universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Physiologische Chemie

[in 4 Theilen]

Allgemeine Biologie

Hoppe-Seyler, Felix

Berlin, 1877

Ueber die allgemeinen Lebensbedingungen

urn:nbn:at:at-ubi:2-5248

Ueber die allgemeinen Lebensbedingungen.

§ 1. Ueberall an der Erdoberfläche, wo weder Schnee und feste Eismassen wie in den höchsten Breiten, noch wie in den tropischen Wüsten gänzlicher Wassermangel jedes Theilchen in dauernder Erstarrung halten, findet sich ein Getriebe von physikalischen und chemischen Processen, die man in ihrer Gesammtheit wohl das Leben der Erdoberfläche nennen darf. Eine ältere Anschauung, deren Unzulässigkeit besonders durch *Liebig's* geistvolle Arbeiten erwiesen ist, hatte Thieren und Pflanzen Kräfte zugeschrieben, die ihnen eigenthümlich sein sollten; das Leben der Organismen war nach ihr das Product dieser Kräfte und die anorganische Natur galt als leblos. Wir kennen jetzt das Leben der Organismen als Wirkung derselben Kräfte, welche die übrige Natur beherrschen, nur unter ganz speciellen Verhältnissen in Thieren und Pflanzen zur Thätigkeit gelangen. Es entspricht nun diesen jetzigen Anschauungen, das Leben der Organismen neben den meteorologischen und geologischen Processen, die in ihren Erscheinungen so mannigfaltig, in den durch sie hervorgebrachten Veränderungen so grossartig erscheinen, als Theile des Lebens der Erde selbst aufzufassen.

Nur ein kleiner Theil von der Masse der uns bekannten Erdoberfläche ist in den Organismen thätig, und ebenso nur ein kleiner Theil der Bewegungen, die wir an ihr wahrnehmen, geht in ihnen vor sich oder von ihnen aus, aber im Verhältniss zu der kleinen Masse, welche sie enthalten, zeigen die Organismen das regste Leben, und so scheint es auch nicht ungerechtfertigt, sie, wenn auch nicht nach dem früheren Standpunkte als allein lebend anzusehen, doch sie als vor Allem lebend zu bezeichnen.

Würden die sämmtlichen Thiere und Pflanzen getödtet, so würden chemische und physikalische Processe dennoch nicht aufhören, die Erdoberfläche in fortdauernder Veränderung zu erhalten, denn diese sind unabhängig von dem Leben der Organismen, während umgekehrt die allgemeinen Lebenserscheinungen der gewöhnlich soge-

nannten todten anorganischen Natur die nothwendigen Bedingungen für das Leben von Thier und Pflanze stets neu hervorbringen und den abgestorbenen Leib derselben zu neuem organischen Leben vorbereiten. Das Leben der Organismen ist nur denkbar als Theil des Lebens der Erdoberfläche — und dennoch macht jeder Organismus uns den Eindruck, als sei er ein in sich geschlossenes Ganze, dessen Existenz und immanente Kräfte nichts mit den ihn umgebenden Dingen zu thun haben. Wie anders würden unsere Ansichten sich sofort gestalten, wenn unsere Sinne uns über die chemischen Vorgänge mit derselben Leichtigkeit und Genauigkeit orientirten, wie über die physikalischen Bewegungen und Formen. Mag die Form eines Organismus so oder so gestaltet, seine chemische Zusammensetzung die eine oder andere sein, wie eine Welle, die über einen Wasserspiegel eilt und die auf- und abgehende Bewegung von einem Wassertheilchen auf das benachbarte überträgt, wie das Feuer in einer Zündlunte von einem Ende derselben zum anderen läuft, theilt sich das Leben in jedem Organismus von einem Theilchen dem anderen mit, immer neue in den Strudel hineinziehend und todte Massen zurücklassend, während doch die Erscheinung des Lebens, der Bewegung und die Formen des ganzen Organismus wie die Welle und der glimmende Funken keine Aenderung zu erfahren scheint, so lange die Verhältnisse, unter welchen er sich befindet, dieselben bleiben.

Der gang und gäbe Begriff des Individuums, den wir weniger für niedere Thiere und Pflanzen als für höher organisirte Thiere und Menschen als in jeder Hinsicht berechtigt anzusehen gewohnt sind, hat nach den angegebenen Eigenschaften der Organismen manches Missliche besonders in materieller Beziehung. Theilchen, welche gestern unserem Fleisch und Blut zugehörten, werden heute vielleicht von einer Pflanze zur Gestaltung ihres Körpers verwendet und morgen wieder ein Bestandtheil eines Thieres werden, ohne dass die Körper der drei Organismen dabei eine erkennbare Aenderung in ihrer Gestaltung und ihren Functionen erleiden, sowie ein Fluss dieselbe Physiognomie behält, obwohl immer neue Wassertheilchen in ihm hinabrinnen. Der Begriff des Individuums hat nur eine Berechtigung in der Gestaltung und Function, aber selbst hier nur eine begrenzte, insofern jeder Organismus genetisch wieder das Product anderer mehr oder weniger gleich gestalteter und gleich functionirender ist und in dieser Beziehung jedes Thier und jede Pflanze als Glied in der Kette einer Generationsreihe auftritt mit

allen Vorzügen und Unvollkommenheiten, allen Eigenthümlichkeiten, chemischen und physikalischen Functionen, die dieser Generationsreihe eigen sind.

Während in jedem lebenden Organismus fortdauernd neue Elementargruppen zum Leben erwachen und andere sterben, hat auch der ganze Organismus eine beschränkte Lebensfrist und seine Bestandtheile werden früher oder später wieder am Leben anderer Thiere oder Pflanzen theilnehmen. Häufig sehen wir mit dem Tode eines Organismus als letzten Gliedes einer Generationsreihe diese selbst ihr Ende erreichen, dafür verzweigen sich andere Reihen und ersetzen den Verlust an der Summe des organischen Lebens, indem jeder neu auftretende Organismus als eine Knospe, ein Zweig eines anderen auftritt und bei voller Entwicklung dem mütterlichen Organismus in chemischen und physikalischen Eigenschaften fast vollkommen gleicht.

Ursprung der Organismen.

§ 2. Der Ursprung der Generationsreihen der Thiere und Pflanzen ist uns durchaus unbekannt und keine Thatsache bis jetzt ermittelt, welche einer Hypothese in dieser Richtung zur Stütze dienen könnte. Es hätte daher die Besprechung dieses Gegenstandes hier völlig unterlassen werden können, da er wissenschaftlich noch nicht behandelt werden kann, wenn nicht wichtige Arbeiten erwähnt werden müssten, die in dieser Richtung ausgeführt einigermaassen schätzen lassen, ob man auf dem einen oder anderen Wege der Forschung wohl dazu gelangen kann, solche Stützpunkte zu finden.

Zur Entscheidung der Frage, ob niedrige Organismen unter bestimmten äusseren Verhältnissen aus chemischen Stoffen gebildet werden können, ohne dass sie ihre Herkunft von bereits bestehenden lebenden Wesen erhalten haben können, sind seit dem vorigen Jahrhundert mit zunehmender Schärfe der Beobachtung und der Vorsichtsmaassregeln gegen Täuschung zahlreiche und umfassende Versuche angestellt. Die generatio aequivoca oder spontanea hat seitdem immer wieder Vertheidiger gefunden, dieselben haben aber ihre Behauptungen stets bald widerlegt gesehen. Die älteren Arbeiten über diesen Gegenstand sind von *Pasteur*[1] in seiner umfas-

[1] Ann. de chim. et de phys. (3) t. LXIV, p. 1. 1862.

senden Untersuchung über die Gährungen citirt und besprochen, sie können hier übergangen werden.

Die Resultate der Untersuchungen von *Pasteur* widersprachen der generatio spontanea vollständig. *Child*[1] fand nach Einschliessen 10 bis 15 Minuten kochender Pflanzeninfuse mit ausgeglühter Luft in zugeschmolzene Glasröhren nach einiger Zeit Bacterien in einer Anzahl, nicht in allen Röhren und nur wenn Sauerstoff zugegen war; er lässt es unentschieden, ob die Keime derselben völlig zerstört waren. *Wyman*[2] sah in Aufgüssen von Fleisch u. s. w. Vibrionen, Monaden, Bacterien, nach fünfstündigem Kochen in geschlossenen Flaschen fand er sie nicht mehr. *Charlton Bastian*[3] glaubt in Infusen von Runkelrüben oder Kresse, denen etwas Fleisch oder Blätter und Stengel der Pflanze zugezetzt war und die nach dem Einschmelzen in Glasröhren auf 270 bis 275° F. für 20 Minuten erhitzt, dann bei 70 bis 80° F. 8 bis 9 Wochen gelegen hatten, lebende Pilzfäden, Bacterien u. s. w. gefunden zu haben. Aehnliche Resultate erhielt *Huizinga*,[4] doch ohne Einschmelzen in Glasröhren. Dagegen haben die Versuche von *P. Samuelson*,[5] ferner die von *Gscheidlen*[6] und von *Putzeys*[7] ergeben, dass in zugeschmolzenen Röhren Flüssigkeiten (wie sie *Huizinga* auch angewendet hatte), welche reichlich und schnell an der Luft die Entwickelung von Bacterien und anderen Infusorien beobachten lassen, keine Spuren von Bacterien und von anderen niederen Organismen zeigen, wenn sie in diesen zugeschmolzenen Röhren zunächst auf 100° erhitzt werden und dann bei warmer Temperatur längere Zeit liegen bleiben; *Putzeys* wies noch nach, dass auch bei bleibender Anwesenheit von Sauerstoffgas in diesen zugeschmolzenen Röhren die Entwickelung der niederen Organismen nicht erfolgt.

Wollte man trotz aller dieser Resultate dennoch annehmen, dass eine generatio spontanea oder Abiogenesis, wie man es auch genannt hat, in gewissen Fällen stattfinde, so müsste sicherlich der Zufall

---

[1] *G. Child*, Experiments on the production of organisms in closed vessels. Proceed. of the Royal. Soc. April 27. 1865. p. 178.

[2] American Journ. of science and arts (2) Vol. XLIV, p. 152.

[3] *Charlton Bastian*, Evolution and the origine of life. London 1874.

[4] Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. April. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. VII, S. 549. Bd. VIII, S. 180 u. 551. Bd. X, S. 62.

[5] Ebendas. Bd. VIII, S. 277.

[6] Ebendas. Bd. IX, S. 163.

[7] Ebendas. Bd. IX, S. 391 u. Bd. XI, S. 387.

sehr im Spiele sein, denn zur Bildung auch der niedrigsten Organismen ist nicht allein eine Vereinigung einer bestimmten Anzahl von chemischen Stoffen erforderlich, sondern auch ihre Ordnung in ganz bestimmter Gestaltung, deren Eigenthümlichkeit keine Wirkung der chemischen Eigenschaften der Stoffe ist, wie die Bildung eines Krystalls. Wenn wir aber bei rein chemischen Aufgaben dem Versuche der Synthese die gründliche analytische Untersuchung vorausgehen lassen müssen, wird es bei einer so complicirten physiologischen Aufgabe wohl einer viel eingehenderen chemischen und histologischen analytischen Kenntniss der Organismen bedürfen als wir sie jetzt besitzen, ehe man, ohne sich lächerlich zu machen, ernstlich wagen kann, an die schöpferische Synthese auch der niedrigsten Organismen zu denken. Leider scheint den neueren Rivalen des Prometheus das Wesen ihrer Aufgabe eben so wenig klar gewesen zu sein als den mittelalterlichen Alchymisten ihre Bestrebungen zur Darstellung des homunculus.

Die Formen und Thätigkeiten der Organismen, die mit uns jetzt die Erdoberfläche bewohnen, sind so verschieden und doch ihre Vererbung von Glied zu Glied in der Generationsreihe so vollkommen bleibend, dass die geistvollen Hypothesen und Folgerungen *Charles Darwin's*, welche diese Generationsreihen als Zweige eines oder weniger Stammbäume darstellen, den lebhaftesten Widerspruch besonders von denen erfahren haben, welche bestrebt und gewöhnt sind, diese Unterschiede der Formen in den botanischen und zoologischen Systemen mit möglichster Schärfe aufzusuchen und hervorzuheben. Der Streit ist geführt auf anatomischem Gebiete, aber der Gegenstand hat auch seine chemische Seite und da lässt sich doch nicht verkennen, dass die Construction aus den chemischen Stoffen nicht allein bei grossen Classen von Organismen sehr viel Uebereinstimmendes zeigt, sondern selbst gewisse Stoffe den lebenden und entwicklungsfähigen Zellen sämmtlicher Thiere und Pflanzen gemeinsam eigen sind und einige fundamentale Processe allen Organismen als Lebensprocesse zukommen. Der Lebensprocess der Organismen ist im Wesentlichen ein einziges Geheimniss. Eine eingehende Durchmusterung der chemischen Structur der Classen, Ordnungen u. s. w. der Thiere und Pflanzen, auf die natürlich hier nicht eingegangen werden kann, dürfte Vieles ergeben, was den *Darwin*'schen Hypothesen zur guten Stütze dient. Jeder Organismus, besonders höhere Thiere und Pflanzen durchlaufen aber in ihren Entwick-

lungsphasen von der ersten Anlage im Ei bis zum ausgewachsenen fertigen Wesen so erstaunliche chemische und anatomische Wandlungen, dass die einzelnen Phasen mit einander verglichen grössere Differenzen zeigen als zoologisch oder botanisch einander fern stehende Genera oder selbst Familien, Ordnungen.

Die bisher gewonnenen Resultate der paläontologischen Forschung geben über den Ursprung der Organismen nichts Entscheidendes an, als dass die Stammbäume der jetzigen lebenden Wesen (wenn man die undenkbare Idee zeitweise geschehener nachträglicher Schöpfungen von Thieren und Pflanzen wie verdient bei Seite lässt) in sehr grauer Vorzeit wurzeln, dass die ältesten Schalthiere ihre Schalen, die ältesten Säugethiere ihre Zähne und Knochen chemisch und histologisch in gleicher Weise construirt führten wie unsere Zeitgenossen. Die ältesten Reste von Organismen in der cambrischen Formation, so spärlich sie bis jetzt gefunden sind, Fucoiden, Anneliden, Trilobiten u. s. w. erweisen, dass in dieser ausserordentlich weit zurückliegenden Zeit, zu welcher diese Formation sich absetzte, bereits Thiere lebten, welche zum Theil wie die Trilobiten einen complicirten chemischen und anatomischen Bau besessen haben müssen. In den darüber lagernden Silurschichten sind unten Trilobiten und Orthoceratiten, weiter oben Reste von Fischen gefunden; die höchst organisirten Avertebraten (Cephalopoden) und die ersten Vertreter der Wirbelthiere treten also schon in diesen uralten Schichten auf; Amphibienreste sind im darauf lagernden old red sandstone gefunden, Säugethiere erst im oberen Keuper und auch dort noch wenig. Dass eine bedeutende Aenderung in der Flora und Fauna nicht allein in Gestalt und Organisation der Thiere und Pflanzen stattgefunden hat, sondern auch beide, Thiere und Pflanzen, in der Feinheit und Complication ihrer chemischen und anatomischen Organisation im Laufe der Zeiten Fortschritte gemacht haben, scheint bei der Vergleichung des Petrefactenmaterials der verschiedenen Gebirgsformationen unzweifelhaft, aber den Ursprung zu enträthseln, scheint für alle Zeiten unmöglich, denn an der cambrischen Formation erreichen die Sedimentärschichten ihre untere Grenze und es scheint, dass in allen älteren Formationen die Krystallisation der Silicate in Gneis, Glimmerschiefer u. s. w. auch die letzten Spuren der Reste von Thieren und Pflanzen bis zur Unkenntlichkeit verwischt und zerstört hat. Auch hier findet sich noch häufig Kohle als Graphit, aber auch in dessen blätterigem Krystallgefüge ist nirgends eine Spur früheren organisirten Gewebes zu er-

kennen.[1] Nimmt man aber an, dass nur allmälig im Laufe der Zeiten eine Aenderung in der Organisation der Glieder der Generation eingetreten und dieselben in der Vollkommenheit und Mannigfaltigkeit ihrer Ausbildung langsame Fortschritte gemacht haben, in dem diese Ketten von den einfachsten Lebensformen begonnen haben, so ist zu schliessen, dass unter der Silur- und cambrischen Formation eine sehr lange Reihe von Sedimenten noch verborgen liegt.

Ueber die allgemeinen äusseren Lebensbedingungen und Verhältnisse der Organismen.

§ 3. Die Existenz, Entwicklung und Lebensenergie der Organismen stehen in steter nothwendiger Abhängigkeit von einer Anzahl äusserer physikalischer und chemischer Bedingungen, deren Studium nicht allein Aufschlüsse über die Ursachen der geographischen Verbreitung und Vertheilung von Thieren und Pflanzen, sondern auch manchen interessanten Blick in die Eigenthümlichkeiten der Lebensprocesse selbst gewährt und deren Kenntniss in mancher Hinsicht befähigt, die Production einer Gegend und eines Landes sowie des einzelnen Organismus nach Möglichkeit zu steigern. Es kommen hierbei in physikalischer Hinsicht in Betracht der Luftdruck, die Temperatur und die Einwirkung des Lichtes, in chemischer Hinsicht die Verbreitung und Zugängigkeit der Nährstoffe für Thiere und Pflanzen.

Einwirkung des Luftdruckes.

Die Verschiedenheiten, welche der Druck der atmosphärischen Luft an verschiedenen Orten der Erdoberfläche je nach ihrer geographischen Lage und Erhebung über die Oberfläche des Meeres zeigt, haben eben so wenig als die selten mehr als 4 Centimeter Quecksilberdruck betragenden Schwankungen desselben, welche an jedem Orte je nach der Bewegung der Atmosphäre zu geschehen pflegen, einen bemerkbaren Einfluss auf das Leben von Pflanzen, Thieren und Menschen, wenn auch ein derartiger Einfluss besonders von s c h n e l l e n Schwankungen auf das Befinden des Menschen oft behauptet worden ist und man der verdünnten Luft auf mässig hohen Bergen einen günstigen Einfluss auf Brustkranke zugeschrieben hat. Ist aber eine Ver-

[1] Es sind von mir mehrere Proben von Graphit von Ceylon, Sibirien, vom Odenwald, Grönland mikroskopisch untersucht mit durchaus negativem Resultate.

änderung des Luftdruckes, wie er an den von Organismen bevölkerten Orten vorzukommen pflegt, ohne Einfluss, so haben doch Besteigungen sehr hoher Berge, Luftschifffahrten und physiologische Versuche erwiesen, dass das Leben von Menschen und höheren Thieren keine sehr bedeutende Verdünnung der atmosphärischen Luft verträgt. Ebenso haben Versuche mit comprimirter Luft ergeben, dass auch hier bestimmte Grenzen des Lebens existiren, endlich haben Erfahrungen bei der Taucherbeschäftigung und dem Bau von Brückenpfeilern und der Anwendung comprimirter Luft in Bergwerken sowie physiologische Versuche ergeben, dass eine schnelle und bedeutende Erniedrigung des Luftdruckes plötzlichen Tod zur Folge haben kann.

Abgesehen von einigen zerstreuten älteren Angaben finden sich die ersten eingehenderen Schilderungen der Einwirkung starker Luftverdünnung in der interessanten Beschreibung, welche *B. de Saussurre*[1] über seine erste Besteigung des Mont Blanc im Jahre 1787 gegeben hat, aber die hier erzählten Einwirkungen sind nur zum kleinen Theil der starken Luftverdünnung zuzuschreiben, eine grosse Zahl später ausgeführter Besteigungen desselben Berges haben erwiesen, dass bei Weitem nicht alle Menschen die Einwirkungen an sich verspüren, welche *Saussure* und seine Begleiter erduldet haben, Athemnoth, Mattigkeit, die beim Ausruhen schnell vorüberging, Appetitlosigkeit, Erbrechen, Steigerung der Pulsfrequenz, Herzklopfen, Durst. Aehnliche Schilderungen wurden später von *A. von Humboldt*[2] gemacht, er hatte bei dem Versuch der Besteigung des Chimborazo sehr gelitten und wegen dieser Beschwerden den Gipfel nicht erreicht, auf dem Pichincha fiel er während der Anstellung von physikalischen Beobachtungen in Ohnmacht. *Boussingault* versuchte die Besteigung des Chimborazo 1831, gelangte zu einer Meereshöhe von 6009 Meter und sah dabei das Barometer auf 0,350 M., also weniger als die Hälfte des Atmosphärendruckes am Meeresniveau, fallen, dennoch fühlte er die Einwirkung der verdünnten Luft viel weniger als es von *Saussure* und *Humboldt* angegeben wird für Höhen, die noch bedeutend niedriger waren (der Mont Blanc ist 4810 M. hoch und *Humboldt* erreichte am Chimborazo nur 5000 M. Höhe [0,406 M.

[1] *B. de Saussure*, Voyages dans les Alpes. Neuchatel 1796—1803.

[2] In seinem berühmten Werke Tableau physique des régions équatoriales, p. 94, giebt *Humboldt* eine sehr interessante Schilderung seiner Beobachtungen über den Einfluss der Luftverdünnung.

Barometerstand]).[1] Sowohl *Humboldt* als *Boussingault* geben an, dass eine Gewöhnung des Menschen an das Athmen verdünnter Luft mit der Zeit eintrete, sie schildern in dieser Beziehung das Wohlbefinden, die Kraft und Thätigkeit der Bewohner der Städte Quito und Micuipampa, besonders aber von Potoxi und Antisana mit 0,469 M. Barometerstand und über 4000 M. über dem Meeresniveau.

Der berühmte Chemiker *Gay-Lussac* erreichte im Luftballon über Paris 1804 die Höhe von 7004 M., fühlte die Kälte höchst empfindlich, sein Puls war frequent und das Athmen beschwerlich.

Mad. *Blanchard*[2] stieg im Luftballon bis zu einer Höhe von 7600 M., gab gleichfalls starkes Kältegefühl an und litt an sehr reichlicher Blutung aus der Nase.

Robertson und *Lhoest* stiegen 1803 bis 7400 M., *Barral* und *Bixio* 1852 bis 7016 M., *Welsch* im selben Jahre bis 6990 M.

In der neuesten Zeit haben zwei oder drei Luftschifffahrten die Grenze der Luftverdünnung erreicht, bis zu welcher es dem Menschen möglich ist vorzudringen. *Glaisher* verlor bei sehr hohem Aufsteigen 1862 (bis zu 8838 M. Höhe wohl unzweifelhaft, ob höher, ist nicht sicher ausgemacht) das Bewusstsein und erhielt dasselbe erst wieder, als der Ballon von selbst weit gefallen war.

Crocé-Spinelli, *Sivel* und *Tissandier*[3] stiegen mit dem Ballon Zenith am 15. April 1875 von Paris aus schnell in die Höhe, erreichten nach $1^1/_2$ Stunden die Höhe von 5300 M., in welcher *Tissandier* 26 Respirationen in einer Minute ausführte, *Crocé* 120, *Sivel* 155 Pulse in einer Minute zeigten. Temperatur des Mundes 37,90°, Lufttemperatur — 5°. Bis 7000 M. Höhe traten keine alarmirenden Symptone ein, dann begannen sie sauerstoffreiche Luft, die sie mitgenommen hatten, zu athmen. Bei 7500 M. Höhe wurden von *Sivel* drei Säcke mit Spreu ausgeschüttet. *Tissandier* schildert ihr Befinden in folgender Weise. Gegen 7500 M. Höhe sassen wir unbeweglich in dem Schiffchen und sicherlich betäubt. Der Körper und der Geist nehmen mehr und mehr an Schwäche zu, ohne dass man dies bemerkt; man leidet dabei durchaus in keiner Weise und denkt

[1] Eine brauchbare Zusammenstellung der älteren Beobachtungen in dieser Richtung giebt *Ch. G. Pravaz*, Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé. Lyon, Paris 1850. p. 55. Vergl. ferner *Ch. Martin's* Von Spitzbergen zur Sahara. Jena 1868. I. p. 298.

