffs und Wasserstoffes analysirten, ergaben sich darin auf 100 Theile: 20 Stickstoff, 50 Wasserstoff und 30 Sauerstoff. Je größer die Absorption des Sauerstoffs war, desto mehr Stickstoff fanden wir ausgetrieben. Ein Gemisch aus 400 Theilen Sauerstoffs und 200 Theilen Wasserstoffs hatte auf Seine-Wasser in 10 Tagen sein Volumen von 600 Theilen auf 562 vermindert. Hätte dieser Rückstand in seiner Zusammensetzung keine chemische Veränderung erfahren und wäre kein anderes Gas verdrängt worden, so hätte er 375 Theile Sauerstoff und 187 Wasserstoff enthalten müssen; die Zerlegung ließ uns aber darin 246 Theile Stickstoff, 142 Wasserstoff und 174 Sauerstoff finden.

Diese Versuche beweisen, daß das Wasserstoffgas, welches für sich allein vom Wasser nicht merklich absorbiert wird, sich darin auflöst, und selbst in ganz ansehnlicher Menge, wenn

man es mit Sauerstoff mischt. Für die Physik entsteht hierbei die sehr wichtige Frage: ob das vom Wasser absorbirte Wasserstoffgas als solches im Wasser existirt, oder ob es sich mit dem aufgelösten Sauerstoff zu Wasser verbindet. Wir versuchten diese Frage zu lösen, indem wir ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff mit Wasser in Berührung brachten, welches kurz zuvor durch Sieden von aller Luft befreit worden war. Nach 12 Tagen destillirten wir dieses Wasser; und als wir die daraus entwickelte Luft analysirten, fanden wir den Wasserstoff in solcher Menge darin, daß wir ihn im Volta'schen Eudiometer entzünden konnten, ohne ein anderes Gas hinzuzufügen. Dieser Versuch beweist unzweifelhaft, daß sich in dem Wasser der absorbirte Wasserstoff wiederfindet. Sieht aber das Wasser wohl dieselbe Menge wieder zurück, die es absorbirte? Würde sich nicht der im Wasser aufgelöste Wasserstoff mit dem Sauerstoff vereinigen, wenn man ihn mehrere Monate darin ließe? Wir beabsichtigen über diesen Gegenstand eine ausführliche Reihe von Versuchen zu machen. Wenn Sauerstoff und Wasserstoff sich im Wasser verbinden können; so würde sich leichter begreifen lassen, warum der Wasserstoff, welcher von der Erde aufsteigt, weder in der uns umgebenden Luft noch in den höchsten Regionen, zu denen wir uns erhoben haben, zu entdecken ist. Wir müssen bei dieser Gelegenheit bemerken, daß wir Regenwasser mit aller Sorgfalt untersuchten, um Wasserstoff darin zu entdecken; uns aber überzeugten, daß die daraus entwickelte Luft denselben nicht enthielt, wenigstens nicht in einer auf 0,003 steigenden Menge. Wir wollen diese Versuche mit dem Regenwasser aus verschiedenen Jahreszeiten und besonders mit dem nach Gewittern gefallenem wiederholen.

Flußwasser mit Gas-Gemischen in Berührung wirkt im allgemeinen schwächer auf die Gemenge aus Sauerstoff und Stickstoff als auf die aus Sauerstoff und Wasserstoff. Dies Resultat wird weniger überraschen, wenn man einen Blick auf das Ganze dieser Erscheinungen wirft.

Man entdeckt dann, daß das Wasser ein fortwährendes Bestreben hat sich mit den ihm dargebotenen Gasen in einen Gleichgewichts-Zustand zu setzen. Bietet man ihm Sauerstoff, so läßt es Stickstoff fahren; setzt man es mit Stickstoff in Berührung, so treibt es Sauerstoff aus. Reicht man ihm ein Gemisch aus Sauerstoff und Wasserstoff, so absorbirt es einen Theil dieser beiden Gase und ersetzt sie durch Stickstoff. Ueberall strebt es danach die Bestandtheile der Luft, welche es aufgelöst enthält, nach der Natur des ihm dargebotenen Gases abzuändern. Da das Seine-Wasser schon mit einer Mischung aus Stickstoff und Sauerstoff gesättigt ist, so erscheint es natürlich, daß es eine stärkere Wirkung auf ein Gemenge aus Sauerstoff und Wasserstoff habe als auf das aus Sauerstoff und Stickstoff, welches der in Auflösung befindlichen Luft ähnlich ist. Um ein richtiges Urtheil über diese Erscheinungen zu gewinnen, werden wir Wasser, dem kurz zuvor seine Luft entzogen ist, mit einfachen und gemischten Gasen sättigen und die Wirkung dieses Wassers in einem langen Zeitraum prüfen; denn oft vermag die Natur erst nach einer langen Ruhe die Hindernisse zu überwinden, welche sich dem Spiel der Verwandtschaften entgegenstellen.

