

Theorien
über die
Zukunft der Erde.

Von

DR. M. NEUMAYR,

k. k. Universitäts-Professor.

Vortrag, gehalten am 14. December 1881.



Bei populären Vorträgen, wie sie in diesem Vereine gehalten werden, hat sich mit Recht die Gewohnheit eingebürgert, entweder das Wichtigste aus einem speciellen Gebiete des Wissens übersichtlich darzustellen, mit einem neuen Fortschritte bekannt zu machen, oder eine der herrschenden Theorien dem allgemeinen Verständnisse näher zu rücken. Es bedarf wohl einiger Entschuldigung, wenn ich heute von dieser Gepflogenheit abweiche und meinen Gegenstand grossentheils auf einem anderen Gebiete, auf dem Gebiete der Kritik suche, deren Resultate zwar in der Regel nicht zu den erfreulichsten Leistungen zu gehören pflegen, deren Wirken aber für eine gesunde Entwicklung der Wissenschaft eine unerlässliche Bedingung ist, wenn diese nicht mit unrichtigen Beobachtungen und unbewiesenen Hypothesen überschwemmt werden soll.

Gestatten Sie mir heute von diesem Standpunkte aus, einige Hypothesen zu beleuchten, welche für uns von grösstem Interesse sind, da sie die Zukunft der Erde und ihrer Bewohner betreffen, und welche auch in populären Büchern und Vorträgen eine weite Verbreitung gefunden haben.

Ein Blick auf die geologische und palaeontologische Ueberlieferung zeigt, dass unser Planet und seine Be-

völkerung steter Veränderungen unterworfen ist. Die Erde hat sich aus einem nebelartigen Gasball verdichtet, sie ist durch Erstarrung in den festen Zustand übergegangen; ihre Oberfläche erleidet fortwährende Umgestaltung; der Charakter der Thier- und Pflanzenwelt ist eben solchem Wechsel und einer steten Erneuerung unterworfen, die Formen die in einer Periode die herrschenden waren, sind in der nächsten verschwunden, und keine von allen hat sich ohne wesentliche Umgestaltung durch längere geologische Zeiträume erhalten.

Gewiss ist der Schluss berechtigt, dass dieselben Vorgänge auch in künftiger Zeit fort dauern werden und wir sind auch nicht befugt für uns selbst, für das Menschengeschlecht, eine Ausnahme zu erwarten. Wenn wir aber auch zu dem Schlusse kommen, dass das Jetzige nicht ewigen und unveränderten Bestand haben könne, so müssen wir doch bei Speculationen über die Art und Weise, in welcher von wissenschaftlichem Standpunkte aus Veränderungen zu erwarten sind, mit äusserster Vorsicht zu Werke gehen. Es sind zweierlei Methoden, durch welche wir Schlüsse auf die zukünftige Gestaltung ableiten können; die eine derselben fasst die früheren Zustände und die gegenwärtigen Veränderungen der Erde in's Auge und sucht auf diese ihre Folgerungen zu stützen. Die zweite geht vom Vergleiche der anderen Körper unseres Sonnensystems, der übrigen Planeten aus, welche im Grossen und Ganzen denselben Verhältnissen und Gesetzen wie die Erde unterworfen sind.

Aus der Benützung dieser beiden Methoden hat sich in neuerer Zeit namentlich eine Hypothese entwickelt, welche unsere Zukunft in ziemlich trostlosem Lichte erscheinen lässt; die Wärme soll allmählig abnehmen, Wasser und Luft von der Erde eingesaugt werden, alles organische Leben soll in Folge dieser Vorgänge zu Grunde gehen, bis schliesslich unser Planet als wüste, starre Ruine seine vorgeschriebenen Kreise um die Sonne beschreibt; und in der That lassen sich zahlreiche Thatsachen anführen, welche diese Auffassung zu unterstützen scheinen.

Zu den wichtigsten Bedingungen für den Bestand organischen Lebens auf der Erde, gehört in erster Linie ein entsprechender Grad von Wärme, das Vorhandensein von Wasser und einer Atmosphäre, unter deren Bestandtheilen der für die Athmung der Thiere nothwendige Sauerstoff und Kohlensäure, die Grundbedingung pflanzlichen Wachstums, unerlässlich sind. Sobald einer dieser Factoren fehlt, oder nicht genügend vorhanden ist, ist der Tod die unausbleibliche Folge für alle Organismen.