[2] *Pravaz* a. a. O.

[3] Compt. rend. t. LXXX, p. 1060. 1875.

nicht mehr an die Gefahr der Reise, man steigt und freut sich dessen; der Schwindel der hohen Regionen scheint kein leeres Wort zu sein. Ich fühlte mich so schwach, dass ich nicht den Kopf zu wenden vermochte, um meine Begleiter zu betrachten. Ich wollte Sauerstoff athmen, aber ich vermochte nicht den Arm zu erheben. Dabei war mein Geist vollkommen klar. Ich betrachtete stets das Barometer, sah, dass es unter 0,280 M. schnell fiel, ich will ausrufen, dass wir 8000 M. überschritten haben, aber meine Zunge ist gelähmt. Er schloss die Augen, verlor das Bewusstsein und erlangte es erst wieder nach ungefähr 38 Minuten, als der Ballon schnell fiel und das Barometer eine Höhe von 7059 M. anzeigte; auch *Crocé-Spinelli* erwacht bald, wirft 2 Uhr 20 Minuten, um den Ballon nicht schnell fallen zu lassen, Spreu aus dem Schiff, der Ballon steigt wieder, Alle verlieren das Bewusstsein und *Tissandier* erwacht allein wieder, mehr als eine Stunde später, 3 Uhr 30 Minuten, bei 6000 M. Höhe. *Sivel* und *Crocé-Spinelli* waren todt. Eigenthümlich construirte Barometervorrichtungen, die sie mitgenommen hatten, ergaben, dass sie bis zu 0,264 bis 0,262 M. Barometerstand oder 8540 bis 8600 M. Höhe gestiegen waren.

Alle früheren Erfahrungen sind von verschwindend geringer Bedeutung gegen die Ergebnisse dieser Luftschifffahrt, die leider diesen beiden thätigen Männern das Leben kostete. Es ergiebt sich aus der Schilderung von *Tissandier*, dass er bei 8000 M. Höhe das Bewusstsein verlor, die beiden Anderen scheinen es schon früher verloren zu haben, waren aber bei 7500 M. Höhe noch bei Besinnung.

Der Druck des Sauerstoffgases in der Atmosphäre beträgt bei 0,280 M. Barometerstand ungefähr 7,73 pCt. einer Atmosphäre. Eine grössere Zahl mannigfaltiger physiologischer Versuche hat gelehrt, dass bei einem solchen Sauerstoffdruck der Mangel an Sauerstoff im Blute bereits bemerkbar wird, während der Tod erst eintritt, wenn der Sauerstoffdruck in der geathmeten Luft auf 3,5 pCt. einer Atmosphäre gefallen ist.[1] Dieser niedrige Sauerstoffdruck ist bei 8600 M. Höhe über der Meeresfläche noch bei Weitem nicht erreicht, dennoch sind *Sivel* und *Crocé-Spinelli* gestorben. Ein zu schnelles Aufsteigen in viel verdünntere Luft ist als Todesursache nicht anzunehmen, vielleicht starben sie, weil sie bei sehr geringer Sauerstoffspannung der geathmeten Luft Muskelanstrengungen ausführten; bei 7500 M. Höhe warf *Sivel*, später bei 7000 M. *Crocé-*

[1] Vergl. *Stroganow*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XII, S. 31.

Spinelli Spreu aus zum zweiten Aufsteigen des Ballons; *Tissandier*, welcher die Reise überlebt hat, scheint in Ruhe geblieben zu sein. Dass die Muskelanstrengung Sauerstoffverbrauch veranlasst, steht fest. Aus der Schilderung *Tissandier's* geht nicht hervor, ob *Sivel* die erste Steigung auf 8600 M. überlebt hat.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass der durch die Muskelanstrengung gesteigerte Sauerstoffverbrauch bei der Besteigung von hohen Bergen schon bei höherem Sauerstoffdruck in der geathmeten atmosphärischen Luft die Athemnoth und Ermattung bewirkt, welche von *Saussure*, *Humboldt* und allen denen empfunden ist, die hohe Berge bestiegen haben; die Athmung ist bei niedrigem Sauerstoffdruck nicht mehr im Stande, das für die Muskelthätigkeit und ihre Producte nöthige Sauerstoffquantum schnell genug zu liefern; ruht dann der Körper, so ist die Erholung eine ausserordentlich geschwinde, wenn der Druck nicht zu tief gesunken ist. Bei einer früheren Luftreise war die von *Bert*[1] empfohlene Athmung von sauerstoffreicher Luft in grossen Höhen von *Crocé-Spinelli* und *Sivel*[2] sehr wirksam und kräftigend gefunden. *Bert*[3] hatte durch Versuche an Thieren und Menschen bereits festgestellt, dass in einer Luftverdünnung bis zu 0,450 M. bis 0,400 M. Barometerstand die Symptome des Sauerstoffmangels sich einstellen, durch Athmen von sauerstoffreicherer Luft aber eine noch weitere Erniedrigung des Druckes ertragen werden kann.

Ein Symptom, welches von Luftschiffern und von Bergsteigern sehr häufig angegeben ist und zwar auf die Einwirkung verdünnter Luft mit Recht bezogen wird, ist die Blutung aus Lippen, Nase und Conjunctiva der Augen. Der Zusammenhang ist aber einfach in dem schnellen Eintrocknen der Schleimhäute in der verdünnten Luft zu suchen. Man wendet zum schnellen Trocknen feuchter Substanzen mit Recht die Luftpumpe an, da der Wasserdampf sich offenbar um so schneller diffundirt, je verdünnter die Luft ist. Es ist dies Eintrocknen beim Besteigen hoher Berge sehr lästig, die Lippen werden rissig und bluten leicht, die Augen zeigen oft davon sehr lebhafte Entzündung der Conjunctiva, auch die Trockenheit der Nase belästigt sehr.

---

[1] Compt. rend. t. LXXV, p. 29, 88. 1872.

[2] Compt. rend. t. LXXVIII, p. 946. 1874. Luftschifffahrt bis zu 0,300 M. Barometerstand, 7300 M. über dem Meerespiegel; Sauerstoffdruck 8,29 pCt. einer Atmosphäre.

[3] Ebendas. t. LXXVIII, p. 911.

Ueber die Grenze des Lebens bei Erhöhung des Luftdruckes geben allein die Untersuchungsresultate von *Bert*[1] Aufschluss. Fürs Erste zeigen dieselben, dass die CO_2 in der geathmeten Luft bei um so niedrigerem Procentgehalt vergiftend wirkt, je höher die summarische Compression der Luft ist, so tödtete ein Gehalt von 5,6 pCt. CO_2 bei 3 Atmosphären Luftdruck einen Sperling, ferner ein Gehalt von 2,1 pCt. bei 4 Atmosphären und von 1,4 pCt. CO_2 bei 5 Atmosphären Druck, bei gewöhnlichem Luftdruck tödtete erst ein Gehalt von 25 pCt. CO_2 einen Sperling in sauerstoffreicher Luft. Dann überzeugte sich aber *Bert* auch, dass sehr comprimirter Sauerstoff die Thiere tödtet und zwar reiner Sauerstoff schon bei 3,5 Atmosphären Druck unter den Erscheinungen von erst leichtem Erzittern des Kopfes und der Füsse, dann heftigen Krämpfen, die sich in nahezu gleichen Zeiträumen wiederholen, dabei immer schwächer werden, bis der Tod eintritt. Comprimirte atmosphärische Luft wirkt bei 18 Atmosphären Druck, wie es scheint, nicht so giftig. Trotz der Aehnlichkeit der Vergiftungssymptome durch CO_2 und durch Sauerstoff in comprimirter Luft glaubt *Bert* doch nicht, dass die toxische Wirkung des Sauerstoffs auf einer Wirkung der producirten CO_2 beruhe. *Bert* räth, Taucher in grossen Tiefen eine mit Stickstoff verdünnte Luft athmen zu lassen. Das Tauchen bis zu 100 bis 150 M. Tiefe im Meere wird aber aus anderen Gründen sehr gefährlich sein, auch abgesehen von den Gefahren durch CO_2 und Sauerstoff; die Taucher dürften aus diesen Tiefen nur mit äusserster Vorsicht langsam wieder heraufsteigen, wie sogleich erläutert werden soll. In sehr starken Luftdruck können Menschen nur beim Tauchen in Wasser kommen (ungefähr 10 M. 1 Atmosphäre), die Tiefe der Bergwerke (die tiefsten ungefähr 1000 M.) ist zu gering, um eine bedeutendere Steigerung des Luftdruckes zu bewirken; ebenso wird man am Todten Meere keine Wirkung davon empfinden, dass man an seinem Ufer 1300 engl. Fuss tiefer steht, als das Niveau des Mittelmeeres.

§ 4. Eine selbst ziemlich schnelle Steigerung des Luftdruckes wird mit Ausnahme einer oft schmerzhaften Einwärtswölbung des Trommelfells keine bemerkbare Einwirkung ausüben, als dass die Respiration viel ruhiger wird, auch die Pulsfrequenz etwas nachlässt (*Bert* sah, dass eine Steigerung von gewöhnlichem Luftdruck auf 5 Atmosphären in wenigen Minuten für seine Versuchsthiere

[1] Compt. rend. t. LXXIV, p. 617 u. t. LXXV, p. 29, 88, 491, 543. 1872.

ohne Nachtheil war, eine schnelle Steigerung bis 7 Atmosphären sie aber tödtete), dagegen sind häufig Lähmungen oder selbst plötzlicher Tod die Folge zu schnellen Uebergangs aus der dichten Luft in eine viel dünnere; in Bergwerken, in denen das Wasser durch Lufteinpumpen aus dem Schacht und den Strecken zurückgedrängt wird, sowie beim Bau von Brückenpfeilern in comprimirter Luft, wo die Luftverdichtung, in welcher die Arbeiter arbeiten, oft 2 bis gegen 4 Atmosphären Ueberdruck betragen hat, sind solche Unglücksfälle beim Verlassen der comprimirten Luft und Uebergang in die verdünntere äussere nicht selten beobachtet, eben solche Fälle sind vorgekommen bei griechischen Schwammsuchern am Meeresboden, wenn sie, mit Taucherapparaten versehen, zu schnell aus grosser Tiefe heraufgekommen sind. Die Ursache der Lähmung und des plötzlichen Todes liegt in der Entwicklung von Stickstoffgas innerhalb der grossen Venen, Verstopfung der Lungencapillaren durch die Gasbläschen und Aufhebung der propulsiven Einwirkung des Herzens auf das Blut, da das Gas durch das Herz comprimirt wird mit jeder Contraction und wieder dilatirt bei der Diastole, ohne wie das incompressible Blut entsprechend der systolischen Verkleinerung des Herzinhaltsraumes in die Arterie getrieben zu werden. Diese beiden Momente bewirken plötzlichen Stillstand des Kreislaufes und hiermit Tod. Ich habe zuerst[1] bei Thieren den Zusammenhang dieser Gasentwicklung im Blute mit dem Aufhören des Lebens experimentell nachgewiesen, *Bert*[2] hat dies neuerdings nicht allein durch sehr schöne Untersuchungen bestätigt, sondern auch gefunden, dass das Gas, welches hier im Blute entwickelt wird, 70 bis 90 Vol.-pCt. Stickstoff enthält und in den Fällen, wo Thiere in sehr stark comprimirte Luft gebracht waren, das ihnen durch Aderlass entzogene Blut bei geringerem Atmosphärendruck lebhaft schäumte, und wenn die Versuchsthiere nach ihrer Untersuchung in stark comprimirter Luft am Leben erhalten werden sollten, eine äusserst langsame und vorsichtige Minderung des Luftdruckes nach dem Versuch vorgenommen werden musste, so dass der Ueberschuss des absorbirten Gases aus dem Blute durch Diffusion in die Lungenluft entweichen konnte.

Zahlreiche Untersuchungen über die Einwirkung schwach comprimirter Luft in den sogenannten pneumatischen Apparaten auf Ge-

[1] Arch f. Anat. u. Physiol. 1857.

[2] Compt. rend. t. LXXV, p. 543. 1872.

sunde[1] und ihre terapeutische Verwendung haben nur so viel sicher ergeben, dass die Einwirkung auf die Respiration und den Stoffwechsel keine erhebliche ist, wenn auch feststeht, dass Asthmatiker in der comprimirten Luft gewöhnlich eine sehr wesentliche Erleichterung ihrer Beschwerde empfinden. Zu Lungenblutungen neigende Personen sollen nach *Pravaz* von der comprimirten Luft keinen Gebrauch machen.

Aus Verhältnissen, welche bei Besprechung der Wanderung des Kohlenstoffs dargelegt werden sollen, ist zu schliessen, dass in den älteren geologischen Perioden ein höherer Atmosphärendruck als gegenwärtig auf der Erdoberfläche geherrscht hat, weil in diesen Perioden die Atmosphäre reicher an CO_2 und wohl auch reicher an Wasserdampf gewesen ist, ohne dass der absolute Sauerstoffgehalt geringer war als in unserer Zeit.

Ueber den Einfluss des Luftdruckes auf Pflanzen ist etwas Zuverlässiges nicht bekannt, wenn auch *Humboldt*[2] meinte, dass einige Pflanzen eine verdünnte Luft für ihre Existenz bedürften. *Bert* giebt an, dass in comprimirter Luft Fäulniss nicht stattfände.

Ueber die Temperaturverhältnisse an der Erdoberfläche und ihre Einwirkung auf Organismen.

§ 5. Keine Einwirkung äusserer Einflüsse auf das Leben von Thieren und Pflanzen ist leichter zu erkennen und deshalb keine besser bekannt als die der Temperatur und der Wärmestrahlung. Es ist daher auch das in dieser Beziehung gesammelte Beobachtungsmaterial so bedeutend, dass hier nur eine Skizze, durchaus keine erschöpfende Behandlung des Gegenstandes versucht werden kann. Die Energie der Lebensprocesse steigt und fällt mit der Temperatur der Organismen, wenn auch durchaus in keiner einfachen arithmetischen Proportion und ferner nicht in gleicher Weise bei den verschiedenen Organismen; es ist allgemein bekannt, dass ein grosser Theil der Thiere und Pflanzen heisser Klimate eine hohe Temperatur zur Unterhaltung ihres Wachsthums und ihrer Lebensfunctionen nöthig hat, während andere aus kalten Klimaten diese Temperaturen

[1] *R. v. Vivenot*, Zur Kenntniss d. physiol. Wirkungen u. therapeut. Anwend. d. verdichteten Luft. Erlangen 1868. — *P. L. Panum*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. I, S. 125. 1868. — *G. v. Liebig*, ebend. Bd. X, S. 479. 1875, u. Zeitschr. f. Biol. Bd. V, S. 1. 1868.

[2] *A. v. Humboldt*, Tableau physique des régions équatoriales.

auf die Dauer nicht ertragen können. Es ist ferner bekannt, dass andere Thiere und Pflanzen heisser Klimate auch kälteren sich anbequemen können, dabei aber vielleicht die eine oder andere Function ihrer Organe verändert zeigen, dasselbe ist von vielen Thieren und Pflanzen kälterer Klimate bezüglich der höheren Temperaturen bekannt. Es ist ferner bekannt, dass die chemischen Verhältnisse eines Organismus je nach der höheren oder niederen Temperatur, die auf ihn einwirken, mannigfache Aenderungen erfahren können.

Bei dieser ausserordentlichen Verschiedenheit, welche Organismen in den Temperatureinflüssen zeigen, ist es nicht leicht, allgemeine Grenzen und durchgreifende Gesetze herauszufinden, besonders hinsichtlich der Fragen, 1) welches die untere und 2) welches die obere Temperaturgrenze der lebenden Organismen sei, 3) wo die untere und 4) wo die obere Temperaturgrenze des Lebens der Organismen zu suchen sei. Es ist zwischen den Fragen 1 und 3, sowie 2 und 4 wohl zu unterscheiden. Wenn z. B. in unserem Klima im Winter der Saft in einer Pflanze gefroren ist, so ist unzweifelhaft das Leben suspendirt, aber wenn dann wieder höhere Temperatur folgt, kann die Pflanze noch recht wohl lebend bleiben, nachdem der Saft in ihr aufgethaut ist, an immergrünen Pflanzen ist dies oft sehr deutlich zu beobachten. Andererseits könnte auch bei hoher Temperatur das Leben suspendirt werden ohne Eintritt des Todes, doch scheint dies weder bei Thieren noch bei Pflanzen vorzukommen, so dass bis jetzt die Frage 2 und 4 nicht aus einander gehalten werden kann.

Von sehr wesentlichem Belang für die Höhe, in welcher die untere Temperaturgrenze liegt, ist der Wassergehalt des Saftes der Pflanzen. *De Candolle* spricht schon aus, dass die Resistenz der Pflanzen gegen das Erfrieren im umgekehrten Verhältniss ihres Wassergehaltes stehe. Im Uebrigen sehr harte Pflanzen erfrieren in ihren jungen Trieben, wenn diese von einem Froste getroffen werden; man beobachtet dies im Frühling an fast allen unseren Waldbäumen: Eichen, Buchen, Tannen u. s. w. Im Gewächshaus gezogene saftreiche Pflanzen erfrieren viel leichter als solche mit concentrirterem Safte, die im Freien gezogen sind. Die untere Temperaturgrenze für den Weinstock liegt tiefer nach einem guten Jahre als nach einem feuchten kalten Sommer. Die letzten Internodien der Weinreben erfrieren in unserem Klima wohl jeden Winter, aber je günstiger der vorausgehende Sommer war, um so weniger erfriert vom Weinstock bei sonst gleicher Temperaturerniedrigung im Winter; ebenso

verhalten sich empfindliche Bäume wie Paulownia, auch Nussbäume. Der Saft eines grossen Theils der Pflanzen ist so concentrirt im Winter, dass er mehrere Grade unter 0° abgekühlt werden kann, ohne dass Eisbildung erfolgt. Tritt sie dann in einem Pflanzensafte ein, so bleibt doch ein Theil noch flüssig, je tiefer aber die Temperatur sinkt, um so mehr schreitet die Eisbildung vor, zersprengt schliesslich die Zellen und tödtet den Organismus entweder theilweise oder ganz. Bei der Umwandlung von Wasser in Eis beträgt die Volumenzunahme 9,08 Vol.-pCt. Wenn man in einem geräumigen cylindrischen Gefässe blutige Flüssigkeit gefrieren lässt, wird zunächst ein Theil des Wassers gefrieren, schreitet aber bei grosser Kälte das Gefrieren weit fort, so kann das Gefäss zersprengt werden, was bei 1 oder 2° wohl nie geschieht, obwohl Eisbildung schon bei diesen Temperaturen beginnt. Die Zerreissung der Zellen durch das gebildete Eis scheint nun die allgemeine Ursache des Todes durch die Kälte selbst zu sein. Es giebt Pflanzen, bei denen dies schon zwischen 0 und —1° stattfindet, andere, bei denen es erst unter —20° geschieht, beim Weinstock erst bei ungefähr —23° C., bei vielen Obstbäumen erst unter —30°. Samen vertragen meist wegen ihres sehr geringen Wassergehaltes sehr grosse Kälte. Die Herabsetzung der Lebensthätigkeit erfolgt bei den Pflanzen beim langsamen Abkühlen allmälig schon über 0°, je nach der Species früher oder später wird sie völlig aufgehoben, und eine grosse Anzahl von Pflanzen stirbt, wenn eine nur um wenige Grade 0 übersteigende Temperatur lange Zeit auf sie einwirkt, während stundenlange Einwirkung solcher Temperatur keiner, auch solcher der heissesten Zone, an sich Schaden bringt, es sei denn gerade während der Befruchtung oder der Keimung. Dass das Leben von Thieren und Pflanzen selbst unter 0° noch thätig sein kann, lässt sich bestimmt erweisen. Protococcus nivalis lebt auf dem Schnee; *Lortet*[1] beobachtete Soldanella alpina blühend ganz von Schnee umgeben, *Horvath* fand, dass Ziesel im Winterschlaf langsam abgekühlt werden könne, bis ihre Temperatur im Darme —0,2° beträgt, und dass sie dann doch am Leben erhalten werden können, freilich darf diese niedere Temperatur wohl nicht lange einwirken.

Die Temperatur des Blutes und der Organe warmblütiger Thiere ist durch die Lebensprocesse derselben in höchst merkwürdiger und noch unerklärter Weise auf 36° bis 41° regulirt, und zwar scheint

[1] Botan. Zeitung 1852. S. 648.

die Temperatur der Vögel stets etwas höher zu sein als die der Säugethiere, welche 36° bis 38° beträgt. Abkühlung unter 36° führt nicht ohne Weiteres den Tod herbei. So können nach *Horvath*[1] sehr junge Hunde abgekühlt werden, bis ihre Darmtemperatur unter + 4,8° beträgt, ohne dass sie die Fähigkeit verlieren, bei Stubentemperatur ihre normale über 36° betragende Temperatur durch die eigenen Lebensprocesse wieder zu erlangen. *Cl. Bernard* und *Walther*[2] fanden dagegen, dass Meerschweinchen in Quecksilber auf 18° bis 20° abgekühlt, sich nicht selbst wieder bei Stubentemperatur erwärmen können, sondern zu Grunde gehen, wenn sie nicht künstlich erwärmt werden. Eine Abkühlung bis in die zwanziger Grade für die Bluttemperatur vertragen alle Säugethiere, die in dieser Richtung untersucht sind. Der Wärme entwickelnde Stoffwechsel steigt bei sehr geringer Abkühlung, fällt aber bedeutend bei jeder starken Erniedrigung der Bluttemperatur. Mit Schneewasser abgekühlte Kaninchen starben in Versuchen von *Herter* und mir mit noch deutlichem Unterschied in der Farbe des venösen und des arteriellen Blutes, wenn ihre Darmtemperatur bis ungefähr 15° gesunken war, nachdem vorher sehr mühsame Respirationen ausgeführt wurden und die Nerven und Muskeln auf elektrischen Reiz sich nur sehr wenig thätig zeigten. Kühlt man die Hinterbeine von Kaninchen für sich allein und noch stärker ab, so tritt auf galvanischen Reiz der Nervenstämme keine Contraction der Muskeln in den abgekühlten Theilen ein, aber nach Wiedererwärmung kehrt auch die volle Reactionsfähigkeit der Nerven und Muskeln zurück. *Horvath*[3] hat dies Verhalten von Nerven und Muskeln schon früher beschrieben.

Die Protoplasmenbewegungen der farblosen Blutkörperchen hören bei niederen Temperaturen ganz auf; unter + 5° liegen dieselben ganz still und können nach *Alex. Schmidt* gut durch Filtration von der Flüssigkeit, in der sie schwimmen, getrennt werden.

Zahlreiche Säugethiere, besonders von den Nagern, sind dagegen im Stande, bei kalter Temperatur der Luft unter bedeutender Erniedrigung ihrer Körpertemperatur, Abnahme der Athem- und Pulsfrequenz auf längere Zeit ein Leben von viel geringerer Intensität zu führen als bei höherer Temperatur ihrer Umgebung, sie

[1] Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871. S. 531.

[2] *Cl. Bernard*, Leçons de physiol. expériment. Cours du semestre d'hiver 1854—55. Paris 1855. p. 183. — Ferner *A. Walther*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865. S. 25. — Arch. f. pathol. Anat. 1862. S. 414.

[3] A. a. O. S. 532.

liegen in diesem Zustande, dem sogenannten Winterschlafe, ziemlich bewegungslos, reagiren aber auf Reize und werden zum Theil durch kräftigere Reize zum wachen Zustande zurückgeführt, indem dabei nach *Horvath's*[1] Beobachtung ihre Körpertemperatur bis 15° langsam, von da an aber sehr geschwind steigt. Im Winterschlafe produciren sie so wenig Wärme, dass sie eine Temperatur des Körpers haben, welche die der Umgebung kaum übertrifft.