Hier wollen wir in der Darstellung der Untersuchungen stehen bleiben, mit denen wir uns in den letzten Monaten beschäftigt haben. Je größer das Feld ist, das wir zu durchwandern beabsichtigen, desto mehr fühlen wir die Unvollkom-

menheit der Arbeit, welche wir heute vorlegen. Aber dies Gefühl wird, weit entfernt uns zu entmuthigen, den Eifer, die Natur zu befragen und die hier mitgetheilten Untersuchungen zu vervollkommen, in uns nur verdoppeln.

Uebersicht der Resultate von der Zerlegung der Luft.

Tage, an welchen die Luft aufgefangen wurde	Temperatur nach dem hundert- theiligen Ther- mometer	Zustand der Atmosphäre	Absorption bei der Entfäul- ung von 200 Luft u. 200 Wasserstoff	Sauerstoff in 100 Th. Luft
17 Nov.	7,3	bedeckter Himmel; Ostwind	126,0 126,0	21,0 21,0
18	4,5	bedeckter Himmel; Ost-Süd-Ost-Wind	126,0 126,0	21,0 21,0
19	4,7	feiner Regen; sehr starker Südwest-Wind	126,0 126,0	21,0 21,0
20	10,0	feiner Regen; Südwind	126,0 126,5	21,0 21,1
21	12,5	bedeckter Himmel; Südwest-Wind	126,8 126,0	21,2 21,0
22	6,7	bewölkt, regnet; Südwest-Wind	126,0 126,0	21,0 21,0
23	1,5	bewölkt; Westwind	126,0 126,0	21,0 21,0
24	8,5	Regen; Südwind	126,3 126,5	21,0 21,1
25	10,6	bedeckter Himmel; Südwest-Wind	126,2 126,5	21,0 21,1
26	3,3	bewölkt; Ostwind	126,5 126,0	21,1 21,0
27	-1,6	Reif; Nordwind	126,0	21,0
28	-1,3	Schnee; Nordwind	126,5	21,1
1 Dec.	-4,1	Nebel; Nord-Nord-Ost-Wind	126,0	21,0
3	-2,3	bewölkt, dunstig; Ostwind	125,5	20,9
5	4,2	Regen; Südwind	126,0	21,0
7	3,1	dicker Nebel; Süd-Süd-West-Wind	126,0	21,0
13	9,6	Regen; Süd-Süd-West-Wind	126,0	21,0
19	-2,2	bedeckter Himmel; Nordost-Wind	126,0	21,0
23	1,0	Glätteis, dicker Nebel; Südost-Wind	126,0	21,0

Ueber die nächtliche Verstärkung des Schalles.

Abhandlung, gelesen in der Akademie der Wissenschaften zu Paris  
am 13 März 1820,  
von Alexander v. Humboldt.

Es giebt Naturerscheinungen, die man genauen Messungen und directen Experimenten unterwerfen kann; es giebt andere, welche, mit fremdartigen Umständen verwickelt, durch eine große Anzahl störender Ursachen gleichzeitig modificirt, nur auf dem Wege der Discussion und der Analogie erklärt werden können. Ich will als Beispiele der ersten Classe von Erscheinungen anführen die Intensität der magnetischen Kräfte, abnehmend vom Pole gegen den Aequator hin; die Beugungen des Lichtstrahls, welche die Luftspiegung (mirage) erzeugen; die Veränderungen der Temperatur der Luft; ihren Zustand positiver oder negativer Electricität in den mehr oder weniger vom Boden entfernten Schichten. Die zweite Classe von Erscheinungen begreift alles das, was sich auf die Insalubrität des Luftkreises bezieht, was in den höheren und unzugänglicheren Gegenden der Luft vorgeht: die Bildung der Wolken und des Hagels; die Fortdauer des blasenförmigen Dunstes bei einer Temperatur unter null; das Geräusch des Donners; die Vermehrung der Elasticität, welche erzeugt wird von der Verbreitung des Schalles begleitenden Wärme-Entwicklung und welche aus der Zusammendrängung der Luft entsteht.