Die Möglichkeit, dass ein solcher Fall eintrete, scheint in der That nahe zu liegen, denn von all' diesen Erfordernissen findet ein immenser Verbrauch statt, der möglicher Weise zur Erschöpfung des Vorraths führen kann.

Wenn wir in einem Bergwerke den nächsten besten Stein aufheben, so finden wir, dass er nicht vollständig trocken, sondern von der sogenannten Bergfeuchtigkeit durchdrungen ist. Wohl beträgt der Wassergehalt des Gesteines eine verhältnissmässig geringe Ziffer, welche wenig bedeutend erscheint, wenn wir uns aber die ganze

Erde als eine von Bergfeuchtigkeit durchdrungene Gesteinskugel vorstellen, so würde diese eine Wassermenge enthalten, gegen welche der ganze Ocean ein verhältnissmässig kleines Quantum darstellt. Nun ist aber ein grosser Theil unseres Erdinnern sehr heiss und erst in dem Grade in welchem allmälige Abkühlung stattfindet, kann die Bergfeuchtigkeit abwärts dringen, und es ist daher sehr wohl denkbar, dass jene Tiefen im Verlaufe der Zeiten alle Meere, Seen und Flüsse aufsaugen und verschlucken, um sich mit Bergfeuchtigkeit zu durchtränken.

Allein nicht nur in dieser Form wird Wasser zurückgehalten, dasselbe tritt auch in chemische Verbindungen ein, es bilden sich wasserhaltige Mineralien verschiedener Art, welche weitere Mengen des flüssigen Elementes binden und zurückhalten.

Wie der Vorrath an Wasser so ist auch der an Sauerstoff in der Atmosphäre gefährdet; es gibt zweierlei Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff, das Eisenoxydul, in welchem eine geringere, und das Eisenoxyd, in welchem eine grössere Menge von Sauerstoff enthalten ist; das Oxydul, welches wir als Bestandtheil zahlreicher Gesteine kennen, nimmt in Berührung mit der Luft Sauerstoff auf und wird zu Oxyd; in grossen Tiefen der Erde sind, wie wir mit ziemlicher Sicherheit wissen, ungeheuerere Massen von gediegenem metallischen Eisen vorhanden, die sich ebenfalls mit der Zeit oxydiren werden, und gewiss reicht der Sauerstoff der Atmosphäre für diese Prozesse nicht hin.

Noch grösser ist der Verbrauch an Kohlensäure; die Silicat-Gesteine, welche den grössten Theil der Erdkruste

zusammensetzen, enthalten ausser Kieselsäure noch Thonerde, Eisen, Kalk, Magnesia, Kali, Natron; kommen mit diesen Gesteinen kohlenensäurehaltige Wässer, wie sie in allen Gebirgsklüften circuliren, in Berührung, so zersetzt die Kohlensäure langsam im Verlaufe der Jahre die Silicate, aus einem grossen Theile ihrer Bestandtheile bilden sich kohlen-saure Salze, diese gelangen mit der Circulation des Wassers in Flüsse, Seen und in's Meer und liefern hier den zahllosen Geschöpfen, welche Skelete oder Gehäuse aus kohlen-saurem Kalke besitzen, Material zur Bildung dieser Harttheile. Wir können mit voller Sicherheit sagen, dass alle Kalklager der Erde diesem Vorgange entweder unmittelbar, oder auf Umwegen ihren Bestand verdanken, mithin alle ihre Kohlensäure der Atmosphäre entzogen haben.