Dass viele Insecten und andere wirbellosen Thiere Temperaturen weit unter 0° längere oder kürzere Zeit ohne Nachtheil ertragen können, ist eine feststehende Erfahrung, aber die Lebensprocesse stehen bei diesen niederen Temperaturen entweder ganz still oder bleiben, so lange sie einwirken, auf ein Minimum beschränkt. Auch Säugethiere zeigen bei starker Abkühlung ihrer Extremitäten keinen bemerkbaren Sauerstoffverbrauch in denselben, das von ihnen kommende Venenblut ist von dem der Arterien nicht zu unterscheiden.

§ 6. Vollständig von Organismen entblösst sind der niederen Temperatur wegen in hohen Breiten und auf hohen Bergen nur sehr beschränkte Territorien. Die beiden Erforscher der antarctischen Meere *Wilkes*[2] und *Ross*[3] fanden keine Spuren von Vegetation auf den eisigen von ihnen entdeckten Küsten. So spricht sich *Ross* aus über Franklin Island lat. 76° 8′ S., long. 168° 12′ O. und die noch weiter südlichen Punkte, welche er entdeckt hat, aber er schildert zugleich den Reichthum an Seevögeln auf den Küsten und an Seehunden, Krebsen und Infusorien, deren Nahrung nur durch die Meeresströmungen ihnen aus niederen Breiten zugetragen werden kann.

Nördlich von Rensselaer Hafen unter 78° 37′ nördlicher Breite bei einem Klima von −28,4° im December, −30,2° im März, −1,2° im Juni, +2,8° im Juli und −0,3° im August fand *Kane*[4] Pflanzenvegetation, Eisbären u. s. w. und seine Gefährten sogar noch bei 81°−82° nördl. Br. am offenen Meere Vögel in grosser Zahl, Seehunde und verschiedene phanerogame Landpflanzen mit unter die-

---

[1] Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872. S. 722.

[2] *Ch. Wilkes*, Narrative of the United States Exploring Expedition 1838 to 1842. Uebers. in *Wiedemann u. Hauff*, Reise- und Länderbeschr. 1848. 33. Liefg.

[3] *J. C. Ross*, A voyage of discovery and research in the southern and antarctic regions during the years 1839—43. Vol. I, p. 215 u. Vol. II, p. 161. London 1847.

[4] *E. K. Kane*, Arctic Explorations in the years 1853, 54, 55. Philadelphia 1856.

sem Klima reifenden Samen. Im nördlichen Sibirien werden Culturpflanzen auf einem Boden geerntet, der schon in geringer Tiefe das ganze Jahr hindurch gefroren bleibt; bei Jakutsk stehen über dem Bodeneise ausgedehnte Wälder. Auf Nowaja Semlja[1] ist sämmtlicher Planzenwuchs auf die oberste Schicht des Bodens und die unterste Luftschicht beschränkt, beide sind im Sommer sehr bemerkbar wärmer als die höheren Luft- und die tieferen Bodenschichten. In einer Tiefe von $2^1/_4$ bis $2^3/_4$ Fuss thaut hier der Boden nie auf. Es wachsen hier sowie in der Schneeregion der Alpen holzige Pflanzen, aber der Stamm kriecht am Boden hin und die Wurzeln bleiben oberflächlich. *Spörer* berichtet hierüber manche interessante Einzelheiten.

Eine verhältnissmässig nicht geringe Anzahl warmblütiger Thierspecies sind im Stande, diese kältesten Klimate der Erde zu ertragen. Sie sind alle mit einem dichten, vor starkem Wärmeverlust schützenden Pelze oder dichtem Gefieder versehen und haben offenbar eine sehr bedeutende Wärmeproduction, dafür spricht ihre Gefrässigkeit und die hohe Bluttemperatur, welche an soeben getödteten Thieren in den Polarregionen beobachtet ist.[2] Seehunde und Wallfische, welche enormen Wärmeverlust durch das Wasser, in dem sie leben, erleiden müssten, sind in Unterhautbindegewebe mit einer dicken, schlecht wärmeleitenden Lage von Fett eingehüllt, welche schon die neugeborenen Jungen gut entwickelt zeigen. Auch von diesen Thieren ist die Gefrässigkeit bekannt.

Für die Entwicklung der Pflanzen in sehr kaltem Klima ist es von nicht geringer Bedeutung, dass die in ihnen enthaltenen Farbstoffe sowie ein dunkelgefärbter Boden, auf dem sie wachsen, durch Absorption von Wärmestrahlen der Sonne die Temperatur in ihnen sehr bemerkbar über die der Umgebung zu steigern vermögen. Es ist bekannt, mit welcher Schnelligkeit dunkelgefärbte auf dem Eise liegende Gegenstände im Sonnenscheine sich in dasselbe durch Abschmelzen einzugraben vermögen. Bohrt man in einen Eisblock ein Loch tief ein, wickelt ein lebendes Blatt einer grünen Pflanze um die Kugel eines Thermometers, fügt dasselbe damit in die Höhle im Eisstück in der Weise ein, dass das Blatt das Eis nicht berührt,

[1] Vergl. *Spörer* in *Petermann*, Geograph. Mittheilungen 1867, Ergänzungsheft Nr. 21, S. 77.

[2] Beobachtungen von *King* mitgetheilt in *G. Back*, Reise durch Nordamerika u. s. w. nach der Küste des Polarmeers. A. d. Engl. von *K. Andrée*, Tab. CXXVI bis CXXX. Leipzig 1836.

schliesst aber die Oeffnung um das Thermometer genau mit Schnee oder Eis und stellt das Ganze so auf, dass das abthauende Wasser nicht auf das Blatt fliesst, die Sonne aber durch eine unverletzte Fläche des Eisblocks auf das rings von Eis umgebene Blatt scheint, so beobachtet man bald ein geringes Steigen des Thermometers, und der Stand bleibt so lange über 0°, bis die Sonnenstrahlen aufhören einzuwirken. Hierdurch wird es verständlich, dass Pflanzen unter dem Schnee wachsen und blühen können.

Die Höhe der Temperatur, welche Pflanzen zu ihrer Existenz, zum Keimen der Samen, Wachsthum der Stengel und Blätter und Reifen der Früchte nöthig haben, ist bekanntlich sehr verschieden, aber nicht allein diese nothwendige Höhe, sondern auch die jährliche Dauer derselben ist bestimmend für das Klima, in welchem die Pflanzen wachsen können; viele können deshalb nicht weiter nach höheren Breiten vorrücken, weil in diesen der Sommer nicht lang genug dauert, um ihren Trieben und Früchten die volle Entwicklung zu geben, andere tropische Pflanzen bedürfen eines stetigen Wachsthums, da sie sonst faulen. Die Ursachen dieser Unterschiede sind ebenso unbekannt wie die Bedingungen, an welche im Speciellen das Leben der Thiere in bestimmten Regionen und Klimaten mehr oder weniger strict gebunden ist. Es giebt Pflanzen wie Thiere, welche fast jedes Klima vertragen, und andere, welche wegen ihrer strengen Abhängigkeit von bestimmten thermischen und Feuchtigkeitsverhältnissen an sehr bestimmte kleine Territorien gebunden sind.

Zur Feststellung der oberen Temperaturgrenze des Lebens der Organismen sind zahlreiche Untersuchungen angestellt, aber eine genügende Uebereinstimmung noch nicht erzielt.

Die Muskeln warmblütiger Thiere werden getödtet, wenn ihre Temperatur auf ungefähr 44° gebracht wird, auch die der kaltblütigen Wirbelthiere scheint stets bei dieser Temperatur zu erstarren, und man ist daher im Stande durch Eintauchen eines Thieres in viel Wasser von 45° in kurzer Zeit den Tod desselben herbeizuführen, wenn zugleich die eingeathmete Luft desselben für diese Temperatur mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Auf keine andere Weise, es sei denn vielleicht durch das eine oder andere Gift, ist man im Stande, ein kleines Thier so schnell und so vollkommen zu tödten als durch die Erhitzung auf diese Temperatur. Auch die meisten wirbellosen Thiere scheinen keine höheren Temperaturen vertragen zu können, dagegen weichen Pflanzen hierin von den Thieren ab. Protoplasmen von Pflanzen werden vielfach erst in den ersten fünfziger Graden zur

Erstarrung gebracht, und in heissen Quellen leben Algen bei Temperaturen, welche bis zu 53° hinaufsteigen, ja, in den heissen Dämpfen der Fumarolen bei Casamicciola auf Ischia überziehen lebende chlorophyllhaltige Algen die Felsspaltenöffnung, in deren Polster das Thermometer 64,7° C. anzeigt.[1] In heissem Wasser von dieser Temperatur untergetaucht scheinen keine Algen leben zu können. Es giebt freilich noch manche Angabe[2] über das Vorkommen lebender Pflanzen und Thiere in noch viel heisserem Wasser, doch scheinen mir die angegebenen Temperaturen 53° für Wasser und 64,7° für heisse Dämpfe und Luft die Grenze zu sein. Bei der Untersuchung der Temperaturen, bis zu welchen in Wasser und in heissen Luft- und Dampfströmen Organismen lebend vorkommen, ist man mannigfachen Täuschungen ausgesetzt. Bierhefe verliert schnell ihre Fähigkeit, in Zuckerlösung Alkoholgährung hervorzurufen, und stirbt ab, wenn sie über 53° in Wasser erhitzt wird. In einer heissen Quelle auf Lipari beginnt Algenvegetation sich erst von dem Querschnitte des Baches an scharfer Grenze einzustellen, wo die Temperatur 53° beträgt. Werthvolle Beobachtungen über die obere Temperaturgrenze lebender Organismen sind besonders angestellt von *M. Schultze*,[3] *F. Cohn*[4] und *Sachs*.[5] Ueber die Höhe der Temperatur, bis zu welcher Bacterien und Mikrococcen erhitzt werden können, ohne dass sie sterben, ist noch nicht entschieden zu urtheilen, doch ist wohl so viel sicher, dass sie 80° in wässrigen Flüssigkeiten nicht zu ertragen vermögen; nach *Bastian*[6] werden sie schon bei viel niedrigeren Temperaturen (48°) getödtet.

Die im Wasser lebenden Organismen haben keine Mittel, soviel bekannt, sich gegen eine übermässige Erhitzung zu sichern, wohl aber die in der Luft lebenden, so lange die Luft nicht für diese hohen Temperaturen mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Das in heisser Luft von der Körperoberfläche, besonders aber bei der Respiration in Dampfform übergehende Wasser aus den Organismen entzieht

---

[1] *Hoppe-Seyler*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XI, S. 113.

[2] *J. Wymann*, Americ. Journ. of Science and Arts 1867. Ser. II. Vol. 44, p. 152.

[3] *M. Schultze*, Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863.

[4] *F. Cohn*, Ueber die Algen im Karlsbader Sprudel u. s. w. Abhandl. d. schlesischen Ges. f. vaterländ. Cultur. 1862. Heft 2.

[5] *J. Sachs*, Handbuch der Experimentalphysiologie d. Pflanzen. Leipzig 1865.

[6] *H. Charlton Bastian*, Evolution and the origin of life. London 1874.

ihnen zur Dampfbildung so viel Wärme, dass hierdurch es warmblütigen Thieren möglich ist, in Lufttemperaturen auszuhalten, die höher sind als die ihres Blutes, und zwar ohne dass ihr Blut an Temperatur zunimmt. Heisse Luft regt die Respirationsorgane zu frequenter Athmung und hiermit verbundener reichlicher Dampfbildung an. Hunde in heisse, mit Wasserdampf fast gesättigte Luft gebracht, athmen wohl 200 Mal in einer Minute. So ist es allein zu erklären, dass auch die heissesten Gegenden der Erde für Menschen und überhaupt warmblütige Thiere bewohnbar sind, ohne dass ihre Körpertemperatur höher ist als die der Menschen, Säugethiere und Vögel der gemässigten und kalten Zonen.

Die Reste, welche von Organismen aus früheren geologischen Epochen erhalten sind, beweisen unzweideutig, dass die Organisation derselben in dem histologischen Bau und soweit dies noch constatirt werden kann, auch in der chemischen Zusammensetzung keine andere gewesen ist als in der jetzigen Zeit. Auch die ältesten Säugethiere, dürfen wir annehmen, haben ungefähr 37° Bluttemperatur gehabt, und ihre Muskeln werden eine Temperatur von 45° nicht ertragen haben, ebenso wird für die Pflanzen der ältesten Sedimentschichten eine Temperatur von 55° tödtlich gewesen sein, natürlich abgesehen von einigen niedrigsten Algenformen. Es ist nun allerdings anzunehmen, dass in weit zurückliegenden Zeiten eine etwas höhere Temperatur an der Erdoberfläche geherrscht hat, aber die uns vorliegenden Reste der älteren Organismen führen den Beweis, dass so lange diese bestanden haben, die Temperaturen des Wassers und der Luft, die sie umgaben, nicht weit von unseren jetzt in den Tropen herrschenden entfernt sein können, dass ebenso während der sogenannten Eiszeit nur an bestimmten Theilen der Erdoberfläche die Lufttemperatur eine erheblich niedrigere gewesen sein könne.

Sehr wesentlich für die Existenz der Organismen und ihren glücklichen Kampf mit Kälte und Hitze ist die hohe Wärmecapacität des Wassers und die Grösse seiner Verdampfungswärme. Ungefähr 100 bis 120 Grm. Wasser ist im Stande, bei seiner Verdampfung von der Körperoberfläche den Organismus um 1° abzukühlen, d. h. ihm ungefähr 60,000 Wärmeeinheiten zu entziehen, und die ganze Quantität von Wärme, die einem Menschen entzogen werden muss, um ihn auf 15° abzukühlen, würde über eine Million Wärmeeinheiten betragen. Wäre die Wärmecapacität des Wassers geringer, so würden wir bei sonst gleichen Verhältnissen Ohren, Nase und Extremitäten viel leichter erfrieren bei schneller und kurzer Expo-

sition; wäre die Verdampfungswärme eine geringere, so würde der Stoffwechsel ein trägerer oder die Arbeit der Respiration eine stärkere sein müssen, wenn die Bluttemperatur die nämliche bleiben sollte.

Schnelle Wechsel in der Temperatur über gewisse Grenzen hinaus sind, wie es scheint, für alle Organismen gefährlich, man kennt jedoch den Zusammenhang der ersten Ursache mit den schliesslich bewirkten Erscheinungen noch nicht. Die sogenannten Erkältungen sind dem entsprechend noch ganz räthselhaft.

Ueber die Einwirkung des Lichtes auf die Organismen.

§ 7. Obwohl das Licht, speciell das Sonnenlicht, keine so unmittelbar in die Augen fallenden allgemeinen, alle Organismen betreffenden Einwirkungen auf die Lebensprocesse der Thiere und der Pflanzen ausübt, wie wir dies bezüglich der Wärme finden, ist dennoch, so weit als bekannt ist, die Existenz der ganzen organisirten Welt mindestens eben so abhängig von der Einwirkung des Lichtes der Sonne, wie von ihrer Wärme, insofern nämlich durch Einfluss des Sonnenlichtes in den grünen lebenden Pflanzen unter Zerlegung von CO_2 und Wasser organische Stoffe gebildet werden neben freiem Sauerstoff, und dieser Reductionsprocess der einzige zu sein scheint, durch welchen überhaupt aus den genannten beiden einfachen chemischen Körpern organische Substanzen entstehen können unter den Verhältnissen, wie sie an der Erdoberfläche obwalten. Der grüne Farbstoff der Pflanzen absorbirt besonders stark das rothe Licht zwischen der Linie *B* und *C* im Sonnenspectrum und scheint das Licht von dieser Brechbarkeit den bezeichneten chemischen Process zu vollziehen, doch absorbirt der grüne Farbstoff auch stärker brechbare Strahlen, besonders Violett und Blau, und wandelt sie offenbar in Licht von den Eigenschaften des rothen Lichtes um, sie dann in gleicher Weise verwendend. Löst man den grünen Farbstoff in Alkohol, Aether oder dergleichen Flüssigkeiten auf und wirft im dunklen Zimmer ein Sonnenspectrum auf die Oberfläche dieser Lösung, so leuchten diejenigen Theile der Flüssigkeit alle in demselben Roth, welche vom Roth zwischen *B* und *C* und selbst vom blauen und violetten Lichte getroffen werden. Das blaue und violette Licht wird von der Lösung dieses Farbstoffes in rothes Licht verwandelt und nicht verarbeitet, sondern ausgestrahlt wie von einem rothglühenden Stück Eisen. Der Farbstoff in der lebenden grünen Pflanze

absorbirt das Licht und verarbeitet es, so dass eine solche Fluorescenz, wie in der Farbstofflösung, nicht eintritt. Was die chemischen Verhältnisse und die Bedeutung dieses Processes für das Leben der Organismen anlangt, so wird weiter unten näher hierauf eingegangen werden müssen. Man kann nachweisen, dass diese Einwirkung des Lichtes noch abhängig ist von der Temperatur, so dass bei höherer Temperatur die Einwirkung eine stärkere ist, doch geschieht sie jedenfalls schon nahe bei 0° in verschiedenen Pflanzen und noch bei + 64,7° in grünen Algen, welche ich auf Ischia in dieser Temperatur lebend an der Wandung einer Fumarole fand.

Auch die Bildung des grünen Farbstoffes der Pflanzen, des Chlorophyll, ist grösstentheils von der Einwirkung des Lichtes abhängig, wenngleich die Keime von Coniferen, Farn und einigen anderen Pflanzengruppen Chlorophyll auch in vollständiger Dunkelheit zu bilden vermögen.[1] Pflanzen, die in völligem Dunkel leben, besitzen kein Chlorophyll. Licht jeder Brechbarkeit ist, soweit die Untersuchungen reichen, im Stande, Chlorophyll in gekeimten Pflanzen zu entwickeln; im Sonnenlicht ist das gelbe Licht das intensivste und deshalb wohl auch das wirksamste. Endlich übt das Sonnenlicht noch einen zersetzenden Einfluss auf das Chlorophyll. Kräftige immergrüne Pflanzen werden vom directen Sonnenlicht roth gefärbt, wenn bei niederer Temperatur die Sonne kräftig einwirkt, während ihre beschatteten Theile schön grün bleiben, doch ist diese Wirkung nicht bei allen Pflanzen zu bemerken; viele färben sich hell und gelb oder verblassen ganz in zu kräftigem Sonnenlicht, besonders wenn sie nicht von der Wurzel her kräftig ernährt sind oder schwächliche Schösslinge getrieben haben. Auch alkoholische oder ätherische Lösung von Chlorophyll wird im directen Sonnenlichte sehr bald zersetzt.

So wie die regelmässige Abwechselung von Tageswärme und Kühle der Nacht, von Sommer- und Wintertemperatur, Trockenheit und Nässe, übt auch der regelmässige Wechsel der Beleuchtung zwischen Tag und Nacht gewiss einen nicht unwichtigen Einfluss auf die Vegetation aller Zonen, ohne dass wir bis jetzt im Stande wären, den causalen Zusammenhang dieses Wechsels mit den Eigenthümlichkeiten des Pflanzenlebens zu durchschauen. Wunderbar ist die kosmopolitische Fähigkeit zahlreicher Pflanzen, ihr Leben den Verhältnissen fast aller Zonen, Klimate und Lichteinflüsse anzupassen.

---

[1] *H. v. Mohl*, Botan. Zeitung 1861. S. 258.

Der Einfluss des Sonnenlichtes auf Thiere betrifft ihre Hautorgane und ihre Augen. Bekannt ist die Pigmententwicklung, welche die Einwirkung kräftigen Sonnenlichtes im rete Malpighi des Menschen hervorruft. Die Hautflächen, welche die dünnsten Epidermisüberzüge haben, werden am stärksten betroffen. Bei den meisten Thieren lässt sich ein pigmentbildender Einfluss des Sonnenlichtes nicht wohl nachweisen, dagegen zeigen manche Amphibien eine eigenthümliche Empfindlichkeit farbstoffhaltiger Zellen in ihrer Haut (Chromatophoren) gegen Lichteinflüsse. Besonders auffallend ist der Wechsel der Farbe an der Haut des Chamäleon je nach der Intensität der Beleuchtung und der Brechbarkeit des Lichtes. Das Chamäleon ist in völliger Dunkelheit fast ganz weiss, bekommt bei schwacher Beleuchtung etwas graugrüne Farbe, zeigt bei stärkerer Beleuchtung Reihen dunklerer Flecken, wird dann braun und bei voller Beleuchtung schwarz. *Bert*[1] fand so wie ich, dass das rothe und gelbe Licht gar keine Einwirkung auf die Chromatophoren des Chamäleon haben; das blaue und violette Licht wirken kräftig auf sie ein. *Brücke*[2] erkannte, dass die Hautfärbung bewirkt werde durch die Chromatophoren, deren Lage bei Einwirkung des Lichtes oberflächlich, in der Dunkelheit dagegen eine tiefere ist. Wird ein Chamäleon mit Strychnin vergiftet, so wird es weiss, diese Färbung und die bei derselben vorhandene tiefere Lage der Pigmentmassen entspricht also dem contrahirten Zustande, während die Wirkung des blauen oder violetten Lichtes mit der Lähmung gleiche Wirkung haben wird. *Bert* glaubt, dass die Chromatophoren durch zweierlei Nerven bewegt würden, durch solche nämlich, die sie zurückzögen, und andere, die sie in die oberflächliche Lage brächten. Aehnliche Wirkungen des Lichtes glaubt *Bert* auch auf die Blutgefässe in der Haut des Menschen annehmen zu dürfen.

Eine Einwirkung des Lichtes auf das Blut ist nicht zu leugnen, da der Blutfarbstoff gelbgrünes Licht absorbirt und das Blut sich bei dieser Einwirkung erwärmt, wie ich gefunden habe; diese Einwirkung muss auf Neger und Europäer sehr verschieden sein, wird aber wahrscheinlich keine grosse Bedeutung haben.

Die wichtigste Einwirkung des Lichtes auf die Thiere geschieht ohne Zweifel durch die Augen. Thiere, welche im Dunklen leben, haben entweder keine oder sehr klein und mangelhaft entwickelte

---

[1] Compt. rend. t. LXXXI, p. 940. 1875.

[2] *E. Brücke*, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1851. 2. S. 802.

Augen. Im Auge des Menschen und der Wirbelthiere ist ausser der Einwirkung auf die Retina noch die Wirkung auf die Iris bemerkbar, welche bei intensiverem Lichte die Pupille verengt und in schwachem Licht oder Dunkelheit sie erweitert. Die Einwirkung geschieht hier nicht auf das Pigment der Iris, denn wenn es fehlt, z. B. bei weissen Kaninchen, zeigt die Iris doch die nämliche Abhängigkeit ihrer Bewegungen von der Intensität des Lichtes; das Pigment der Uvea und Choroidea absorbirt alles Licht, welches auf sie fällt, und verhütet somit die Reflexion und Diffusion von Licht im inneren Auge. Nach den Untersuchungen von *Holmgren* und von *J. Dewar* und *J. G. M'Kendrick*[1] wird durch das auf die Retina fallende Licht die elektromotorische Kraft des Stromes im Sehnerv erhöht, und zwar nicht allein bei höher organisirten Thieren, sondern auch bei wirbellosen mit zusammengesetzten Augen, z. B. bei Krebsen. Das Licht vermittelt durch das Auge grösstentheils den Zusammenhang der Thiere mit ihrer Umgebung und giebt zugleich die hauptsächlichste Anreizung zur Auslösung der verschiedensten Thätigkeiten, welche dann durch das Nervencentralorgan in den verschiedenen motorischen Regionen und Systemen des Thierkörpers veranlasst werden.

Moleschott fand endlich, dass entleberte Frösche im Lichte mehr CO_2 ausschieden als in der Dunkelheit, und *Selmi* und *Piacentini*[2] beobachteten, dass Hunde in gelbem Lichte die grösste, in grünem Lichte etwas geringere, in blauem wieder etwas geringere und in rothem und violettem Lichte die geringste Quantität CO_2 in bestimmter Zeit unter sonst gleichen Verhältnissen ausschieden. Es ist aus diesen Beobachtungen aber ein bestimmter Schluss bezüglich der Einwirkung des Lichtes auf den Stoffwechsel noch nicht zu ziehen.