Um uns von der Bedeutung dieser Thatsache Rechenschaft zu geben, müssen wir uns daran erinnern, dass der kohlen-saure Kalk, der reine Kalkstein, in 100 Gewichtstheilen 44 Theile Kohlensäure enthält, während in 10.000 Theilen unserer atmosphärischen Luft nur etwa 6 Theile Kohlensäure vorhanden sind. Eine einfache Rechnung ergibt, dass dieser ganze Vorrath gerade ausreichen würde, um eine anderthalb Centimeter dicke Lage von kohlen-saurem Kalk um die ganze Erde zu bilden, und dass sie bei weitem nicht genügen würde, um z. B. die Menge von Kalkstein zu erzeugen, welche in einem so winzigen Stücke der Erdoberfläche, wie die Alpen, vorhanden ist. Da ferner die neueren Tiefseeuntersuchungen gezeigt haben, dass über einen grossen Theil des Meeresbodens

eine fortwährende Ablagerung von kalkigem Sediment vor sich geht, so müssten wir annehmen, dass in sehr kurzer Zeit, vielleicht in 2000—3000 Jahren das Ende des Lebens bevorstehe.

Mit der Kalkbildung wirkt die Wachsthumsthätigkeit der Pflanzen zusammen, die bekanntlich ihren gesammten Bedarf an Kohlenstoff dem Kohlensäurevorrath der Atmosphäre entnehmen; wohl wird ein Theil des Verbrauchten durch die Verwesung und durch den Athmungsprocess der Thiere wieder zurückerstattet, allein durchaus nicht Alles; die Kohlenlager und Petroleumvorkommnisse, die bituminösen Substanzen vieler Gesteine aus alter und neuerer Zeit beweisen, dass aus dem Kreislaufe des organischen Lebens stets eine ansehnliche Menge von Substanz zurückbehalten wurde, und denselben Process der Aufspeicherung sehen wir noch heute in der Bildung der Torfmoore und einer Reihe ähnlicher Vorkommnisse in Thätigkeit.

Wir finden demnach das Leben auf der Erde durch steten Consum dreier wichtigster bedingender Elemente gefährdet; zuerst müsste die Kohlensäure, dann Wasser und Sauerstoff verschwinden, der erstorbene Planet würde nur mehr von einer Hülle von Stickstoff umgeben sein. Allein auch die Wärme, die nicht minder als das Vorhandensein jener Stoffe für den Bestand der Organismen nothwendig ist, wird nicht immer in derselben Menge vorhanden sein; die Sonne, der wir die belebende Wärme verdanken, strahlt in den kalten Weltraum unausgesetzt ungeheure Mengen von ihrem Vorrathe aus, und so gross dieser auch

sein mag, so wird doch endlich eine Erschöpfung desselben und endlich volle Erstarrung eintreten.

Zur Bestätigung dieser Annahmen werden die Beobachtungen an anderen Gliedern des Planetensystems angeführt, unter denen namentlich Mars und Mond von Bedeutung sind; diese Körper, welche kleiner sind als die Erde, müssen natürlich ihren Lebensprocess, wenn man so sagen darf, rascher durchlaufen und müssen demnach auf einem vorgeschritteneren Stadium in jener eben geschilderten Verkümmernng und Erstarrung sein. Der Planet Mars ist von der Sonne etwa dreissig Millionen Meilen entfernt, sein Durchmesser ist 909 Meilen, also etwas mehr als die Hälfte von dem der Erde; seine Oberfläche beträgt etwa $\frac{3}{10}$, sein Volum $\frac{1}{7}$, seine Masse $\frac{1}{10}$ von derjenigen der Erde; seine Oberfläche ist schon von einer Reihe von Astronomen, vor allem aber in neuerer Zeit (1877) von Schiaparelli in Mailand untersucht worden, der eine möglichst genaue Karte seines südlichen Theiles entworfen hat; eine ebensolche Karte der nördlichen Halbkugel soll in den letzten Wochen erschienen sein, ist mir aber bis jetzt noch nicht zu Gesicht gekommen.

Wenn man von verschiedenen hellglänzenden Partien absieht, die in Form und Lage rasch wechseln und sicher nichts anderes als Wolken und Nebel sind, so unterscheidet man auf der Oberfläche des Mars zweierlei Bestandtheile, nämlich hellere, röthliche, und dunklere, bläuliche oder grünliche Stellen, welche in ihrer Lage und Begrenzung keine Veränderung zeigen und von denen die ersteren Festländer, die letzteren Meere dar-

stellen. Ausserdem sieht man auf der nördlichen wie auf der südlichen Halbkugel je einen glänzendweissen Fleck, der im Winter sehr gross ist, im Sommer der betreffenden Halbkugel stark zusammenschrumpft; es sind das offenbar Schneefelder, welche die Umgebung des Pols in der kalten Jahreszeit bedecken.