Manche niedere Organismen entwickeln selbst Licht in ihrem Leibe, und zwar durch einen Oxydationsprocess, der in ihren Organen verläuft; hiervon wird bei der Besprechung der Lebensprocesse die Rede sein.

---

[1] *J. Dewar* and *John G. M'Kendrick*, On the physiological action of light. Communications read before the Royal Society of Edinburgh, April 21. to June 2. 1873.

[2] Chem. Centralbl. 1872. Nr. 49.

Ueber die chemischen Beziehungen der Organismen zu ihrer Umgebung.

§ 8. Durch Athmung und Aufnahme von Nahrung stehen Thiere und Pflanzen in fortdauerndem regen Verkehr mit der sie umgebenden Welt so lange sie leben und indem sie leben. Ihre Existenz ist geknüpft an das Vorhandensein bestimmter Stoffe, die sie für ihre Lebensprocesse nöthig haben und an denen sie nie Mangel haben dürfen, wenn sie nicht verkümmern oder sterben sollen. So wie hinsichtlich der physikalischen Lebensbedingungen, z. B. der Temperaturverhältnisse, die Bedürfnisse der verschiedenen Organismen sehr weit von einander abweichen, ist es auch in den chemischen Lebensbedingungen der Fall, aber auch hier lassen sich gewisse allgemeine Bedingungen für das Fortbestehen und Gedeihen der organisirten Welt im Allgemeinen, sowie für ganze Classen von Thieren oder Pflanzen abgrenzen.

So wenig als in den Organismen ihnen allein eigene, der übrigen Natur nicht zukommende Lebenskräfte thätig sind, so wenig sind auch die Stoffe der Thiere und Pflanzen solche, die ihnen allein zugehörten und künstlich ohne Hülfe von Organismen nicht gebildet werden könnten, aber erst in den letzten Decennien hat man gelernt eine Anzahl der Substanzen künstlich darzustellen, auch aus den chemischen Elementen zusammenzusetzen, welche als nothwendige Bestandtheile von den Organismen längst bekannt sind. Noch jetzt spricht man von organischer Chemie im Gegensatz zu der Chemie derjenigen Stoffe, deren Herkunft mit dem Lebensprocesse der Thiere und Pflanzen nichts zu thun hat, aber man hat nach *Gerhardt's* Vorgang sich mit Recht dafür entschieden, unter der Bezeichnung organische Chemie die Chemie der Kohlenstoffverbindungen zusammenzufassen, indem man den kohlensauren Kalk ebenso wie den Diamant und Graphit einbegriff.

An die Erreichbarkeit bestimmter chemischer Elemente wie Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor u. s. w. und das Vorhandensein bestimmter Verbindungen derselben unter einander knüpft sich die Existenz der Organismen, sowie andererseits dieselbe geschützt sein muss vor dem Einfluss anderer chemischer Verbindungen, da derselbe für sie tödtlich sein würde. Wäre z. B. an der Erdoberfläche mehr Barium als die vorhandene Schwefelsäure zu sättigen vermag, wäre Arsenige Säure reichlicher und Eisen viel weniger vorhanden, so würde hierdurch die Existenz der sämmt-

lichen höheren Organismen in Frage gestellt, wenn auch die Stoffe, die sie als Nahrung einnehmen und die sie für ihre Respiration gebrauchen, in Fülle vorhanden wären.

Die Elemente, aus welchen die Organismen zusammengesetzt sind und die sie also für ihr Wachsthum und Leben nöthig haben, sind C, H, O, N, S, P, Cl, Ka, Na, Ca, Mg, Fe. Für viele Thiere ist Fl, für einige Cu, vielleicht auch Mn nöthig, sehr viele Pflanzen müssen Si, einige wenige auch J, Br, Al für ihre Processe finden. Von allen diesen Elementen nehmen Pflanzen und Thiere allein den Sauerstoff in ungebundenem Zustande auf oder geben ihn in diesem Zustande (grüne Pflanzen im Sonnenlichte) aus, alle übrigen sind in ihrer Nahrung entweder als Oxyde, Salze, Chloride, Fluoride enthalten, stets aber als sehr einfache Verbindungen, soweit es die Nahrung grüner, nicht schmarotzender Pflanzen anlangt. Sämmtliche Thiere und eine nicht geringe Anzahl von Pflanzen leben auf Kosten der grünen, organische Stoffe selbst bereitenden Pflanzen und nehmen nur Sauerstoff, Wasser und höchstens Salze ausser der pflanzlichen Nahrung in sich auf. Die Verhältnisse des Wassers, der Kohlensäure, des Ammoniaks, der Salpetersäure, des Sauerstoffs und einer Anzahl Salze sind bestimmend für das Gedeihen der Pflanzen und hiermit für die ganze organisirte Welt.

Das Wasser.

§ 9. Alle Organismen leben im Wasser. Wenn nicht ihr ganzer Leib von Wasser umgeben ist, haben sie doch reichlich Wasser in ihrem Innern und alle ihre Lebensprocesse verlaufen in wässerigen Lösungen und festen Stoffen, welche mit wässeriger Flüssigkeit vollkommen durchtränkt sind. Mangel an Wasser oder Gefrieren der Lösungen in den Organismen heben das Leben auf; durch das Gefrieren werden die Pole der Erde, durch den Mangel an Wasser grosse Strecken staubiger Wüsten von Thieren und Pflanzen entvölkert erhalten. Alle chemischen Stoffe, welche kräftig Wasser anziehen, wirken als Gifte auf alle Organismen.

Die Erdoberfläche ist so reich an Wasser, dass Mangel daran nur local vorkommen kann. Die ewige Circulation des Wassers durch Verdunstung an Seen, Flüssen, Meeresoberfläche und mit Vegetation bekleideten Landflächen, Wolkenbildung, Regen und Schnee gleicht die Temperaturdifferenzen möglichst aus und ist nicht allein die Ursache der wichtigsten meteorologischen Erscheinungen, sondern zu-

gleich eine der nothwendigsten Lebensbedingungen für Thiere und alle höheren Pflanzen, mit Ausnahme vielleicht der Pilze und Algen wohl für alle Pflanzen, die in der Luft leben. Das Wasser ist ausserdem das wichtigste Agens in der Zersetzung und mechanischen Zerkleinerung der Gesteine an der Erdoberfläche, sowie in den vulcanischen Umwandlungen mit ihren physikalischen und chemischen Processen.

Die Organismen leben nicht allein im Wasser, sondern auch im fliessenden Wasser. Das in sie eintretende Wasser trägt ihnen andere Nahrungsstoffe zu und führt die Zersetzungsproducte weg; der fortdauernde Strom wird durch Verdunstung an der Oberfläche und bei Thieren durch Abfliessen wässeriger Excrete hervorgerufen. Die Pflanzen, welche in der Luft leben, verdunsten Wasser an ihrer ganzen grossen der Luft dargebotenen Oberfläche, wenn auch in sehr ungleichem Maasse, während der Verlust durch Aufnahme aus dem Boden mittelst der Wurzeln wieder ersetzt wird; nur geringe Bedeutung hat für sie die Secretion wässeriger Flüssigkeit, die an den Spitzen oder Rändern der Blätter sehr vieler Pflanzen stattfindet, aber meist nicht schneller erfolgt als die Verdunstung des secernirten oder transsudirten Wassers. Bei Thieren ist die Wasserverdunstung von der Hautoberfläche noch mehr als für die Pflanzen der wesentlichste Regulator der Temperatur, indem durch den entweichenden Wasserdampf viel Wärme gebunden und dadurch es den Organismen ermöglicht wird, Sonnenstrahlung und starke Erhebung der Temperatur in ihrer Umgebung zu ertragen, indem ihre eigene Temperatur durch die im Wasserdampf entweichende Wärme unter der früher in § 6 bezeichneten höchsten Temperaturgrenze (44° resp. 54° oder 64,7°) erhalten wird.

Mit geringen Ausnahmen enthalten die lebenden Organe der Pflanzen und Thiere dem Gewicht nach viel mehr Wasser als feste Substanzen; die Wirbelthiere bestehen mit Ausnahme der Knochen über 75 pCt. ihres Gewichtes aus Wasser.

Wenn auch in jedem Organismus ohne dauernden Nachtheil ein ziemliches Schwanken im Wassergehalte möglich ist, giebt es doch kaum höhere Pflanzen und sicher nur auf sehr niedriger Organisationsstufe stehende Thiere, welche im ausgebildeten Zustande ein völliges Austrocknen ohne dauernde Ertödtung vertragen. Die Samen der grössten Anzahl von Pflanzen dagegen, sowie die einiger niederen Thiere erhalten fast völlig ausgetrocknet ihre Keimfähigkeit ausserordentlich lange; die Keimung selbst geschieht nur durch Einwirkung von Wasser und Wärme.

Obwohl nun nach dem Gesagten das Wasser als einer der wichtigsten Nahrungsstoffe angesehen werden muss, wirkt es doch auf alle Organismen giftig, wenn es in ihre Organe in zu grossem Ueberschusse eingeführt wird. Die Erstarrung des Protoplasma der verschiedensten Zellen, der Muskeln, der Spermatozoen und anderer eine scheinbar spontane Bewegung zeigender Gebilde durch Einbringen derselben in Wasser ist eine bekannte Thatsache, die bereits von *Mohl* an den Pflanzenzellen festgestellt, dann an thierischen contractilen Substanzen auf das Mannigfaltigste beobachtet ist und bei den mikroskopischen Untersuchungen von Geweben nie aus dem Auge gelassen werden darf. Unzweifelhaft beruht die Zerstörung des Lebens in Pflanzentheilen durch Gefrieren und nachheriges schnelles Aufthauen der gefrorenen Säfte im directen Sonnenscheine auf demselben Vorgange, indem beim Gefrieren das Wasser grösstentheils von den festen Stoffen getrennt, sich zu Krystallen aggregirt und beim schnellen Aufthauen die den Krystallen zunächst liegenden Theilchen der festen Bestandtheile in eine Ueberschwemmung von Wasser gerathen, während entfernter liegende Theilchen weniger davon erhalten; geht dagegen das Aufthauen langsam von Statten, so hat das gebildete Wasser Zeit zu diffundiren und neben der früher bestehenden Lösung allmälig die imbibirten contractilen Massen intact wieder herzustellen. Auf diese Weise kann man die häufig beobachtete Erscheinung erklären, dass die an sehr kalten Morgen im Frühjahr oder Herbst gefrorenen Pflanzentheile ertödtet werden, wenn sie von den ungeschwächten Strahlen der aufgehenden Sonne getroffen werden, während die vor der Einwirkung der Sonne geschützten Blätter, die nur langsam aufthauen, erhalten bleiben. Auf dem nämlichen Vorgange beruht unzweifelhaft die vielfach beobachtete Erscheinung, dass in gefrorenem defibrinirten Blute die Blutkörperchen zum Theil gelöst werden, wenn das Aufthauen dann nicht sehr langsam geschieht.

Das Wasser ist auch bei den normalen Lebensprocessen in Pflanzen und in Thieren in chemischer Weise in hohem Grade betheiligt, indem durch dasselbe chemische Stoffe unter Mitwirkung von Fermenten gespalten werden. Durch gleichzeitige Einwirkung von freiem Sauerstoff wird dann aus den organischen Stoffen Wasser gebildet. In den chlorophyllhaltigen lebenden Pflanzen wird im Sonnenscheine wiederum Wasser zersetzt unter Bildung wasserstoffhaltiger organischer Stoffe und freien Sauerstoffs, während dieselben Pflanzen in der Dunkelheit während der Nacht wieder Wasser unter

Sauerstoffaufnahme bilden. Offenbar finden in ihnen am Tage beide Processe neben einander, wenn auch vielleicht in den Zellen räumlich getrennt, statt, aber die Zersetzung des Wassers und der CO_2 prävalirt im Sonnenscheine, die Bildung desselben in sehr schwachem Lichte.

Ueber das Vorkommen des Kohlenstoffs, seine Aufnahme in Organismen und organische Verbindungen.

§ 10. Die Chemie des Kohlenstoffs und seiner Verbindungen ist nach der jetzt fast unumschränkt herrschenden Anschauungsweise die Chemie der organischen Körper. Die Berechtigung dieser Auffassung liegt in der grossen Klarheit, mit welcher die ganze organische Chemie sich zu einem wohlgeordneten System vereinigt, wenn man annimmt, dass die Atome des Kohlenstoffs 4 Atomen Wasserstoff oder 2 Atomen Sauerstoff äquivalent seien, dass in den organischen Stoffen die Kohlenstoffatome mit einander zu Ketten verbunden seien, indem bei jeder Verbindung eines solchen C Atoms mit einem anderen C Atom für jedes der beiden verbundenen Atome ein oder mehrere von den 4 Valenzen verloren gehen, so dass ein einseitig an ein anderes Atom C angefügtes C Atom nur 3 Atome H, ein beiderseitig an andere angefügtes C Atom höchstens 2 Atome Wasserstoff oder die ihnen äquivalente Anzahl anderer Atome an sich zu fesseln vermag. Nach dieser herrschenden Vorstellung geschieht der Zusammenhalt der Atome in den chemischen Stoffen, abgesehen von den allereinfachsten nur 2 Atome enthaltenden Molecülen überhaupt nur durch solche Elemente, deren Atome mehreren Atomen H äquivalent sind, und in den organischen Substanzen können zwar durch O oder S oder N u. s. w. Gruppen verschiedener Atome angefügt enthalten sein, aber das eigentlich constituirende Gerüst geben die mit einander verbundenen C Atome, die gegenseitige Sättigung, in der sie sich befinden, und die Gruppirung, in welcher sie an einander gereiht sind.

Der Aufbau der sämmtlichen organischen Stoffe geschieht in den Organismen und direct zunächst nur in den grünen Pflanzen aus den Molecülen $C{=}O{<}^{-OH}_{-OH}$, der Kohlensäure, keiner anderen Kohlenstoffverbindung; sie werden in den Organismen schliesslich wieder zu diesen Molecülen mehr oder minder vollkommen aus einander

gereiht. Welche Vorstellungen wir uns über die hierbei thätigen Processe bilden können, wird später Gegenstand der Besprechung sein müssen; in der Aufnahme der Kohlensäure in die Pflanzen und ihrer Verwandlung in mehr oder weniger complicirte organische Stoffe liegt der Fusspunkt für die Existenz und das Leben der Organismen, und der Kreislauf der Kohlenstoffatome ist das Gebiet des organischen Lebens.

Der Kohlenstoff findet sich, abgesehen von den Resten abgestorbener Organismen, wie sie in Torf, Braun- und Steinkohlen unverkennbar noch vorliegen, hauptsächlich als Kohlensäure, nur zum geringen Theil frei in der Atmosphäre oder in den Wässern gelöst, grösstentheils an Calcium, Magnesium u. s. w. gebunden in den verschiedensten besonders den jüngeren Formationen. Wenig Kohlenstoff findet sich als Graphit, Diamant und äusserst selten in solchen organischen Verbindungen, deren Entstehung man auf Organismen nicht zurückführen kann, und deren Vorkommen zuerst von *Wöhler*,[1] dann von *Roscoe*[2] und neuerdings von *Lawrence Smith*[3] in Meteorsteinen nachgewiesen ist. *Wöhler* erkannte, dass in einem solchen Steine eine krystallisirbare Kohlenwasserstoffverbindung sich befand, *Roscoe* und *L. Smith* haben dann solche Stoffe mit Lösungsmitteln extrahirt und weiter untersucht. Seit *Berthelot* gefunden hat, dass in dem electrischen Flammenbogen zwischen Kohlenspitzen in Wasserstoffgas eine Vereinigung von C und H zu Acetylen stattfindet, kann das Auftreten von organischen Stoffen ausser der CO_2, speciell von Kohlenwasserstoffen nicht mehr wunderbar erscheinen unter Verhältnissen, wo an Organismen nicht zu denken ist. Man kann nun auch das Auftreten von Organismen an der Erdoberfläche gar nicht verstehen lernen, wenn nicht eine Präexistenz organischer Stoffe von anderer Art als die CO_2 zunächst angenommen werden darf, obwohl dann zum Verständniss der Bildung desselben noch recht viel zu untersuchen und zu erklären übrig bleibt.

§ 11. Die Kohlensäure findet sich 1) in sehr geringer Quantität als constanter Bestandtheil der atmosphärischen Luft, 2) absorbirt in Meerwasser, Seen, Fluss- und Bodenwässern, 3) abgelagert als Calcium-, Magnesium- u. s. w. Verbindung in sehr grosser Quan-

---

[1] *Wöhler*, 1860, Wien. Acad. Sitzungsber. Vol. XXXV, S. 5 und XLI, S. 565.

[2] *Roscoe*, 1863, Philos. Magaz. Vol. XXV, p. 319.

[3] *Lawrence Smith*, 1875, Compt. rend. t. LXXXI, p. 1056; 1876, ebendaselbst, t. LXXXII, p. 1042.

tität weniger in den älteren, hauptsächlich in jüngeren Gebirgsformationen, 4) gelöst als Bicarbonat in Fluss-, See- und Bodenwässern, reichlich in sehr vielen Mineralwässern. Sie strömt 5) aus der Erde aus an vielen Orten gebildet theils durch vulcanische, theils durch fermentative Processe.

Nach einer sehr genauen Bestimmungsmethode, die von *Thénard*[1] gegeben ist, hat *Th. de Saussure*[2] sehr umfangreiche Untersuchungen über den CO_2gehalt der atmosphärischen Luft und seine Veränderungen angestellt, nachdem bereits 1787 *H. B. de Saussure*[3] sich überzeugt hatte, dass nicht allein die tieferen Luftschichten, sondern auch die Luft auf der Spitze des Montblanc Kohlensäure enthält. *Theod. de Saussure* fand dicht über der Erdoberfläche geringeren CO_2-gehalt als in höheren Luftschichten, bei trocknem Wetter grösseren Gehalt als bei Regen und Schnee, in der Nacht gegen Morgen höheren als bei Tage, besonders im Sommer und bei windstillem Wetter. Das von ihm gefundene Maximum beträgt 0,052, das Minimum 0,036, das Mittel 0,0415 Vol.-pCt. der atmosphärischen Luft. *Beauvais* fand in der Luft 3900 Fuss über Paris gesammelt eben so viel CO_2 als in Paris an der Erdoberfläche. *H. und A. Schlagintweit*[4] fanden übereinstimmend mit *Saussure* Zunahme des CO_2gehaltes der Luft beim Hinaufsteigen auf freiliegende hohe Berge; eine Verringerung des Gehaltes zeigte sich in der Nähe von Gletschern. *F. E. Torpe*[5] beobachtete im tropischen Brasilien einen mittleren Gehalt der Luft an CO_2 von 0,0328 Vol.-pCt. Derselbe Beobachter untersuchte nach dem unten zu schildernden Verfahren von *Pettenkofer* in 51 einzelnen Versuchen die Luft über dem irischen Canal und dem Atlantischen Ocean und erhielt im Mittel den CO_2gehalt derselben von 0,03 Vol.-pCt. Auch alle früheren Beobachter haben den CO_2gehalt der Luft über dem Meere ein wenig niedriger gefunden als über dem Festlande.[6]

In der Nähe von Städten und Fabriken hat sich gewöhnlich eine Zunahme des CO_2gehaltes nicht ergeben. Im Ackerboden und Humus wurde von *Ingenhouss, Saussure, A. v. Humboldt* (1799), dann von *Boussingault* und *Lewy* bedeutende Zunahme des CO_2ge-

---

[1] *Thénard*, Traité de Chimie etc. I, p. 303, 3. ed.

[2] *Pogg.* Ann. Bd. XIX, S. 391. 1828.

[3] Ebendaselbst.

[4] *Pogg.* Ann. Bd. LXXVI, S. 442.

[5] Ann. Chem. Pharm. Bd. CXLV, S. 94 u. S. 104. 1867.

[6] Vergl. auch *F. Schultze*, Tägl. Beob. über den CO_2gehalt der Atm. zu Rostock, Festschrift für d. 44. Versamml. deutsch. Naturforscher u. Aerzte. 1871.

haltes der Luft gefunden. In der Luft aus feuchtem Wiesenboden erhielt *Boussingault* 1,79, in der Luft einer Grube mit Holzerde 3,64, im Untergrunde eines sandigen Feldes 0,46 Vol.-pCt. CO_2. Bedeutende Erhöhung kann der CO_2gehalt der Luft in ziemlich geschlossenen Räumen, z. B. in Zimmern erhalten durch Verbrennung organischer Stoffe zur Heizung und Beleuchtung, ebenso durch die Respiration von Menschen. *Zoch*[1] berechnet nach einer Reihe von ihm angestellter Versuche für einen Raum von 100 Cubikm. Inhalt bei seiner Beleuchtung mit einer Lichtintensität von 10 Normalflammen folgende CO_2gehalte für 1000 Vol. Luft:

Brenndauer	für Petroleum	Leuchtgas	Oel
1 Stunde	0,929	0,708	0,537
2 „	1,456	1,342	1,038
3 „	1,779	1,513	1,190
4 „	1,811	1,562	1,229

Diese Untersuchungen wurden ebenso wie die folgenden nach *Pettenkofer's* Verfahren ausgeführt.

H. Dorner[2] fand im Saale der Hamburger Börse, der zwischen 12 und 1 Uhr von ungefähr 5000 Menschen besucht war, um $2^h\ 45'$ 2,44 Vol.-pCt. CO_2. In einer Seitenloge im dritten Rang des Hamburger Stadttheaters um $6^h\ 15'$ 0,865, um $10^h\ 3'$ bis 2,540 Vol.-pCt. CO_2 In einem Raume einer Mädchenschule von 100,84 Cubikm. Inhalt, in dem sich 37 Personen befanden, war bei geschlossenen Fenstern der CO_2gehalt um 9 Uhr 1,303, um 11 Uhr 5,051 Vol.-pCt.

Den Einfluss der Vegetation auf den CO_2gehalt der Luft untersuchte *Truchot*[3] in der Nähe von Clermont-Ferrand auf dem Lande in den Monaten Juli und August. Er fand für 10000 Vol. über dem Lande:

ohne Vegetation { am Tage 3,14 / Nachts 3,78

mit Vegetation { am Tage { in der Sonne 3,54 / bedeckt . . 4,15 } / Nachts . . . . . 6,49 }

Das einfachste und am schnellsten ausführbare Verfahren zur Bestimmung des CO_2gehaltes in der Luft hat *Pettenkofer*[4] angegeben.

[1] *v. Gorup-Besanez* u. *Zoch*, Zeitschr. f. Biol. I, S. 117.
[2] Jahresber. d. Chemie 1871, S. 267.
[3] Compt. rend. t. LXXVII, p. 675. 1873.
[4] Vergl. *R. Fresenius*, Handb. d. quantit. Analyse, 6. Aufl.

Man füllt mittelst eines Blasebalgs eine mindestens 5 Liter fassende Glasflasche, deren Inhaltsraum bekannt ist, mit der zu untersuchenden Luft, bringt 45 CC. einer titrirten Aetzbarytlösung hinein, verschliesst und lässt unter Umschütteln einige Zeit stehen, giesst dann die Barytlösung in eine kleinere Flasche aus, entnimmt davon 30 CC. mit einer Pipette, bestimmt den darin noch vorhandenen Gehalt an Aetzbaryt mittelst einer titrirten Oxalsäurelösung, von welcher 1 CC. gerade 1 Milligr. CO_2 äquivalent ist, und berechnet aus dem erhaltenen Werthe leicht den CO_2 gehalt der Luft.

§ 12. Nimmt man an, dass so wie es *Th. de Saussure* gefunden hat, die atmosphärische Luft im Mittel 0,04 Vol.-pCt. CO_2 enthält und dieser Gehalt sich in allen Schichten der Atmosphäre befindet, so ist leicht die für die Bildung organischer Substanz in den grünen Pflanzen disponible Quantität CO_2 in der Atmosphäre zu berechnen. Bei 0^0 und 0,760 M. Barometerstand würde 1 Liter Luft 0,7886 oder kurz 0,79 Milligr. CO_2 enthalten. Da 1 Liter Quecksilber nach *Regnault* 13596 Grm. wiegt, würde bei 0,76 M. Barometerstand auf 1 Quadrat-Decimeter Erdoberfläche ein Gewicht von 103,33 Kilo Luft lasten, und da unter Vernachlässigung des Wasserdampfes 1 Liter atmosphärischer Luft mit 0,04 Vol.-pCt. CO_2 1,29393 Grm. wiegt, so wird sich in der Luft über 1 Quadrat-Decimeter Erdoberfläche nicht mehr als 63,1 Grm. CO_2 und hierin 17,2 Grm. Kohlenstoff befinden, dies ergiebt für eine Hectare Ackerland 17200 Kilo Kohlenstoff in der darüber befindlichen Atmosphäre. Nach einer Berechnung von *Liebig*[1] bringt eine Hectare Land von Wald, Wiese oder Acker mit voller Vegetation im Jahre organische Stoffe hervor, welche in runder Summe ungefähr 2000 Kilo Kohlenstoff enthalten, nach $8^1/_2$ Jahren würde also der Kohlenstoff in der Atmosphäre verbraucht sein, wenn keine weiteren Quellen der CO_2 vorhanden wären und wenn ausserdem die ganze Erdoberfläche mit Vegetation gleichförmig überzogen wäre. Nimmt man nun an, dass nur der zwanzigste Theil der Erdoberfläche mit guter Vegetation versehen und unter allen Himmelsstrichen das Pflanzenwachsthum dem unserigen gleich sei, so würde doch schon in 172 Jahren dieser Kohlenstoff der Luft verbraucht sein. Es ist aus dieser Schätzung leicht ersichtlich, dass entweder noch andere ergiebige Quellen der CO_2 vorhanden sein müssen oder der in den Pflanzen angesammelte

[1] *v. Liebig*, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc. I, S. 14. 1862.

Kohlenstoff in entsprechender Weise in die Atmosphäre zurückfliessen wird. Es ist unzweifelhaft Beides der Fall. Die weiteren CO_2 quellen sind in dem Wasser der Seen, Flüsse und Meere, in den Emanationen der Vulcane und Mofetten, den in Wasser etwas löslichen Carbonaten zu finden und zu diesen allen kommen noch die Steinkohle, Braunkohle und Torf.

Jacobsen[1] schätzt den Gehalt des Meerwassers an der Oberfläche an Kohlensäure zu 0,1 Grm. oder ungefähr 50 CC. im Liter Wasser, also 100 Grm. im Cubikm., so dass bei 10 M. Tiefe in einem Theile des Meeres von 1 Hectare Oberfläche 10000 Kilo CO_2 enthalten sind. Bei einer Veränderung des CO_2 gehaltes in der Atmosphäre müsste auch der Gehalt des Meerwassers sich verändern. Ueber die Veränderung des CO_2 gehaltes im Seewasser mit der Tiefe im Meere sind hinreichend zuverlässige Bestimmungen noch nicht ausgeführt.

Ein höchst bedeutendes Gewicht Kohlenstoff ist vergraben in den Schichten der Braunkohle und besonders der Steinkohle. Nach einer Berechnung von *Edward Hull*[2] haben allein die Kohlenlager von England, Irland, Schottland, die sich bis zu einer Tiefe von 1000 M. unter der Oberfläche befinden und mindestens 12 engl. Zoll mächtig sind, folgenden Gehalt an Steinkohle: in sichtbaren Lagern 90207 Millionen neben 56273 Millionen Tonnen in noch verdeckten Feldern. Wenn auch Grossbritannien ganz besonders reich an Steinkohle ist, wird es doch noch andere Theile der Erde geben, welche ihm hierin nahe kommen, wenn auch die jetzige Kohlenförderung in England weitaus die bedeutendste ist.[3] Nach *H. Credner*[4] umfassen die Kohlenflötze Nordamerika's einen Flächenraum von 5800, die von Grossbritannien nur 480 deutsche Quadratmeilen. Werden jährlich in runder Summe 180 Millionen Tonnen Steinkohle verbrannt, so erhält die Atmosphäre bei 78 pCt. Kohlenstoff in derselben einen jährlichen Zuschuss von 142646 Millionen Kilo Kohlenstoff. Dieser Zuwachs scheint nicht unbedeutend, aber auf die Atmosphäre ver-

---

[1] Ann. Chem. Pharm. Bd. CLXVII, S. 27.

[2] *Edw. Hull*, The Coal Fields of the World. London 1873.

[3] Nach *Hull* werden jährlich gefördert in England 110, in Deutschland 23,3, in Amerika 14,5, in Belgien 10,3, in Frankreich 6,5, in Oesterreich 4,5, in Japan und China etc. 3, in Britisch Amerika 1,5, in Mexico, ebenso in Chili je 1, in Italien, Britisch Indien, Spanien, Russland zusammen 1,9. Zusammen 179,5 Millionen Tonnen Steinkohle.

[4] *Petermann's* Mittheilungen, Bd. XVII. 1871. II, S. 41.

theilt ist er doch so gering, dass auch, wenn nichts davon verschwinden würde, in Jahrhunderten die Zunahme des CO_2 gehaltes der Luft kaum zu erkennen sein würde.

§ 13. Die bei Weitem grösste Quantität des Kohlenstoffs findet sich den Organismen nicht geradezu entzogen, doch weniger zugängig in den Carbonaten und von diesen vor allen in dem Calciumcarbonat. 1 Kilo von Kalkspath enthält 440 Grm. CO_2 oder 120 Grm. Kohlenstoff; in mancher Strasse von Städten enthält das Strassenpflaster mehr Kohlenstoff als die gesammte senkrecht über ihm stehende Säule der Atmosphäre. Zieht man nun die ausserordentlich grosse Mächtigkeit und Ausbreitung der Lager von kohlensaurem Kalk in den verschiedenen älteren und neueren Formationen in Betracht, so ergiebt sich auch ohne jede nähere Schätzung, dass in dieser Verbindung weitaus der grösste Theil des Kohlenstoffs an der Erdoberfläche enthalten ist. Es ist durch viele Untersuchungen höchst wahrscheinlich geworden, dass fast alle diese Kalkablagerungen in und durch Organismen geschehen sind, dass somit auch ihr Kohlenstoff in Organismen thätig gewesen ist, aber die unmessbaren Zeiträume, welche verstrichen sein müssen seit der Ablagerung der älteren von ihnen und der Einbettung der Kalkschalen von Muscheln, Belemniten, Enkriniten, Ammoniten, Orthoceratiten u. s. w. beweisen, dass der in solcher Weise abgelagerte Kohlenstoff dem Stoffwechsel der Organismen an der Erdoberfläche nur sehr unvollkommen und schwer zugängig ist.

Hält man an der Ansicht fest, zu welcher uns so viele Erscheinungen zu zwingen scheinen, dass die Erde einmal sich in feurig flüssigem Zustande befand und dann allmälig erkaltete, so ist nach den Eigenschaften der Kieselsäure auch weiterhin der Schluss zu ziehen, dass die ganze jetzt in den Carbonaten gebundene Kohlensäure früher in freiem Zustande der Atmosphäre zugehörte, denn es ist, so tief wir die Erdrinde kennen, auch Kieselsäure genug vorhanden, um alles Calcium in der Glühhitze zum Silicat zu binden.

Der Verwitterungsprocess der Silicate, den wir so allgemein an der Erdoberfläche thätig finden und welcher im Wesentlichen Silicate in Carbonate verwandelt unter gleichzeitiger Bildung siliciumreicherer Verbindungen oder freier Kieselsäure, entzieht fortdauernd der Atmosphäre oder den Bodenwässern freie Kohlensäure, wie er es offenbar seit grauer Vorzeit gethan und wahrscheinlich früher in noch viel grösserem Maassstabe. Alle Kohlensäure aber, welche bei der Verwitterung an Kalium oder Natrium zunächst gebunden wird,

geht mit dem Chlorcalcium der Bodenwässer und des Meerwassers bald in Calciumcarbonat über und nur bei Temperaturen über 100° in die Doppelverbindung des Dolomits, dessen auffallende Sterilität hauptsächlich bedingt scheint von der Schwierigkeit, den Kohlenstoff aus dieser sehr festen Verbindung wieder herauszulösen und der Pflanzenvegetation zurückzugeben.

Dass die Atmosphäre der Erde in der Vorzeit viel reicher an Kohlensäure gewesen sei als in unseren Tagen, sind wir gezwungen anzunehmen mit allen Consequenzen, die aus dieser Thatsache sich ergeben (der langsameren Abkühlung der Erde, der grösseren Gleichförmigkeit der Klimate, der geringeren Wirkung der Wärmestrahlen der Sonne u. s. w.), ob aber die üppige Vegetation der Steinkohlenperiode, sowie überhaupt der älteren Formationen, deren deutliche Spuren wir in den uns erhaltenen Resten zu erkennen glauben, durch diesen Kohlensäurereichthum bedingt gewesen ist, möchte eben so schwer jetzt schon zu entscheiden sein, als man ein Urtheil darüber erhalten kann, in wie weit die Kohlensäureausströmung der Vulcane der in gleicher Zeit durch Verwitterung der Silicate an der Erdoberfläche gebundenen Kohlensäure gleich sei oder nicht.

Während nun ein sehr bedeutender Theil des Kohlenstoffs, wie soeben geschildert ist, den lebenden Organismen fast ganz entzogen ist, befindet sich der in Luft und Wasser enthaltene Kohlenstoff in einer sehr regen Circulation, indem der in den Pflanzen zu organischen Stoffen verarbeitete Theil grösstentheils sehr bald wieder durch Fäulniss und Verwesung oder durch das Leben der Pflanzen selbst im Dunkeln oder endlich durch das Leben der Thiere der Luft und dem Wasser als CO_2 zurückgegeben wird, ein kleiner Theil in Holz, Knochen und Schalen der Muscheln, Krebse u. s. w. längere Zeit der Zersetzung widersteht und auch von diesen nur der kleinste Theil auf Jahrtausende diesem Kreislauf an der Erdoberfläche entzogen wird.

Der Sauerstoff.

§ 14. Der Sauerstoff ist das einzige Element, welches als solches an den Lebensprocessen von Thieren und Pflanzen sich direct betheiligt und bei dessen Eingreifen die grössten und auch für das Leben wichtigsten Umwandlungen geschehen. Freier Sauerstoff ist in ziemlich constantem Verhältniss Bestandtheil der atmosphärischen Luft, ist absorbirt enthalten im Wasser von Flüssen und Seen und

im Meerwasser, findet sich in Spuren auch absorbirt im Blute lebender höherer Thiere bis zu ihrem Tode, und soweit sich Fructification, soweit sich mechanische Bewegung von Muskeln oder Protoplasmen zeigt, ist auch absorbirter freier Sauerstoff selbst in den niedrigsten Organismen vorhanden.

In ihren Nährstoffen nehmen Thiere und Pflanzen ausser dem freien Sauerstoff fast allein Sauerstoffverbindungen auf, Chlornatrium, Chlorkalium und Fluorcalcium sind die einzigen Substanzen, welche obwohl sauerstofffrei als Nährstoffe betrachtet werden müssen. Sauerstofffreie organische Stoffe wie Benzol, Toluol u. a. können im thierischen Körper chemische Veränderungen erfahren, doch wird man sie sämmtlich den eigentlichen Nährstoffen nicht zuzählen können. Kein Element findet sich bekanntlich an der Erdoberfläche in so bedeutender Quantität als der Sauerstoff, wenn man ausser dem frei in der Atmosphäre vorhandenen auch den chemisch gebundenen in Rechnung zieht. Die sämmtlichen Stoffe, aus denen nach unseren jetzigen Vorstellungen die Erdkruste besteht, sind mit Ausnahme des Chlornatrium (und den geringen Mengen sonst vorhandener Chlor-, Brom-, Jod- und Fluorverbindungen und einigen Sulfiden, besonders des Eisens, Arsenik, Kupfer, Zink, Quecksilber) wieder allein Sauerstoffverbindungen und diese enthalten meist wie der Quarz, Thon, kohlensaurer Kalk, Gyps dem Gewicht nach mehr Sauerstoff als von irgend einem anderen Elemente.

Der Sauerstoff betheiligt sich an der Erdoberfläche nicht allein an den Lebensprocessen der Thiere und Pflanzen, er verbindet sich an Vulcanen mit Schwefel und oxydirt Eisenoxydulverbindungen zu Oxydverbindungen, er wandelt auch an anderen Orten Sulfide in Sulfate um, aber die gesammte chemische Wirkung des Sauerstoffs, die in Thieren und Pflanzen bei ihren Lebensprocessen und nach ihrem Tode an ihren Producten geschieht, hat einen viel höheren calorischen Werth als die Summe seiner Thätigkeit in der unorganischen Natur.

Noch intimer verknüpft in seinen Schicksalen mit den Organismen erweist sich der Sauerstoff hinsichtlich seiner Abscheidung aus chemischen Verbindungen. Es ist kein Process an der Erdoberfläche bekannt, durch welchen Sauerstoff aus chemischer Verbindung in Freiheit gesetzt wird, als allein durch Einwirkung des grünen Farbstoffs der Pflanzen auf CO_2 und H_2O im Sonnenlichte. Durch eine weiter unten auszuführende Rechnung in Betreff der Quantität freien Sauerstoffs, die den Organismen in Luft und Meer zur Verfügung

steht, unter Berücksichtigung der ausserordentlich langen Zeiträume, während denen bereits Organismen nachweisbar so gelebt haben müssen, wie wir und unsere Zeitgenossen, ergiebt sich, dass wohl jedes Molecül freien Sauerstoffs, welches in Luft und Meer sich findet, einmal bei diesem merkwürdigen Reductionsprocesse entstanden ist. Es giebt nun allerdings in der Natur Sauerstoffverbindungen, welche bei mässiger Glühhitze bereits unter Entwicklung freien Sauerstoffs zerfallen, z. B. Manganhyperoxyd und die Nitrate der Alkalimetalle; es begründet diese Eigenschaft den grossen technischen Werth dieser Substanzen, aber werden sie nicht zufällig erhitzt, so kann aus ihnen freier Sauerstoff nicht entstehen.

§ 15. Seit *Priestley*[1] und *Scheele*[2] den Sauerstoff entdeckt und *Lavoisier*[3] die Eigenschaften des Sauerstoffs scharf gekennzeichnet hat, haben viele Chemiker sich bemüht, den Gehalt der atmosphärischen Luft an freiem Sauerstoff unter verschiedenen Verhältnissen und an verschiedenen Orten der Erdoberfläche, sowie in höheren Luftschichten zu bestimmen. Die Versuche, welche die Entdecker selbst ausgeführt haben, waren mangelhaft geblieben, erst die Entdeckung von *A. v. Humboldt* und *Gay-Lussac*, dass bei der Verpuffung von über Quecksilber abgeschlossenen sauerstoffhaltigen Gasgemengen mit etwas überschüssigem Wasserstoffgas durch den elektrischen Funken stets der ganze Sauerstoffgehalt des Gasgemenges mit seinem genau doppelten Volumen Wasserstoff zu Wasser sich verbindet, gab das ausgezeichnet scharfe Hülfsmittel zur Beurtheilung des Gehaltes an Sauerstoff in der atmosphärischen Luft. Die späteren Arbeiten von *Regnault*[4] und besonders von *Bunsen*[5] haben dieser Methode der Eudiometrie ihre jetzige Vollkommenheit gegeben. *H. Davy* sowie *Humboldt* und *Gay-Lussac* und andere Chemiker kamen bei ihren eudiometrischen Untersuchungen zu dem Resultate, dass die atmosphärische Luft an verschiedenen Orten der Erdoberfläche sowie in verschiedenen Höhen über derselben stets 21 Vol.-pCt. Sauerstoff enthalte. Die späteren Bestimmungen von *Regnault* und die von *Bunsen* wiesen dagegen sehr kleine Schwankungen im Sauerstoffgehalte der Luft nach, welche den Fehlergrenzen

[1] *Priestley*, Exper. and Observ. on diff. kinds of air. London 1775 bis 1777.

[2] *Scheele*, Abhandl. v. d. Luft u. d. Feuer. Uspala und Leipzig 1877.

[3] *Lavoisier*, Oeuvres publ. 1862. t. II.

[4] Compt. rend. t. XXXIV, p. 863. 1852. Vergl. auch *F. Marchand*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. XLIV, S. 24. 1848.

[5] *R. Bunsen*, Gasometrische Methoden. S. 77. Braunschweig 1857.

der Untersuchungsmethode sehr nahe liegen und deren Ursachen meist unbekannt sind. Diese Schwankungen bewegen sich fast immer zwischen 20,84 und 20,97 Vol.-pCt. O_2 und das Mittel beträgt nach *Bunsen* 20,96 Vol.-pCt. O_2.

Bedeutendere Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes fand *Regnault*, selbst bis zu 20,3 Vol.-pCt. in Luftproben, welche in heissen Klimaten über dem Wasser in Seehäfen oder über dem Ganges in Indien (bei 35° Lufttemperatur) gesammelt waren. Es kann wohl nicht zweifelhaft sein, dass, wie es auch *Regnault* ausgesprochen hat, die Fäulniss organischer Stoffe an diesen Orten die Verminderung des Sauerstoffgehaltes in der Luft bewirkt hat. Eine bemerkenswerthe, aber doch sehr geringe Schwankung im Sauerstoffgehalte giebt *Lewy*[1] für die Luft über dem Meere an; er fand nämlich in derselben am Tage 21,0597, bei Nacht nur 20,9608 Vol.-pCt. O_2 im Mittel, daneben bei Tage mehr CO_2 als bei Nacht, und glaubt, dass dieser Unterschied darauf beruhe, dass das am Tage von der Sonne erwärmte Meerwasser durch diese Erwärmung eine Verminderung seines Absorptionsvermögens für Gase erfahre. Es sind diese Angaben wohl durch weitere Untersuchungen zu prüfen. Auch in Wohnräumen, selbst schlecht ventilirten, weicht der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft nicht besonders bemerkbar von dem der freien Atmosphäre ab. *R. A. Smith*[2] fand z. B. in einem gut ventilirten Zimmer bei Petroleumbeleuchtung 20,84 pCt., im Parterre eines Theaters um $11^1/_2$ Uhr Abends 20,73, auf der Galerie um die gleiche Zeit nur 20,36 Vol.-pCt. O_2. In theilweise abgeschlossenen Höhlen, Kellern und in Bergwerksstrecken kann durch Emanationen von CO_2 aus der Erde oder durch Gährung und Verwesung der dort der Luft ausgesetzten Stoffe recht bedeutende Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes hervorgerufen werden. So fand *Bunsen*[3] in einer Luftportion, die in einer Strecke eines Braunkohlenbergwerks aufgesammelt war, nur 13,8 Vol.-pCt. Sauerstoff neben 2,83 Vol.-pCt. CO_2. Als *Bunsen* dann feuchte Braunkohle mit einem grossen Volumen atmosphärischer Luft einige Wochen in einer Flasche eingeschlossen gelassen hatte, fand er in der restirenden Luft neben 7,44 pCt. CO_2 nur noch 10,21 pCt. O_2. *R. A. Smith* fand unter

---

[1] Compt. rend. t. XXXI, p. 725. 1850.

[2] *R. A. Smith*, Report on the air of mines and confined places etc. London 1864.

[3] A. a. O., S. 88.

393 Proben von Luft aus Erz- und Kohlenbergwerken als geringsten Sauerstoffgehalt einmal 18,27 pCt. In 10,7 pCt. der untersuchten Proben war der Sauerstoffgehalt fast ganz normal.

§ 16. Das Wasser der Flüsse, Seen und des Meeres enthalten Sauerstoff neben CO_2 und Stickstoff absorbirt. Da nach den Untersuchungen von *Bunsen* reines Wasser aus kohlensäurefreier atmosphärischer Luft bei verschiedenen Temperaturen ein Gasgemenge absorbirt, welches aus 34,91 Sauerstoff und 65,09 Vol.-pCt. Stickstoff besteht, so wird man anzunehmen berechtigt sein, dass aus den salzarmen Binnenwässern das gleiche Gasgemenge erhalten wird, und bei 4° C. und 0,760 M. Barometerstand wird ein solches Wasser ungefähr 7,81 CC. Sauerstoff neben 14,57 CC. Stickstoff im Liter enthalten, wenn weder die CO_2spannung im umgebenden Boden und in der atmosphärischen Luft ins Gewicht fällt und durch Organismen im Wasser weder Sauerstoff entzogen noch CO_2 producirt wird. Der Gehalt an absorbirtem Sauerstoff nimmt in den Fluss- und Seewässern ab entsprechend der Temperaturzunahme, dem Sinken des Barometerstandes, dem Verbrauch von Sauerstoff durch Organismen oder Fäulnissprocesse, er kann dagegen zunehmen durch Einwirkung grüner Wasserpflanzen auf CO_2 im Sonnenlichte. Von besonderem Interesse sind hier ferner die Werthe, welche die Untersuchung des Meerwassers ergeben hat. *Jacobsen*[1] ist bei der Analyse der Gase des Meerwassers zu dem Resultate gekommen, dass an der Oberfläche des Meeres ein nahezu constantes Verhältniss der Volumina der absorbirten Gase besteht, und zwar im Mittel 33,93 pCt. Sauerstoff und 66,07 pCt. Stickstoff. Der Sauerstoffgehalt des Meerwassers war in grösserer Tiefe geringer, aber ohne dass sich ein bestimmtes Verhältniss zwischen Tiefe und Sauerstoffgehalt zeigte. Am auffallendsten erwies sich die Abnahme des absorbirten Sauerstoffvolumen in ruhigen Buchten, in denen sich am Boden des Meeres organische Stoffe reichlich in Zersetzung befanden, z. B. in der Kieler Bucht, wo man das Verhältniss von Sauerstoff zu Stickstoff in 30 Meter Tiefe variirend fand von 29,19 O_2 : 70,81 N_2 bis 16,55 O_2 : 83,45 N_2, während an der Oberfläche stets nahezu das oben angegebene Verhältniss herrschte.

Fortdauernd wird der Atmosphäre durch die verschiedensten Processe, die an der Erdoberfläche verlaufen, Sauerstoff entzogen. Des Verbrauchs an Sauerstoff durch lebende Thiere und Pflanzen

[1] Ann. Chem. Pharm. Bd. CLXVII, S. 1. 1873.

ist bereits oben Erwähnung geschehen, ebenso der Sauerstoffconsumtion durch faulende Stoffe, durch Verbrennung von Schwefel an Vulcanen. Ein nicht unbedeutender Verbrauch wird noch hinzugefügt durch Heizung und Beleuchtung für die Wohnungen und besonders für industrielle Zwecke. *Liebig*[1] hat eine Berechnung angestellt, um zu erfahren, wie lange der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft ausreichen würde, um eine Milliarde Menschen zu erhalten unter der Annahme, dass dieselben bis zum letzten Rest des Sauerstoffs leben könnten und dass durch Verbrennungsprocesse und andere Oxydationen gleichzeitig doppelt so viel Sauerstoff verbraucht würde als durch die obige Anzahl von Menschen. Er kommt zu dem Resultate, dass unter solchen Verhältnissen jährlich 2,4 Cubikmeilen Sauerstoff verbraucht würden und der Sauerstoff der Erdatmosphäre in 800 000 Jahren völlig aufgezehrt wäre, wenn nicht Regeneration des freien Sauerstoffs durch grüne Pflanzen stattfände. Der jährliche Sauerstoffverbrauch ist in dieser Rechnung von *Liebig* unzweifelhaft zu niedrig angeschlagen. Nach *Edw. Hull*[2] betrug die Kohlenmasse, welche auf der ganzen Erde im Jahre 1870 gefördert wurde, 179 Millionen Tonnen, von denen auf England allein 110 Millionen kamen; im Jahre 1865 waren nach *Warington W. Smyth*[3] in Grossbritannien 98 Millionen Tonnen Kohlen gefördert und daneben noch ein Drittheil dieser Quantität an Kohlenklein gewonnen. Nimmt man nach *Hull* an, dass in runder Summe 180 Millionen Tonnen Kohle jährlich gefördert und verbrannt würden und dass diese Kohlen im Durchschnitt 78 pCt. Kohlenstoff, 4 pCt. Wasserstoff enthalten, dass endlich dieselben in diesem Jahre völlig verbrannt seien, so würden in ihnen 142 646 Millionen Kilo Kohlenstoff und 7315 Millionen Kilo Wasserstoff zusammen 438 910 Millionen Kilo Sauerstoff consumiren. Wie angegeben ist, enthält die Luft 20,96 Vol.-pCt. oder ungefähr 23,3 Gewichtsprocente Sauerstoff, und wie in § 12 näher erläutert ist, lastet auf 1 Quadratdecimeter Erdoberfläche eine Luftsäule von 103 330 Grm. Gewicht. In dieser Luftsäule befinden sich also etwas mehr als 24 Kilo Sauerstoff und die im Jahre 1870 nach obiger Schätzung durch die geförderte Kohle verbrauchte Sauerstoffquantität stellt den Gehalt der Atmosphäre über fast 183 Quadratkilometer Erdoberfläche dar.

[1] *J. v. Liebig*, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc., S. 18. 7. Aufl. Braunschweig 1862.

[2] Vergl. oben § 12.

[3] *Warington W. Smyth*, A treatise on coal and coalmining. p. 244. London 1867.

Der durchschnittliche tägliche Consum eines erwachsenen Menschen beträgt nach einer nicht geringen Zahl von Untersuchungen ungefähr 700 Grm., jährlich sonach ungefähr 250 Kilo Sauerstoff, und eine Milliarde Menschen wird jährlich 250 Milliarden Kilo davon verbrauchen, etwas mehr als die Hälfte des Sauerstoffconsum durch Heizung und Beleuchtung 1870. Die Athmung der Menschen und die Steinkohle verbrauchen jährlich zusammen den Sauerstoff der Atmosphäre über ungefähr 283 Quadratkilometer oder 5 Quadratmeilen der Erdoberfläche. Der Verbrauch durch Thiere und andere chlorophyllfreie Organismen durch Verwesungsprocesse und Verbrennung von Holz entzieht sich jeder Schätzung, er ist vielleicht viel grösser als die obigen in Berechnung gezogenen Werthe, aber wenn er auch doppelt oder dreimal so gross wäre, würde doch leicht ersichtlich sein, dass bei einer solchen jährlichen Sauerstoffconsumtion erst in Jahrtausenden eine bemerkbare Aenderung des Procentgehaltes an Sauerstoff in der Atmosphäre eintreten könnte,[1] wenn nicht eine Compensation durch die sauerstofffreimachende Thätigkeit chlorophyllhaltiger Pflanzen vorhanden wäre. Es ist aber Grund genug zur Annahme vorhanden, dass eine stärkere CO_2production, welche durch die obigen Processe bewirkt würde, eine üppigere Pflanzenvegetation erzeugen und diese den Sauerstoffverlust compensiren müsste. Ein Verlust an Sauerstoff sowie an Kohlenstoff wird herbeigeführt durch die allmälige Verwitterung von Silicaten, wie dies bereits hinsichtlich der CO_2 in § 13 besprochen ist.

Das hohe spec. Gewicht der Erde (nach *Reich* 5,6) berechtigt zur Annahme, dass ihr Inneres reich an schweren Metallen ist und wahrscheinlich, so wie der grösste Theil der Meteoriten, im Innern hauptsächlich aus metallischem Eisen besteht. Es kann dann wunderbar erscheinen, dass, wenn die Erde einst feurig flüssig gewesen, der Sauerstoff der Atmosphäre vom Eisen getrennt blieb, aber es ist auch anzunehmen, dass noch in sehr starker Gluth eine flüssige oder feste Kruste von Silicaten das Metall vom Sauerstoff der Luft

[1] Die Erdoberfläche zu 9280000 Quadratmeilen angenommen, würde der jährliche Verlust des in der Atmosphäre über 5 Quadratmeilen befindlichen Sauerstoffs in 1000 Jahren eine Verminderung des Procentgehaltes von Sauerstoff herbeiführen, welche noch an den Fehlergrenzen der Analyse liegen würde, denn während jetzt der Procentgehalt 20,96 beträgt, würde er dann fast 20,949 betragen. Wenn somit auch doppelt oder dreimal so viel Sauerstoff jährlich consumirt würde, wäre der Verlust der Atmosphäre an diesem Gas in 1000 Jahren noch immer ganz gering, wenn auch kein Ersatz stattgefunden haben würde.

trennte und dass in der primären hohen Temperatur eine Verbindung von Sauerstoff mit Eisen nicht geschehen konnte. So hat ja auch *St. Claire Deville* Sauerstoff von CO_2 und CO durch starke Glühhitze allein abgetrennt und *Bunsen* bewiesen, dass ein Knallgasgemenge von O_2 und 2 H_2 nur allmälig sich zu 2 H_2O verbinden kann, weil die Vereinigung eines Theils so viel Wärme entwickelt, dass der übrige so lange dissociirt bleibt, bis die Temperatur durch Wärmeabgabe an die Umgebung hinreichend gesunken ist. Schob sich nun bei sehr starker Glühhitze eine Schlackenschicht oder eine Sauerstoff nicht absorbirende spec. leichtere Flüssigkeitsschicht über das Metall, so blieb der freie Sauerstoff erhalten und konnte als Mitgift von dem primitiven Wärmeschatz der Erde den nach dem Erkalten sich ansiedelnden Organismen eine reiche Quelle der Wärme in seiner chemischen Affinität bewahren.

§ 17. Der Entdeckung des Ozon von *Schönbein*[1] folgte sehr bald der weitere Befund durch denselben Chemiker, dass Sauerstoff der atmosphärischen Luft — freilich nur zum sehr kleinen Theil — Ozon sei. Obwohl man das Ozon nie im reinen Zustand hat gewinnen können, sondern immer nur höchstens in wenigen Procenten von einem Gasvolumen Sauerstoff oder atmosphärischer Luft, sind doch manche wichtige Thatsachen über seine Gewinnung und seine Eigenschaften festgestellt. Hinsichtlich seiner Gewinnung weiss man, dass Ozon entsteht 1) durch Einwirkung leuchtender oder stiller elektrischer Entladungen auf gasförmigen Sauerstoff oder atmosphärische Luft, 2) durch Elektrolyse schwefelsäurehaltigen Wassers, 3) durch Einwirkung von Phosphor auf atmosphärische Luft bei gewöhnlicher Temperatur.

In der Atmosphäre sind eine Quelle des Ozons die elektrischen Entladungen bei Gewittern, dass aber auch durch andere Vorgänge Ozonbildung in der Atmosphäre erfolgen könne, zeigen die Beobachtungen von *Gorup-Besanez*,[2] nach welchen die Luft in der Nähe von Gradirwerken, in denen Salzsoole herabtropft, ebenso bei Zerstäubung von Wasser durch Irrigatoren reicher an Ozon gefunden wird als in einiger Entfernung davon zu derselben Zeit. Aus derselben Ursache scheint die Luft an der Meeresküste reicher an Ozon zu sein als im Innern des Landes. Ueberall in der atmosphärischen Luft wird der Ozongehalt gering und wechselnd gefunden, ohne dass

[1] *Pogg.* Ann. Bd. L, S. 616.

[2] Ann. Chem. Pharm. Bd. CLXI, S. 232.

bestimmte gesetzmässige Beziehungen zu den meteorologischen Veränderungen mit Sicherheit aufgefunden sind.

Das Ozon wird als aus O_3molecülen bestehend entsprechend den hauptsächlich von *Soret*[1] und *v. Babo* und *Claus*[2] erhaltenen Resultaten angesehen; es oxydirt viele organische und anorganische Stoffe ohne Aenderung seines Gasvolumen, indem es dabei in gewöhnlichen Sauerstoff O_2 übergeht. Von Wasser wird es absorbirt und die Lösung besitzt den dem Ozon eigenthümlichen Geruch, aber die Lösung ist sehr unbeständig, das Ozon wandelt sich darin allmälig in gewöhnlichen Sauerstoff um und schon beim Durchleiten ozonhaltigen Sauerstoffs durch Wasser wird ein grosser Theil von Ozon in gewöhnlichen Sauerstoff umgewandelt. Diese Umwandlung erleidet das Ozon auch in der Luft beim Erhitzen derselben auf 300°.

Mehrere Reactionen hat das Ozon mit der salpetrigen Säure gemein, lässt sich aber von dieser und dem Wasserstoffsuperoxyd unterscheiden durch seine Einwirkung 1) auf Jodkaliumstärkelösung, 2) auf Thalliumoxydullösung. Neutrale Jodkaliumlösung mit reiner Amylumlösung gemischt wird durch ozonhaltige Luft unter Freiwerden von Jod und Blaufärbung durch die entstehende Jodstärke zerlegt; weisses Thalliumoxydul wird durch Ozon in braunes Thalliumoxyd übergeführt, welches letztere dann Guajactinctur blau färbt. Salpetrigsaures Ammoniak bläut weder neutralen Jodkaliumkleister noch bräunt es eine Lösung, die Thalliumoxydulhydrat enthält; diese Braunfärbung tritt auch durch freie salpetrige Säure nicht ein. Zur Untersuchung der Luft auf ihren Ozongehalt tränkt man Streifen reinen schwedischen Filtrirpapiers mit einer Lösung von Jodkalium und Amylum, trocknet sie unter Abhaltung des directen Sonnenlichtes und prüft, ob ein solcher Streifen, der zu untersuchenden Luft mehrere Stunden ausgesetzt, beim Befeuchten mit Wasser sich blau färbt und in welchem Grade. Für diese Vergleichung hat *Schönbein* eine Farbenscala angegeben. Weniger empfindlich ist die Prüfung mit Streifen Papier, die mit Thalliumoxydullösung getränkt und dann getrocknet sind.[3]

---

[1] *Soret*, Ann. Chem. Pharm. Bd. CXXVII, S. 38. Bd. CXXX, S. 95. Suppl.-Bd. V, S. 148.

[2] *v. Babo* und *Claus*, ebendas. Bd. CXL, S. 348. Suppl.-Bd. II, S. 297.

[3] Hinsichtlich der Anfertigung dieser Thalliumpapiere vergl. die Vorschrift von *Huizinga*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. CII, S. 193, die auch *Gorup-Besanez* empfiehlt.

Marié-Davy[1] hat eine wie es scheint recht brauchbare Methode zur quantitativen Bestimmung des Ozons der atmosphärischen Luft durch eine Mischung von neutralem arsenigsauren Kalium und Jodkalium angegeben. Der Gehalt an arseniger Säure wird vor und nach dem Durchleiten der Luft titrirt.

Nach den Angaben von *Scutetten, Brame, Luca, Kosmann, Poey* ist der von lebenden Pflanzen ausgeathmete Sauerstoff ozonhaltig; dieser Angabe widersprechen jedoch die Resultate von *Cloëz, Mulder, Huizinga* und Anderen.

Untersuchungen von *Carius*[2] haben nachgewiesen, dass der Stickstoff der atmosphärischen Luft durch Ozon nicht oxydirt wird entgegen den früheren Angaben von *Schönbein* u. A. Auch freies Wasserstoffgas wird durch Ozon nicht oxydirt (*Schönbein*), eben so wenig Kohlenoxyd (*Ira Remsen*). So wie durch Wasser wird durch edle Metalle, auch durch viele Metalloxyde ohne ihre Aenderung Ozon in gewöhnliches Sauerstoffgas übergeführt und bei dieser Umwandlung entwickelt nach *Hollmann* 1 Grm. Ozon 355,5 Wärmeeinheiten.

Der Stickstoff und seine einfachsten Verbindungen.

§ 18. Alle lebenden Pflanzen und Thiere enthalten in ihren Organen, soweit diese noch selbst an den Lebensprocessen sich betheiligen, stickstoffhaltige Substanzen, und in den Thieren bilden sogar (ausgenommen vielleicht einige niedere Thierformen) stickstoffhaltige Substanzen nicht allein den wesentlichsten Bestandtheil des Körpers der Zellen, sondern auch das Gerüst, welches aus ihnen hervorgehend sie umgiebt, stützt und trägt.

Die eigentliche chemische Constitution dieser stickstoffhaltigen Körper, wie Eiweissstoffe, Leim, Hornsubstanz, ist noch nicht bekannt, aber nach dem Verhalten derselben und dem der nächsten aus ihnen hervorgehenden Zersetzungsproducte lässt sich wohl schon jetzt behaupten, dass die Stickstoffatome in diesen Stoffen nur in Verbindung mit C und H stehen, nicht mit O. Weder Nitro- noch Nitroso- noch Azo-Verbindungen sind in der Natur aufzufinden mit Ausnahme der salpetrigsauren und salpetersauren Verbindungen der Metalle von Alkalien und alkalischen Erden; bei Weitem die meisten

---

[1] Compt. rend. t. LXXXII, p. 900. 1876.

[2] Ann. Chem. Pharm. Bd. CLXXIV, S. 1.

natürlichen organischen stickstoffhaltigen Substanzen sind als Amin- oder Ammoniumbasen, Amidosäuren, Guanidine oder Harnstoffe mit Sicherheit anzusehen, doch scheinen auch Cyanverbindungen nicht zu fehlen.

Wenn stickstoffhaltige organische Stoffe in den Thieren überhaupt aus einfachen Verbindungen, Ammoniak, Salpetersäure u. s. w. gebildet werden können, so darf man wenigstens nach allen bisherigen Untersuchungen behaupten, dass diese chemische Thätigkeit in den Thieren eine nur äusserst geringe sein kann. Im Wesentlichen beziehen die Thiere ihre stickstoffhaltigen Körperbestandtheile von den Pflanzen, von denen hauptsächlich durch *Liebig's* Untersuchungen nachgewiesen ist, dass sie Eiweissstoffe und andere organische stickstoffhaltige Verbindungen aus Ammoniak, salpetriger und Salpetersäure, die sie aus dem Bodenwasser, Regenwasser und der Luft aufnehmen, aufbauen. Ueber die Processe, durch welche diese Umwandlung geschieht, besitzen wir bis jetzt nur sehr unvollkommene Vorstellungen; es wird unten bei der Besprechung der Lebensprocesse hiervon noch die Rede sein.

Die atmosphärische Luft enthält 79 Vol.-pCt., also mehr als $^3/_4$ auch ihres Gewichtes an freiem Stickstoff; derselbe dringt entsprechend seinen Absorptionsverhältnissen in alle mit der Atmosphäre in Berührung stehenden Flüssigkeiten, also auch in das Blut und die Säfte der Thiere und Pflanzen ein, aber es ist bis jetzt keine Thatsache bekannt, welche eine Betheiligung des freien atmosphärischen Stickstoffs an dem Stoffwechsel der Thiere und Pflanzen und dem Aufbau stickstoffhaltiger organischer Stoffe erwiese. Auch ein Ergebniss der Untersuchungen von *Regnault*[1] über die Respiration höherer Thiere, dass nämlich bei dieser Respiration Stickstoff ausgeschieden werde, wenn dieselben gut genährt seien, ferner Stickstoff absorbirt werden könne, wenn sie im Hungerzustande sich befinden, harrt trotz der Wiederholung dieser Versuche durch *Seegen* und *Nowak*[2] noch der definitiven unzweifelhaften Bestätigung. Auch hinsichtlich der Pflanzen ist die Behauptung aufgestellt, dass atmosphärischer Stickstoff von ihnen aufgenommen und zur Bildung stickstoffhaltiger organischer Körper verwendet werden könne, aber alle neueren Untersuchungen widersprechen dieser Annahme. Dieselbe

---

[1] *v. Regnault* et *J. Reiset*, Ann. de Chim. et de Phys. (3) t. XXVI. 1849.
[2] Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. LXXI. III. Abth. April 1875.

war besonders hartnäckig von *Ville*[1] vertheidigt, die entgegenstehende jetzt allgemein gültige, dass der freie Stickstoff an dem Leben der Organismen keinen Theil habe, wurde hauptsächlich von *Liebig*[2] vertreten, von *Boussingault*[3] durch sehr überzeugende Versuche gestützt und später von Anderen bestätigt. Eine Ausscheidung freien Stickstoffs durch Zersetzung organischer Substanzen könnte man nur annehmen als auf einem Vorgange beruhend, der der Einwirkung von NO_2H, $ClOH$, $BrOH$ entsprechend wäre, man könnte dabei nur an activen Sauerstoff denken, und wenn auch eine solche Bildung freien Stickstoffs nicht unmöglich wäre, wird sie doch nicht als wahrscheinlich gelten können.

§ 19. Die atmosphärische Luft enthält nicht allein freien Stickstoff, sondern auch NH_3, NH_4NO_2 und NH_4NO_3 in geringen Spuren, und es ist durch zahlreiche Untersuchungen erwiesen, dass elektrische Entladungen, welche durch trockene Luft geschehen, aus N_2 und O_2 Spuren von N_2O_3 bilden,[4] dass ferner diese Entladungen in feuchter Luft NH_4NO_2 in geringer Menge bilden, dass endlich durch Ozon, welches sich gleichzeitig bilden kann, das salpetrigsaure in salpetersaures Ammoniak leicht übergeführt wird. Ozon für sich allein ist nach den Versuchen von *Carius* nicht im Stande, freien Stickstoff zu oxydiren, wohl aber Ammoniak zu salpetrigsaurem Salz umzuwandeln. Durch die Blitze werden nun bei Gewittern unzweifelhaft salpetrige Säure und Ozon gebildet, ohne dass natürlich sich angeben lässt, in wie weit freier Stickstoff oder nur Ammoniak, welches bei der Fäulniss organischer Stoffe reichlich entsteht, durch die elektrischen Entladungen zu salpetriger Säure und Salpetersäure umgewandelt werden. Seit 30 bis 40 Jahren sind Untersuchungen in nicht geringer Zahl über den Gehalt der atmosphärischen Luft an NH_3, NH_4NO_2, NH_4NO_3 ausgeführt und dabei zwar vielfach von einander abweichende Resultate erhalten, aber doch auch bestimmte Beziehungen ermittelt, wie die folgenden Tabellen zeigen:

---

[1] Jahresber. d. Chem. 1850. S. 550. 1852. S. 672. 1854. S. 646.

[2] *J. v. Liebig*, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc. Braunschweig. Schon in den ältesten Auflagen.

[3] Ann. de chim. et de phys. (3) t. XLI, p. 5 u. t. XLIII, p. 149, auch Journ. f. prakt. Chem. Bd. LXII, S. 108 u. Bd. LXIII, S. 418. 1854.

[4] Dies wurde beobachtet von *Cavendish*, *Becquerel*, *Böttger*, *Perrot*, *Buff* u. *A. W. Hofmann* u. s. w. Vergl. Journ. f. prakt. Chem. Bd. LXXIII, S. 494. Compt. rend. t. IL, p. 204. Ann. Chem. Pharm. Bd. CXIII, S. 129.

In 1 Million Gewichtstheilen Luft wurden gefunden von

	Ammon. Gew.-Thl.
Kemp[1] an der Küste von Irland	3,68
Gräger[2] Mühlhausen, an vier Regentagen	0,33
Fresenius[3] Wiesbaden, Aug., Septbr., am Tage	0,098
„ „ „ „ bei Nacht	0,169
Horsford[4] im Juli	42,99 bis 47,63
„ im September	29,74
„ im October	28,23 bis 13,93
„ im November	8,09 bis 4,70
„ im December	6,98 bis 1,22
Ville[5] 1850 im Mittel	17,76 bis 31,71
„ 1851 im Mittel	16,52 bis 27,26
J. Pierre[6] im Winter 1852 3 M. über dem Boden	3,5
„ im Winter 1853 8 M. über dem Boden	0,5
Bineau[7] Observatorium in Lyon	0,15 bis 0,26
„ Quai de Ratz Lyon	0,13 bis 0,54
„ Garten Tarare	0,06
„ Caluire	0,02 bis 0,09
H. T. Brown[8] in Burton on Trent	3,09 bis 1,44
„ in der Umgebung der Stadt	2,15 bis 1,807
Smith[9]	0,04 bis 0,08

Truchot[10] fand in 1 Cubikmeter (= 1,29366 Kilo) Luft in Clermont-Ferrand in 7 Bestimmungen 0,93 bis 2,79, auf dem Gipfel des Puy de Dome 3,18, auf dem Gipfel des Pic de Sancy 5,27 bis 5,55 Milligrm. NH_3.

Die Verschiedenheit der von den einzelnen Beobachtern gefundenen Werthe für den Gehalt an NH_3 in der Luft kann man nicht

---

[1] Jahresber. d. Chem. 1847 u. 1848. S. 392.
[2] Ebendas. 1849. S. 258.
[3] Journ. f. prakt. Chem. Bd. XLVI, S. 100. 1849.
[4] Ann. Chem. Pharm. Bd. LXXIV, S. 243. 1850.
[5] Ann. de chim. et de phys. (3) t. XXXV, p. 464.
[6] Ebend. t. XXXIX, p. 428 u. Compt. rend. t. XXXIV, p. 878.
[7] Ebendas. t. XLII, p. 462. 1854.
[8] London Roy. Soc. Proceed. 18, p. 286. 1872.
[9] Chem. News 25, p. 251. 1872.
[10] Compt. rend. t. LXXVII, p. 1159. 1873.

als allein durch die unzureichenden Methoden bedingt ansehen, wenn auch zugestanden werden muss, dass die meisten derselben keine grosse Genauigkeit bieten. Unzweifelhaft ist der Gehalt der atmosphärischen Luft an NH_3 grossen Schwankungen unterworfen, und zwar ist so viel als erwiesen zu betrachten, dass unmittelbar nach einem Regen und schon während desselben der Ammoniakgehalt der Luft abnimmt, sehr bald nach demselben aber, wie besonders *Brown* hervorhebt, wieder steigt. Auffallend scheint der hohe Ammoniakgehalt, welchen *Truchot* auf hohen Bergen in der Auvergne fand, ein Gehalt, der höher war als der von demselben Beobachter in der Stadt gefundene. *Bineau* und *Brown* fanden übereinstimmend in der Luft der Stadt mehr Ammoniak als in der Landluft.

Im Regen-, Fluss-, Quell- und Meerwasser sind gleichfalls zahlreiche Bestimmungen ausgeführt, von denen die folgenden wohl die wichtigsten sein werden. *Boussingault*[1] fand in 1 Liter Wasser:

	Milligrm. NH_3
Regenwasser in Paris	4
Brunnenwasser in Paris	34
Regenwasser am Liebfrauenberg (Vogesen)	0,79
Rheinwasser im Juni 1853	0,45
Rheinwasser im October 1853	0,17
Meerwasser bei Dieppe	0,20
Quellwasser	0,09
Wasser von frisch gefallenem Schnee	1,78
Wasser von Schnee, der 36 Stunden auf dem Boden gelegen hatte	10,34
Regenwasser, Mittel von 77 Regengüssen, Thau und Nebelniederschlägen, Liebfrauenberg, Vogesen, Mai bis November	0,52
Nebelwasser, Liebfrauenberg, Vogesen	49,7
Nebelwasser, dichter Nebel, Paris	137,85
E. Marchand[2] fand in 1 Kilo Seewasser von Fécamp	0,57
Filhol[3] in 1 Liter Regenwasser auf dem Lande bei Toulouse	0,44 bis 0,83
Filhol in 1 Liter Regenwasser in der Stadt Toulouse	2,6 bis 6,6

[1] Ann. Chem. Pharm. Bd. LXXXVIII, S. 391.
[2] Compt. rend. t. XXXVII, p. 468. 1853.
[3] Ebendas. t. XLI, p. 838.

	Milligrm. NH_3
Filhol in 1 Liter Schneewasser ausserhalb der Stadt . . .	0,6
Filhol in 1 Liter Schneewasser nach 36stündigem Liegen auf dem Boden	3,0

Mène[1] erhielt aus 800 Grm. Hagelkörnern 278 Milligrm. $ClNH_4$.

Knopf fand das Thauwasser nicht reicher an Ammoniak als das Regenwasser.

Boussingault[2] setzte feinen Quarzsand, Knochenasche und Kohle nach dem Ausglühen derselben in flachen Tellern der Atmosphäre drei Tage lang aus und fand dann

in 1 Kilo Quarzsand	0,60	Milligrm. NH_3
in 1 Kilo Knochenasche	0,47	„ „
in 1 Kilo Kohle	2,9	„ „

Dass kohlensaures Alkali nach längerem Stehen an der Luft Spuren von salpetersaurem Salz enthalte, ist zuerst von *Heller* angegeben, später bestritten, aber auch wieder bestätigt worden. Immerhin ist der Nachweis des salpetersauren und salpetrigsauren Ammoniak in der Luft misslich, im Regenwasser dagegen die Anwesenheit dieser Verbindungen ausser Zweifel gestellt. Viel reichlicher sind besonders Nitrate in den Bodenwässern enthalten, besonders an den Orten, wo faulende Substanzen mit der Luft in Berührung sind, und man hat daher versucht, aus dem Gehalte der Brunnenwässer an salpetersaurem Salz auf die Verunreinigung desselben mit faulenden Stoffen Schlüsse zu ziehen, die insofern jedenfalls gewagt erscheinen müssen, als die Fäulniss nur dann zur Salpeterbildung führen kann, wenn zugleich genügender Sauerstoffzutritt stattfindet, der aber in den einzelnen Fällen sehr ungleich sein wird und sich jedenfalls der genaueren Beurtheilung entzieht. Die Salpeterbildung ist auch von manchen anderen variablen Einflüssen abhängig;[3] sie scheint in frischfaulenden Substanzen überhaupt kaum vorhanden zu sein.

Boussingault[4] fand im Regenwasser Salpetersäure nicht allein bei Gewitterregen. Das in stark bewaldeter Gegend am Liebfrauenberg (Vogesen) gesammelte Regenwasser enthielt im Liter bis 6,2

[1] Compt. rend. t. XXXII, p. 770. 1851.

[2] Ann. de chim. et de phys. (3) t. LIII.

[3] Vergl. *Boussingault*, Ueber Salpeterbildung, Compt. rend. t. LIX, p. 218 und *Millon*, ebendas. p. 231; endlich *Boussingault*, ebendas. t. LXXXII, p. 477. 1876.

[4] Compt rend. t. XLVI, p. 1123 u. 1175. 1858.

Milligrm. N_2O_5, im Mittel aber nur 0,2 Milligrm. Im Wasser eines Gewitterregens fand er 0,28, in dem des in der Nacht darauf gefallenen Regens nur 0,04, in Paris im Regenwasser 0,4 bis 2,1 Milligramm, im Schneewasser dort gesammelt 0,3 bis 4 Milligrm. Ein zuerst gefallener Regen in den Vogesen gab 2,1, darauf Regen mit Hagel 0,25, dann folgender Regen nur 0,19 Milligrm. N_2O_5 im Liter. Schneewasser und Hagelkörner waren reicher an Salpetersäure als Regenwasser. Wasser condensirt aus dichtem Nebel im Januar 1858 in Paris gab im Liter 10,1 Milligrm. N_2O_5. Im Thauwasser (Liebfrauenberg in den Vogesen) wurde 0,1 bis 1,1, im Nebelwasser 0,4 bis 1,8 Milligrm. N_2O_5 im Liter gefunden. In allen diesen Versuchen sind salpetrige Säure und Salpetersäure nicht von einander unterschieden; stets war der Ammoniakgehalt höher, als die Sättigung der Salpeter- und salpetrigen Säure erforderte. *E. Reichert*[1] fand im Hagel keine salpetrige Säure, aber neben 3,25 NH_3 0,53 Milligrm. N_2O_5 im Kilo.

Goppelsröder[2] hat zahlreiche Bestimmungen der Salpetersäure in Wässern ausgeführt; er erhielt aus 1 Liter Wasser:

Regenwasser			1,6	Milligrm.	N_2O_5
Schneewasser	1,7	bis	7,2	„	„
Rheinwasser	13,5	bis	15,5	„	„
Trinkwasser aus Wasserleitung	12,5	bis	51,6	„	„
Grundwasser in Klein-Basel .	2,6	bis	41,2	„	„
Grundwasser in Gross-Basel .	12,9	bis	129,0	„	„

Goppelsröder[3] bestimmte dann von October 1870 bis September 1871 den Gehalt des Wassers der gefallenen Regen an Salpetersäure und erhielt folgende Werthe als Milliontheile des Wassergewichts:

		Minimum.	Maximum.
October	1870	Spur	13,6
November	„	0,5	1,2
December	„	0,4	5,3
Januar	1871	3,1	5,3
Februar	„	2,2	4,4
März	„	2,6	12,3
April	„	2,2	4,6

[1] Jahresber. f. Chem. 1863. S. 171.
[2] Zetschr. f. anal. Chem. Bd. IX, S. 1 u. 177. 1870.
[3] Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. X, S. 259 u. Bd. XI, S. 16. 1870–71.

		Minimum.	Maximum.
Mai	1871	2,2	10,0
Juni	„	2,3	6,2
Juli	„	0,41	1,1
August	„	0,08	0,98
September	„	0,6	1,0

Nach *Bineau*[1] fallen im Durchschnitt jährlich in Frankreich auf 1 Hectare Land im Regen 27 Kilo NH_3 und 34 Kilo Salpetersäure, zusammen enthaltend 27 Kilo Stickstoff. *E. Bechi*[2] berechnet, dass 1870—72 in Florenz auf 1 Hectare jährlich 10,57 bis 13,24 Kilo NH_3 und 9,15 bis 15,73 Kilo N_2O_5 im Regen gekommen seien. In Vallombrosa in den Apeninen, 957 M. über dem Meere, war die Regenmenge fast doppelt so gross als in Florenz, aber die Quantität von NH_3 und Salpetersäure geringer als in den jährlich in Florenz ergossenen Regen. Nach Untersuchungen von *Schmid* in Russland und von *Pierre* bei Caën[3] nimmt der Stickstoffgehalt des Ackerbodens mit der Tiefe nicht unbedeutend ab und nach *Truchot*[4] ist der Stickstoffgehalt des Bodens abhängig von seinem Gehalt an Ulminsubstanzen, welche die Stickstoffverbindungen aus der Luft fixiren sollen.

Nach *Schlösing's*[5] Versuchen absorbiren 1 Hectare Erde bei Boulogne im Jahre 53 bis 63 Kilo Ammoniak.

Die besprochenen Resultate der Untersuchungen von Luft, Wasser und Boden ergeben, dass den Pflanzen eine nicht geringe Quantität von NH_3 und NO_3H jährlich zugeführt wird, und es ist von *Liebig*, besonders gestützt auf landwirthschaftliche Versuche von *Knop* und Anderen, sehr überzeugend dargethan, dass die Pflanzen Mangel an diesen Nahrungsmitteln nicht haben können, auch wenn ihnen im Dünger keine stickstoffhaltigen Bestandtheile zugeführt werden. Der Nutzen des Düngers ist ziemlich unabhängig von seinem Stickstoffgehalte.

Zahlreiche Culturversuche haben ergeben, dass sowohl Ammoniaksalz als auch salpetersaures Salz den Pflanzen den erforderlichen Stickstoff liefern können, dass sie aus dem Bodenwasser diese Salze

---

[1] *Liebig* a. a. O. II, 300.
[2] Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873. S. 1203.
[3] *Liebig* a. a. O. S. 322.
[4] Compt. rend. t. LXXXI, p. 945. 1875.
[5] Compt. rend. t. LXXXII, p. 1105. 1876.

auch wirklich aufnehmen. Dem entsprechend enthält der Saft der Pflanzen Ammoniaksalz, und zwar oft in so bedeutender Menge, dass beim Versetzen des Saftes mit Kalkmilch der Ammoniakgeruch sofort intensiv eintritt.[1] Auch salpetersaures Salz ist in vielen Pflanzen entschieden nachgewiesen, und *Schönbein*[2] nimmt an, dass alle Pflanzen salpetersaure oder salpetrigsaure Verbindungen enthalten.

Für die Ernährung der Thiere ist aus dem Stickstoffgehalte der vegetabilischen oder thierischen Nahrungsmittel nicht ohne Weiteres ein Schluss auf den Werth derselben als Nahrung zu ziehen, denn so ähnlich z. B. der Leim in seinem chemischen Verhalten den Eiweissstoffen ist, so wenig ist er und das leimgebende Bindegewebe im Stande, das Eiweiss bei der Ernährung zu ersetzen. Die Thiere bedürfen nicht allein stickstoffhaltige organische Stoffe zu ihrer Ernährung, sondern auch ganz bestimmte, nämlich ein gewisses tägliches Quantum von Eiweissstoffen. Andere in den Vegetabilien oder in Thieren gebildete stickstoffhaltige Körper sind wohl als Nährstoffe zu betrachten, aber es ist sehr fraglich, ob der Stickstoff in ihnen eine besondere für die thierische Oekonomie wichtige Rolle hat, oder sie nur in derselben Weise wirken wie gewisse stickstofffreie Substanzen. Viele organische stickstoffhaltige Körper, besonders Ammoniak- und Ammoniumbasen, wirken auf Thiere als mehr oder weniger intensive Gifte.

Der Schwefel.

§ 20. Schwefel ist als nothwendiger Bestandtheil einer nicht geringen Anzahl organischer Stoffe anzusehen, vor allen der sämmtlichen Eiweissstoffe. Eine Betheiligung schwefelsaurer Verbindungen an dem Leben höherer Thiere ist noch nicht streng nachgewiesen, aber sehr wahrscheinlich; aus ihrem Körper werden schwefelsaure Verbindungen theils als Salze, theils als Aethersäuren, die wie die Aethylschwefelsäure durch starke Mineralsäuren unter Bildung von SO_4H_2 gespalten werden, ausgeschieden.

Die Pflanzen nehmen den Schwefel als schwefelsaures Salz aus der Bodenflüssigkeit auf und bei ihren Lebensprocessen wird das Sulfat ebenso wie bei der Fäulniss organischer Stoffe reducirt, so dass organische Schwefelverbindungen entstehen können, welche mit

[1] *Liebig* a. a. O. I, S. 66.

[2] Journ. f. prakt. Chem. Bd. LXXXVIII, S. 460. 1863.

Aetzkali gekocht SKH geben, wie z. B. die sämmtlichen Eiweissstoffe. Von den zahlreichen organischen Schwefelverbindungen, welche in den Organismen gebildet werden, sind nur wenige hinsichtlich ihrer Constitution so weit bekannt, dass man ein Urtheil über die Stellung des Schwefels sicher erlangen kann. Ausser den Eiweissstoffen sind als schwefelhaltige in den Organismen direct gebildete Stoffe bekannt die Myronsäure, Sinalbin, Taurin und Taurocholsäure, Cystin, Melolonthin, Allylsulfid, Leim, Chondrin, Mucin, die Substanzen der Epidermis. Während im Knoblauchöl ein einfaches Sulfid sich findet, sind die schwefelhaltigen Verbindungen der Cruciferen ebenso wie die Eiweissstoffe solche, dass in ihnen der Atomencomplex —CS— und zugleich die Verbindung $-SO_4H$ oder $-SO_3H$ angenommen werden muss; im Taurin und der Taurocholsäure sind wirkliche Sulfosäuren mit $-SO_3H$ zu finden, im Cystin eine —CS—verbindung.

Schwefelsaure Salze, besonders schwefelsaurer Kalk und schwefelsaure Magnesia sind so verbreitete Bestandtheile der Gebirgsformationen, des Meerwassers, der Brunnen- und Flusswässer, dass ein Mangel an schwefelsaurem Salz nur ganz local an der Erdoberfläche eintreten kann.

Der Phosphor.

§ 21. Von phosphorhaltigen organischen Substanzen sind in den Organismen bis jetzt drei aufgefunden, die Glycerinphosphorsäure, Lecithin, Nuclein. Die früher für phosphorhaltig angesehenen Eiweissstoffe enthalten keinen Phosphor, sind aber oft schwer von Lecithin und Nuclein zu trennen. In allen drei genannten Körpern ist der Phosphor als Phosphorsäureverbindung $PO_4\equiv$ enthalten, weder Fäulniss noch Wasserstoff im Entstehungszustand ist im Stande, aus ihnen PH_3 zu bilden. Die Glycerinphosphorsäure ist eine einfache Aethersäure, auch das Lecithin ist ein solcher Aether, und da das Nuclein gleichfalls weder an verdünnte Alkalien die Phosphorsäure in der Kälte abgiebt noch durch Salzsäure schnell zerlegt wird, ist auch hier eine äther- oder amidartige Phosphorsäureverbindung anzunehmen. Dass bei der Fäulniss von Fischen und dergleichen PH_3 entstehe, ist eine unrichtige Angabe, nirgends in der Natur ausser vielleicht in Meteorsteinen findet sich Phosphor in anderer Verbindung als in der möglichst mit Sauerstoff gesättigten.

Sind nun auch die organischen Phosphorsäure enthaltenden Stoffe

der Zahl nach gering, so sind sie doch offenbar für das Leben der Organismen von höchster und allgemeiner Bedeutung; es geht dies aus ihrem Vorkommen unzweifelhaft hervor. Lecithin findet sich in allen entwicklungsfähigen Zellen, so weit man darauf die Untersuchung gerichtet hat. Es ist z. B. aufgefunden in der Bierhefe, im Essigmucor, im Hirschschwamm, Fliegenpilz, in Rosenknospen, Samen der Getreidearten, des Mais, der Leguminosen, Wallnüssen, Cruciferensamen, Eidotter, Spermatozoen, farblosen Blutkörpern, den rothen Blutkörperchen, sämmtlichen Organen und Flüssigkeiten des menschlichen Körpers ausser Harn, Speichel, Magen- und Pankreassecret. Sehr reichlich findet es sich im Gehirn. Auch in schnell wuchernden pathologischen Geschwülsten ist es reichlich enthalten.[1] Vielleicht weniger allgemein, jedoch sehr weit verbreitet findet sich das Nuclein (vielleicht sind es mehrere zusammengehörige und einander ähnliche Stoffe) bei Pflanzen und Thieren, z. B. in Bierhefe, Weizenkleie, Eidotter, Spermatozoen, kernhaltigen Blutkörperchen. Es sind die Untersuchungen über diese schwierig zu isolirenden Substanzen noch nicht zahlreich und eingehend genug, um über die Verbreitung des Nuclein Bestimmtes aussagen zu können. Die Glycerinphosphorsäure, so weit sie sich findet, ist wahrscheinlich stets als das Zersetzungsproduct des Lecithins anzusehen.

Abgesehen von den organischen Verbindungen hat die Phosphorsäure auch als Kalksalz eine hohe Bedeutung für das Leben der höheren Thiere. Spuren von Calciumphosphat finden sich neben Spuren von Natriumphosphat wohl in jeder thierischen Flüssigkeit, vielleicht auch in allen Pflanzensäften, aber in sehr reicher Quantität nimmt das Calciumphosphat an der Bildung der Knochen Theil und ist als Bestandtheil der Knochen fast eben so charakteristisch als in histologischer Beziehung die Knochenkörperchen. Ein Knochen ohne phosphorsauren Kalk ist nicht möglich, und die an Calciumphosphat reichen Knochen sind für die Wirbelthiere eben so charakteristisch als die rothen Blutkörperchen mit ihrem Hämoglobin.

Bei den Avertebraten findet sich Calciumphosphat selten reichlich in den Incrustationen, Schalen und sonstigen calciumreichen Ablagerungen, aber nach *C. Schmidt's*[2] Untersuchungen scheint auch

[1] Die sämmtlichen Angaben hier im Wesentlichen nach theils publicirten, theils nicht publicirten Arbeiten des Verf. Vergl. Med.-chem. Mittheilungen, herausgegeben von *Hoppe-Seyler*, Tübingen 1866—71. S. 140. 215. 221. 386. 391. 405. 441. 461. 463. 486. 502. 521. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. VII, S. 409.

[2] *C. Schmidt*, Zur vergleichenden Physiologie der wirbellosen Thiere. Braun-

hier das Calciumphosphat bei der ersten Ausbildung der Ablagerung hauptsächlich betheiligt.

In den Pflanzen finden sich Phosphatablagerungen nicht, und die organischen Phosphorsäureverbindungen sind nur in den Pflanzentheilen reichlich vorhanden, welche noch in lebhafter Entwicklung begriffen, oder wie die Samen einer solchen fähig sind. Die Pflanzen verfahren sehr sparsam mit ihrem Phosphorsäurevorrath und die im entwickelten Holze und den Blättern disponibel werdende PO_4 wird auf eine noch nicht ermittelte Weise den neu sich entwickelnden Knospen und Samen zugeführt. So fand *Corenwinder*[1] die Asche junger Pflanzen stets reich an Phosphorsäure, nach dem Reifen der Früchte aber in Stengeln und Blättern wenig oder keine PO_4. Im Pollen der Blüthen und den Sporen der Kryptogamen fand er erhebliche Quantität derselben. *Zöller*[2] erhielt aus 100 Stück Buchenblättern:

	I. Periode bis März 1861.				II. Periode 18. Juli 1861.	III. Periode 14. Oct. 1861.	IV. Periode 18. Nov. 1861.
	a	b	c	d			
Trockensubstanz .	10,01	15,90	32,63	60,00	116,16	117,53	—
Wasser	22,61	57,26	118,91	218,31	147,04	154,33	—
Gesammtgewicht .	32,62	73,16	151,54	278,31	263,20	271,86	—
Aschenprocente der trocknen Blätter .	4,65	5,40	5,82	5,76	7,57	10,15	—
In 100 Theilen Asche K_2O			29,95		10,72	4,85	0,99
In 100 Theilen Asche P_2O_5			24,21		5,18	3,48	1,95
In 100 Theilen Asche CaO			9,83		26,46	34,05	34,13

Die weiteren an der citirten Stelle von *Liebig* aufgeführten Analysen von *E. Staffel* und von *Zöller* zeigen dieselben Verhältnisse in den Blättern der Rosskastanie, Nussbaum, Spargel.

§ 22. Durchaus in anderer Weise verhalten sich rücksichtlich der Phosphorsäure die Thiere und besonders die Wirbelthiere. Sie nehmen in ihrer Nahrung reichlich Phosphorsäure auf und scheiden im erwachsenen Zustande eben so grosse Quantitäten täglich im Harne und Excrementen aus. Ein erwachsener Mensch enthält durchschnittlich in seinem trocken 3 bis 4 Kilo wiegenden Skelette[3] bei 38,46 pCt. PO_4-

---

schweig 1845. Es könnte bei den Bestimmungen *Schmidt's* Lecithin Nuclein und während des Veraschens Calciumphosphat gebildet haben.

[1] Ann. de chim. et de phys. (3) t. LX. p. 105. 1860.

[2] *Liebig*, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc. S. 366. 1862.

[3] Prof. *Waldeyer* fand (nach freundl. privater Mittheilung) von einem gut

gehalte desselben 1154 bis 1538 Grm. PO_4. Im Harne scheidet ein erwachsener Mensch nach den Bestimmungen von *Vogel* und von *Kerner* täglich 4,58 bis 4,68 Grm., also jährlich mehr als 1600 Grm. PO_4 aus. Menschen und Thiere leben also stets in einem Ueberfluss von Phosphorsäure, während die Pflanze sie sehr sparsam benutzt und sie als werthvollste Mitgift den Samen und Keimen vererbt.

Aus den geschilderten Beziehungen ergiebt sich die grosse Wichtigkeit der Phosphorsäure für Pflanzenvegetation und thierisches Leben. Sehen wir uns nun nach dem Vorrath an Phosphorsäure um, welchen die Erdoberfläche darbietet, so zeigen sich zwar Phosphate fast überall im Boden und in den Wässern verbreitet, aber der Gehalt beider ist auch meistens nur ein ganz geringer und deshalb die Zufuhr von Phosphaten in der Düngung (zermahlenen Knochen, phosphorsäurereichem Guano, mit Schwefelsäure aufgeschlossenem Apatit und Phospherit) für die Gewinnung eines grösseren Ertrags an Feldfrüchten von der grössten unbestreitbaren Wirkung. In den nicht zerkleinerten Knochen bleibt ein Vorrath an Phosphorsäure Jahrhunderte, selbst viele Tausende von Jahren der Circulation in den lebenden Organismen entzogen, kehrt aber doch allmälig, soweit es das Calcium- und Magnesium-Phosphat anlangt, wieder in dieselbe zurück; schädlicher wirkt der Eisengehalt des Bodens bei Zutritt von Sauerstoff, denn die in den Wässern gelösten Phosphate geben mit sich bildendem Eisenoxydhydrat Eisenoxydphosphat, welches in kohlensäurehaltigem Wasser ganz unlöslich ist, sich in Sumpf- und Rasenerz ablagert und grosse Mengen von Phosphorsäure so lange der Circulation entzieht, bis die schwierig erfolgende Reduction des Oxydphosphats zum Oxydulsalz, die durch faulende Stoffe allmälig erfolgen kann, wieder eine in kohlensäurehaltigem Wasser lösliche und zerlegbare Substanz schafft. Wie gross die Löslichkeit des phosphorsauren Eisenoxyduls in kohlensäurehaltigem Wasser sein mag, ist nicht bekannt, sie scheint in hohem Grade abhängig zu sein von der Anwesenheit anderer Salze; wäre sie im ziemlich reinen Wasser nicht äusserst gering, so würden sich nicht in Torf und Infusorienerde so verbreitet und zuweilen grosse Mengen von Vivianit finden, dessen Blaufärbung unter Oxydbildung bekanntlich erst an der Luft erfolgt. Viel löslicher ist die Knochenerde, nach *Lie-*

---

macerirten Frauenskelett das Gewicht zu 2981,2 Grm., das von einem etwas über mittelgrossen Manne zu 4317,0 Grm. Das Gewicht des Schädels beide Male als Mittel aus vier Schädelwägungen genommen.

big[1] löst ein Liter mit CO_2 gesättigtes Wasser 0,6626 Grm. Knochenerde auf, von denen 0,5 Grm. beim Kochen wieder abgeschieden werden. In Salzlösungen ist $(PO_4)_2Ca_3$ gleichfalls löslich, in schwefelsaurer Ammoniaklösung so leicht wie Gyps.

Durch Vergleiche des Ertrags der Ackerböden in der Auvergne und der geognostischen und chemischen Zusammensetzung derselben kommt *Truchot*[2] zu dem Schlusse, dass für die Fruchtbarkeit des Ackerbodens reicher Gehalt an Phosphat (vulcanischer Boden) neben geringem Kaliumgehalte nutzbringender sei als reicher Gehalt an Kalium neben geringem Gehalt an Phosphorsäure (granitischer Boden).

Welche Erkrankungen durch Mangel an PO_4 in den ernährenden Flüssigkeiten bei Pflanzen und Thieren zunächst herbeigeführt werden, ist im Speciellen nicht bekannt. Pflanzen, denen man keine Phosphorsäure zukommen liess, verkümmerten und bildeten keinen Samen; die öfter ausgesprochenen Vermuthungen, dass die Osteomalacie, Rhachitis beim Menschen und die Knochenbrüchigkeit bei Rindern auf Mangel an PO_4 in der Nahrung oder Wegführung derselben ohne genügenden Ersatz beruhen, hat sich entschieden als irrig erwiesen.

Chlor, Brom, Jod.

§ 23. Chlor betheiligt sich an den Lebensprocessen der Organismen zwar, so viel man weiss, in ziemlich beschränktem Maasse, doch giebt es einige Beobachtungen, welche es für höhere Thiere immerhin nothwendig erscheinen lassen. Chlorwasserstoffsäure ist ein nothwendiger Bestandtheil des Magensaftes von Menschen und vielleicht allen Wirbelthieren, und Chlornatrium ein constanter Bestandtheil des Blutplasma und der Lymphe, so dass diese Flüssigkeiten unabhängig von der Einnahme von Chlor ungefähr 0,5 pCt. NaCl enthalten. Es ist ferner der Chlornatriumgehalt des Meerwassers eine nothwendige Lebensbedingung für die Existenz einer sehr grossen Anzahl von Seethieren und Seepflanzen, der Salzgehalt des Bodenwassers auch Lebensbedingung für eine Anzahl von Landpflanzen. Im Uebrigen ist es nicht bekannt, ob für die Pflanzen der geringe Gehalt an NaCl, der in den Bodenwässern fast allgemein sich findet, von wesentlicher Bedeutung ist; die Säfte der Pflanzen

[1] A. a. O. Aufl. 5. S. 158. 1843.

[2] Compt. rend. t. LXXXI, p. 1027. 1875.

enthalten stets ein wenig Chlor an Kalium oder Natrium gebunden. Die Bodenwässer enthalten so wie das Meerwasser meist Chlor an Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium gebunden, doch sind Chlorcalcium und Chlormagnesium nicht stets vorhanden, auch ist der Gehalt an Chlorverbindungen ein ausserordentlich verschiedener je nach den geologischen Verhältnissen. Ein Mangel an Chlor in der Nahrung kann für Thiere und Pflanzen nur ganz local eintreten und ist demselben fast überall leicht abzuhelfen; ein solcher tritt wegen der grossen Löslichkeit der Chlorverbindungen besonders auf höheren Bergen sehr bemerkbar hervor und ist derselbe wohl die alleinige Ursache der bekannten grossen Begierde, mit welcher das auf hohen Bergen weidende Vieh dargereichtes Salz verzehrt. *Bunge*[1] weist sehr überzeugend nach, dass die Pflanzennahrung bei Menschen und Thieren viel grösseren Appetit nach Salz hervorrufen als Fleischnahrung; er findet die Ursache davon im hohen Kaliumgehalte der Pflanzennahrung, indem das Kalium dem Organismus Chlor entzöge, welches in Verbindung damit reichlicher in den Harn überginge. Rothe Blutkörperchen und Muskeln enthalten Chlor hauptsächlich an Kalium gebunden; ob das Chlor in ihnen überhaupt von Bedeutung ist, weiss man aber nicht.

Die sämmtlichen in Organismen und in der anorganischen Natur vorkommenden Chlorverbindungen sind Metallverbindungen, abgesehen vom ClH selbst, nie ist auch in natürlichen organischen Verbindungen ein Chloratom einem Kohlenstoffatom direct angefügt.

Brom und Jod in Verbindung mit K, Na oder Mg sind in Seepflanzen oft relativ reichlich enthalten, eine Function derselben für das Leben dieser Organismen ist nicht bekannt. Nach *Berthelot*[2] findet sich im Leberthran vielleicht ein Jodhydrin des Glycerins, so dass Jod direct an Kohlenstoff gebunden in Organismen vorkommt.

Kalium.

§ 24. Obwohl bestimmte Verbindungen von Kalium mit organischen Stoffen, die zu den Lebensfunctionen der Organismen als unumgänglich nöthig angesehen werden könnten, nicht bekannt sind, zwingt doch das ausnahmslose Vorkommen von Kalium in allen Organismen, von den niedrigsten bis zu den höchsten, zur Annahme,

---

[1] *G. Bunge*, Zeitschr. f. Biol. Bd. IX, S. 1. 1873, u. Bd, X, S. 1. 1874.

[2] *M. Berthelot*, Chimie organique. t. II, p. 136. Paris 1860.

dass Verbindungen dieses Metalls eine nothwendige Function bei dem allgemeinen Zellenentwicklungsprocesse haben. Man findet Kalium im Menschen und Wirbelthieren überhaupt in den rothen Blutkörperchen, den Muskeln und Nerven, in Drüsen, besonders der Leber, in der Milch und im Eidotter, während es im Blutplasma und in der Lymphe kaum in Spuren zu finden ist. Ebenso sind die Organe der Avertebraten stets kaliumhaltig und bei den Pflanzen ist der Kaliumgehalt im Ganzen um so grösser, je entwicklungsfähiger die betreffenden Pflanzentheile sind. Auch in den Hefezellen ist der Kaliumgehalt ein sehr bedeutender. Die Fähigkeit der Organismen, aus den Ernährungsflüssigkeiten Kalium sich anzueignen und festzuhalten, tritt besonders darin deutlich hervor, dass die Bodenwässer und das Meerwasser einen sehr geringen Kaliumgehalt neben viel mehr Natrium, Calcium, Magnesium besitzen und dennoch die in ihnen wachsenden Organismen reichlich Kalium enthalten und es nur aus diesen kaliumarmen Wässern, nirgends anders her sammeln können.

Bis zur Auffindung der Kaliumsalze in den oberen Schichten des Stassfurter Steinsalzlagers wurde in der Hauptsache das ganze in der Industrie gebrauchte Kalium aus der Asche von Pflanzen gewonnen, und abgesehen von dem doch immerhin sparsamen Vorkommen von Polyhalit-, Carnallit- und Sylvinlagern, deren Gewinnung nach dem Obigen als eine höchst wichtige Quelle für eine reichere Entwicklung der Vegetation in ähnlicher Weise wie die Ausbeutung der Apatitstöcke angesehen werden muss, ist fast der ganze Vorrath von Kaliumsalzen an der Erdoberfläche in fortdauernder Circulation allmälig nur schwach vergrössert um die Quantität von Kalium, welche bei der Verwitterung der Silicate, besonders des Orthoklas, von der Kieselsäure abgetrennt und in den Wässern den Organismen dargeboten wird.

Sowohl in der Fleischflüssigkeit als in der vegetabilischen Nahrung, dem Säugling in der Milch, wird Kalium dem Menschen im Ueberfluss zugeführt, so dass der Harn eine meist nicht unbedeutende Quantität von Kalium täglich aus dem Organismus entfernt.

Zu grosse in die Nahrung eingeführte Kaliummengen wirken wenigstens für höhere Thiere giftig, ob etwas Aehnliches bei Pflanzen sich zeigt, scheint nicht bekannt zu sein.

Natrium.

§ 25. Natriumsalze sind an der Oberfläche der Erde nicht allein sehr verbreitet, sondern auch, wie z. B. im Meerwasser und den Salzlagern, so reichlich vorhanden, dass ein Mangel daran selten vorkommen kann. In Thieren und Pflanzen findet Natrium sich stets, wenn auch in den Pflanzen gewöhnlich weniger als Kalium und in den Thieren nur in der Blutflüssigkeit, der Lymphe und einigen Secreten, wie Pankreassecret, Galle, Harn. Das Blutplasma enthält ungefähr 0,5 pCt. Chlornatrium offenbar in Verbindung mit Albuminstoffen und ausserdem eine noch nicht genauer festgestellte Quantität Natrium an Kohlensäure oder Albumin gebunden, welche eine wichtige Function der Uebertragung von Kohlensäure von den Organen an die Lungenluft erfüllt, wie dies unten bei der Besprechung der Verhältnisse der Respiration näher zu schildern sein wird. Ein Ueberschuss von Kaliumverbindung in der Nahrung scheint nach *Bunge's*[1] Untersuchungen dem Organismus Natrium ebenso wie Chlor zu rauben.

Während Kaliumverbindungen bei nicht sehr niedriger Concentration eine toxische Einwirkung auf Organismen äussern, ist dies bei Natriumverbindungen erst dann der Fall, wenn die Concentration einen sehr hohen Grad erreicht hat, und es giebt sogar Organismen, welche in gesättigter Lösung von Chlornatrium oder schwefelsaurem Natron noch unbeschädigt zu leben vermögen.[2] Der Harn von Menschen ist fast immer reicher an Natrium als an Kalium und anderen Metallen. In dem Pankreassecret scheint Natrium nothwendig zu sein, in der Galle dagegen kann es theilweise oder ganz von Kalium vertreten werden.

Calcium.

§ 26. Die Geschicke der Calciumverbindungen an der Erdoberfläche sind ebenso wie die des Sauerstoffs, der Schwefel-, Phosphor- und Kaliumverbindungen eng mit dem Leben der Organismen verknüpft und vielleicht sogar in noch höherem Grade als die Letzteren. Die Geologen,[3] welche behauptet haben, dass die sämmtlichen Cal-

[1] Vergl. oben § 23 Chlor.

[2] *Charles Darwin*, Narrative of the Surveying voyages of H. M. Sh. Adventure and Beagle. Vol. III. Journ. and Remarks p. 77. London 1839.

[3] *Charles Lyell*, Principles of Geology. II, p. 608. London 1868.

ciumcarbonatablagerungen, die in Kreide, Jura, Muschelkalk und so wie in den neueren auch in einem sehr bedeutenden Theile der älteren Formationen ausgedehnte Lager bilden, durch Organismen entstanden seien, sind zwar wahrscheinlich etwas zu weit gegangen, aber es ist direct nachweisbar, dass die Schalenreste von Organismen einen sehr grossen Theil dieser Ablagerungen bilden und dass ferner die Lösung und Umgestaltung dieser Schichten im Wesentlichen durch die Kohlensäure geschieht, welche die sich zersetzenden Reste der Organismen bei ihrem Zerfall mit Wasser bilden.

Calcium ist bis jetzt in jedem Organismus, jedem Organ und jeder Zelle, die darauf untersucht wurden, gefunden, und man muss daher annehmen, dass es sich bei den allgemeinen Zellenbildungsprocessen betheiligt, aber seine Function hierbei ist unbekannt. Es giebt nicht wenige Pflanzenarten, welche auf Kalkboden durchaus nicht gedeihen, aber ihre Asche enthält doch stets etwas Calcium und nur der Ueberschuss davon scheint schädlich auf sie zu wirken. Die harten Gerüste höherer und niederer Thiere, Schalen, Knochen u. s. w. sind nur in wenigen, wie z. B. Insecten, Ascidien aus organischer Substanz allein, nur bei ganz kleinen Organismen, wie den Bacillarien, zum Theil aus Kieselsäure gebildet, im Uebrigen sind es allein Calciumverbindungen, und zwar Phosphat und Carbonat, welche Knochen, Schalen und Panzer bilden, und dem Widerstande dieser organisirten Calciumgebilde gegen Lösung in Wasser und mechanische Zermalmung hat man fast ausschliesslich die Ueberlieferung zu danken, die man von der ungeheuren Zahl untergegangener Thiergeschlechter in den verschiedenen Sedimentärformationen gewonnen hat.

In den Organismen tritt Calcium in den verschiedensten Verbindungen auf, als doppeltkohlensaures, einfach kohlensaures, schwefelsaures und phosphorsaures Salz, weniger als Chlor und Fluorverbindung, vielfach in Verbindung mit organischen Körpern. Ein Theil des in der Nahrung eingenommenen Calcium wird vom Darm her in Blut und Chylus aufgenommen, der andere Theil wird in Verbindung mit fetten Säuren oder Phosphorsäure unresorbirt in den Fäcalstoffen ausgeschieden. Der Urin enthält stets Calcium, und in gewissen engeren Grenzen um so mehr, je mehr in der Nahrung aufgenommen war; es erscheint hier als Phosphat, Carbonat, Urat, Oxalat u. s. w. und bildet wegen der Schwerlöslichkeit dieser Verbindungen leicht Concremente. Ueberhaupt aber zeichnen sich Cal-

cium-Carbonat und Phosphat auch darin aus, dass sie überall da, wo organische Gewebstheile absterben innerhalb des noch lebenden Organismus, fast immer Incrustationen bilden.

Magnesium.

§ 27. Eine specifische Betheiligung von Magnesiumverbindungen an den Processen in den Organismen ist zwar nirgends nachgewiesen, aber man begegnet diesem Metalle in allen Aschen von Pflanzen und Thieren, und es giebt Pflanzentheile, welche relativ reich daran sind, z. B. die Samen vieler Gramineen.

Magnesiumcarbonat begleitet in geringer Quantität fast stets in der Natur das Calciumcarbonat, auch Calciumphosphat enthält gewöhnlich etwas Magnesiumsalz, so findet sich nun auch in den menschlichen Organen ebenso wie bei Thieren in Knochen, Muskeln, Blut u. s. w. etwas Magnesium- neben Calciumphosphat. In der Nahrung zufällig aufgenommener Ueberschuss von Magnesium wird grösstentheils unresorbirt in den Fäcalstoffen als phosphorsaures Magnesium-Ammonium oder reines Magnesiumphosphat oder als palmitinsaure und stearinsaure Verbindung ausgeschieden. Bei reichlicher Einnahme von Magnesiumsalzen bilden sich leicht Concremente im Darmcanale, z. B. durch Kleiefütterung bei Pferden, die aus fast reiner $Mg_3(PO_4)_2$ bestehen. Der Harn scheidet Ueberschuss von resorbirtem Magnesium als Phosphat sehr bald wieder aus, bei Steinbildung in Niere und Blase betheiligt sich $MgNH_4PO_4 + 6H_2O$ ganz besonders und diese Concremente wachsen wegen ihrer grosskrystallinischen Zusammensetzung und der Unlöslichkeit dieses Doppelsalzes in ammoniakalischen Flüssigkeiten sehr schnell.

Eisen.

§ 28. Kein schweres Metall greift in so reichem Maasse und in so mannigfaltiger Weise in den gesammten Stoffwechsel an der Erdoberfläche ein als das Eisen, dessen Theilnahme an den Lebensprocessen der höheren Organismen ihm auch in dieser Hinsicht eine ganz besondere Stellung zuweist. Als Bestandtheil des rothen Blutfarbstoffs der Wirbelthiere scheint es durch kein anderes Metall, auch nicht durch Mangan vertreten werden zu können, und die Fähigkeit dieses Farbstoffs, Sauerstoff in lockere chemische Verbindung aufzunehmen und an leicht oxydable Stoffe oder an Sauerstoff-

vacuum wieder abzutreten, wesentlich zu bedingen. Die Quantität Eisen, welche sich im Blute eines erwachsenen Menschen in Circulation befindet, beträgt im Ganzen kaum 3 Grm. Ob das Eisen auch bei anderen thierischen Processen sich betheiligt, ist noch nicht festgestellt. Im Harne findet sich kein Eisen oder nur äusserst geringe Spuren davon, während die Galle constant phosphorsaures Eisen und zwar in leicht nachweisbaren Quantitäten enthält. Das Vorkommen von Hämoglobin im Regenwurm und anderen wirbellosen Thieren beweist, dass auch bei Avertebraten organische Eisenverbindungen auftreten. Auch von den Pflanzen wird behauptet, dass sie Eisen für ihre Lebensprocesse nöthig hätten,[1] und man hat besonders angegeben, dass sie Eisen zur Ausbildung von Chlorophyll aufnähmen, aber sicherlich ist das Chlorophyll selbst nicht eisenhaltig, auch sind andere eisenhaltige Kohlenstoffverbindungen in Pflanzen nicht bekannt und ein constanter reichlicher Eisengehalt ist wohl kaum in einer Pflanze bis jetzt constatirt.

Die Aufnahme von Eisen in Organismen erfolgt sehr schwierig, da alkalische Flüssigkeiten seine Verbindungen zerlegen ausser bei Gegenwart mehrbasischer Säuren u. s. w., es durchwandern daher den Darmcanal von Menschen und höheren Thieren nicht geringe Quantitäten von Eisen, ohne dass mehr als Spuren davon aufgenommen werden. Eine Aufnahme ist nur denkbar entweder in Verbindung mit mehrbasischen Säuren als Oxyd oder bei Abwesenheit von Sauerstoff als $(PO_4)_2Fe_3$ oder es müssten im Darmcanale organische Eisenverbindungen entstehen. Hämatin, das bei der Magenverdauung aus Hämoglobin entstehende eisenreiche Zersetzungsproduct, scheint als solches vom Darmcanale gar nicht resorbirt zu werden und erscheint bei Fleischgenuss reichlich in den Fäces. Ferrocyanalkalimetall wird vom Darmcanal her leicht resorbirt (Ferridcyanmetall wird schon im Darm reducirt), geht aber unverändert in den Harn über und hat offenbar keine Einwirkung auf die Lebensprocesse.

Im Eidotter und in der Milch sind Eisenverbindungen nachgewiesen, ob aber sich organische Eisenverbindungen oder Eisenphosphat darin befinden, ist noch unentschieden.

In den Fäcalstoffen ist das Eisen meist hauptsächlich oder ganz als Schwefelverbindung enthalten. Mineralwässer, welche Eisencarbonat besonders neben Sulfaten von Alkalimetallen oder Calcium

---

[1] *H. Dworzak* u. *W. Knop*, Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1875. S. 43.

enthalten, färben die Fäcalstoffe durch gebildetes Schwefeleisen grün bis schwarz.

Wie die Aufnahme von Eisen in die Pflanzen geschieht, ist noch nicht erklärt. Bei der Fäulniss organischer Stoffe im Boden entsteht, wie leicht zu constatiren ist, Eisenoxydulverbindung, die aber bei Zutritt von Sauerstoff sehr bald wieder in Oxyd umgewandelt wird; wo daher eisenhaltige, leicht angreifbare Mineralbestandtheile neben faulenden organischen Stoffen im Erdboden enthalten sind, bilden sich Bodenwässer, welche reich an Eisencarbonat sind und an der Luft sich schnell mit einer schillernden Haut von Eisenoxydhydrat bedecken. Treten die Wässer nicht zu Tage, so bilden sich an der Berührungsfläche mit der Luft Rasen- oder Sumpferz.

Ein Mangel an Eisen kann an der Erdoberfläche bekanntlich nur sehr local beschränkt vorkommen.

Kupfer.

§ 29. Kupfer ist ein äusserst häufiger, wenn nicht constanter Bestandtheil der Leber und der Galle von Menschen, Hunden u. s. w. Es ist dies Metall ferner gefunden im Blute von Cephalopoden, Krebsen, Gastropoden und Cephalophoren. In welchen Verbindungen das Kupfer sich hier befindet, ist nicht bekannt, dagegen giebt *A. H. Church* an, dass ein rother Farbstoff, den er aus den Flügelfedern von 4 Species von Turaco ausgezogen hat, 5,9 pCt. Kupfer enthält; er hat diesen merkwürdigen Farbstoff Turacin genannt. In schwarzen, im Uebrigen fast allein aus Bilirubinkalk und aus kohlensaurem Kalk bestehenden Gallenconcrementen vom Menschen findet sich Kupfer, wie es scheint, constant. Auch in zahlreichen Pflanzen, besonders auch in Getreidesamen, ist Kupfer in Spuren aufgefunden, ohne dass man irgend eine Beziehung dieses Metalls zu den Lebensprocessen bis jetzt hat ermitteln können.

Die weite Verbreitung von Spuren Kupfer an der Erdoberfläche, und hinsichtlich des Menschen und der Hausthiere die allgemeine Benutzung kupferner Gefässe für Speisen u. s. w. lassen es erklärlich erscheinen, dass Kupfer sehr verbreitet in den Organismen sich findet. Andererseits ist jedoch sehr zu beachten, dass mit Ausnahme von Eisen wohl kein Metall leichter bei der chemischen Untersuchung Verunreinigungen herbeiführt als das Kupfer, dessen Oxyde von Wasserbädern, Stativen und Gasbrennern her in Staub aufwirbelnd äusserst leicht in die untersuchten Proben der Flüssigkeiten und Organstücke gelangen.

Mangan, Zink, Blei, Quecksilber, Arsen.

§ 30. Eine Anzahl verschiedener Metalle kann durch Zufall in die Organismen gelangen und, hier einige Zeit zurückgehalten, ohne Nachtheil und ohne wesentliche Einwirkung auf die Lebensprocesse verweilen. So findet sich Mangan, der gewöhnliche Begleiter des Eisens, sehr häufig in pflanzlichen und thierischen Aschen, so hat man ferner, wenn auch viel seltener, Spuren von Zink gefunden, und es würde vielleicht bei der Verbreitung dieses Metalls und seiner vielfältigen Anwendung in der Technik u. s. w. noch viel häufiger gefunden sein, wenn man genauer danach gesucht hätte. Mangan und Zink sind beide in geringen Spuren, wie sie sich finden, ohne Einwirkung auf die normalen Functionen der Organe. Blei, Quecksilber und Arsen, welche wichtige Arzneistoffe liefern, üben ebenso wie Barium und Antimon sehr bestimmte Einwirkungen auf die Lebensfunctionen, selbst wenn sie in geringen Quantitäten in die Säfte von Thieren oder Pflanzen gelangen, und nur die allergeringsten, kaum nachweisbaren Spuren scheinen ohne wesentliche Störung ertragen zu werden.

Kieselsäure.

§ 31. Man hatte bis zu den letzten Jahren angenommen, dass von Siliciumverbindungen allein die Kieselsäure sich an der Bildung von Organen in den Organismen betheiligte, neuerdings ist aber von *Ladenburg*[1] bei Gelegenheit der Darstellung eines siliciumhaltigen Alkohols und der Silicopropionsäure die Möglichkeit besprochen, dass organische Siliciumverbindungen in den Pflanzen gebildet würden, und *Grimaldi*[2] glaubt sogar die Zersetzung von in Wasser gelöster Kieselsäure durch grüne Pflanzentheile unter Sauerstoffentwicklung beobachtet zu haben. Es ist nicht ersichtlich, wie man sich hiervon überhaupt bei der mangelhaften Kenntniss, die wir über die pflanzlichen Lebensprocesse besitzen, bestimmt überzeugen kann; es muss vorläufig diese Angabe als ungenügend nachgewiesen betrachtet werden, auch die Vermuthung von *Ladenburg* ist vorläufig noch ohne eine Stütze und es steht andererseits nichts der Ansicht entgegen, dass die Siliciumablagerungen, die wir in den Panzern der

[1] Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1872. S. 568.
[2] Ebendas. 1872. S. 437.

Bacillarien, in den Epidermisgebilden und Zellenwänden der Equiseten, Gramineen, Cyperaceen, Carices, der Deutzia scabra und vielen anderen Pflanzen finden, einfache Ablagerungen von Kieselsäure seien, ebenso wie wir in den Resten von Organismen z. B. Belemniten, Muscheln u. s. w., in Gesteinschichten der Kreide und anderen eine Imprägnirung mit Kieselsäure so häufig ausgebildet sehen und wie man in Harnblasenconcrementen vom Schaf concentrische Ablagerungen fast reiner Kieselsäure nicht allzu selten findet.

Auch in den Haaren von Menschen und Säugethieren, sowie in den Federn der Vögel hat man einen reichlichen Siliciumgehalt gefunden. *Gorup-Besanez*[1] fand in weissen Gänsefedern 1,47 pCt. SiO_2, in der Asche 38,46 pCt. In den Spulen 0,09, im Mark 0,57; in schwarzen Elsterfedern 1,51, in grünen und blauen Papageifedern 1,19, in schwarzen Storchfedern 0,94, in trockenen Igelstacheln 0,18 pCt. SiO_2. *Poleck*[2] erhielt aus dem Eiweiss des Hühnereies viel SiO_2, dieselbe betrug 7 pCt. der Asche. Alle diese Angaben bedürfen jedoch noch sehr einer genaueren Untersuchung, da, ausgenommen das Eieralbumen, es sich nur um Organe handelt, aus denen der Staub, der stets reich an Kieselsäure ist, sich recht schwer entfernen lässt und Irrungen durch denselben leicht entstehen können.

Der Harn von grasfressenden Thieren, von Pferden, Rindern, Schafen enthält stets gelöste Kieselsäure in leicht nachweisbaren Quantitäten, und es ist hieraus das nicht seltene Vorkommen von Harnconcrementen, die fast allein aus SiO_2 bestehen, bei Schafen recht wohl erklärlich.

Die Bodenwässer bieten den Pflanzen nur äusserst wenig lösliche Kieselsäure dar, und es kann daher für sie ein Mangel daran leicht vorkommen, doch fehlen in dieser Richtung noch genügende Erfahrungen; vorläufig darf wohl angenommen werden, dass bei eintretendem Mangel an Kieselsäure die Stengel der Gräser nicht die genügende Starrheit und Tragkraft erhalten. Für das Leben der höheren Thiere ist eine Betheiligung der Kieselsäure an den eigentlichen Lebensprocessen nicht nachgewiesen.

---

[1] Ann. Chem. Pharm. Bd. LXI, S. 47. 1847.

[2] *Pogg.* Ann. Bd. LXXVI, S. 360.