Von den Resultaten der Marsbeobachtung ist für die hier vorliegende Frage vor allem von Wichtigkeit, dass das vom Meere bedeckte Areal auf dem Mars bedeutend geringer ist als auf der Erde und nur etwa die Hälfte der ganzen Oberfläche beträgt, ferner dass Wolken und Nebel dort in geringerer Menge und Intensität aufzutreten scheinen als bei uns. Beide Erscheinungen stimmen sehr gut mit der Annahme überein, dass der Mars schon einen Theil seines Wassers eingesogen habe und stützen mithin die Hypothese, dass auch auf der Erde ein ähnlicher Vorgang stattfindet.

Dasselbe Ergebniss liefert uns eine Betrachtung unseres Trabanten, des Mondes; auf seiner von zahllosen kraterförmigen Ringgebirgen bedeckten Oberfläche haben die eingehendsten Untersuchungen nichts von Wasser oder von Atmosphäre erkennen lassen, und wenn von letzterer vielleicht auch eine geringe Menge vorhanden sein sollte, zu klein um für uns sichtbar zu werden, so ist dies doch jedenfalls nur eine so minimale Spur, dass sie für uns nicht in Betracht kommen kann; beim Monde wäre demnach der Process der Absorption vollendet, derselbe wäre schon in dem letzten Stadium der Erstarrung angelangt, das der Erde einst bevorstehen soll.

So plausibel es nun auch scheinen mag in solchen Analogien eine sichere Bestätigung der Hypothesen über die Zukunft der Erde zu erblicken und in Folge dessen die Richtigkeit dieser für erwiesen zu betrachten, so zeigt doch eine nähere Prüfung, dass die Sache nicht so klar liegt; beim Monde muss es vor allem auffallen, dass hier nicht nur Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure verschwunden sind, sondern auch der Stickstoff, von dem durchaus nicht einzusehen ist, auf welchem Wege er den anderen Bestandtheilen der luftigen Hülle gefolgt sein soll. Wenn überhaupt solche Analogien von Werth sein sollen, so setzen sie nothwendig die Annahme voraus, dass die ursprüngliche Zusammensetzung der Atmosphäre von Erde, Mars und Mond übereinstimmend oder doch sehr ähnlich gewesen seien; nun besteht bekanntlich unsere atmosphärische Luft zu $\frac{4}{5}$ aus Stickstoff und man müsste daher erwarten, dass dieser trotz aller Vorgänge auf dem Monde noch eine sehr grosse Rolle spiele; das ist aber nicht der Fall, von Stickstoff ist so wenig als von Sauerstoff eine Spur vorhanden.

Es ist jedoch in neuerer Zeit eine Thatsache bekannt geworden, welche von ungleich grösserer Bedeutung für die vorliegende Frage ist, als diese Erwägungen; bekanntlich befindet sich in unserem Sonnensysteme in dem weiten Raume zwischen Mars und Jupiter die grosse Menge der Asteroiden oder kleinen Planeten, von denen keiner auch nur entfernt die Grösse des Mondes erreicht; man müsste also mit Sicherheit annehmen, dass bei ihnen schon längst jede Spur einer Atmosphäre verschwunden sei, und doch

hat Vogel, ein ausserordentlich scharfer und gewissenhafter Beobachter, durch seine überaus mühsamen Spectraluntersuchungen an Vesta, dem grössten der Asteroiden, das Vorhandensein einer Lufthülle constatirt, obwohl Vesta nur 59 Meilen Durchmesser hat, also, an Volum nicht einmal $\frac{1}{500}$ des Mondes ausmacht.

Nach einer solchen Thatsache gibt es nur mehr eine mögliche Deutung, und diese ist, dass nicht alle Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems mit quantitativ und qualitativ nahezu übereinstimmenden Atmosphären versehen waren, und dass die jetzt vorhandenen Unterschiede sich nicht nur auf den Grad beschränken, bis zu welchem die Absorption bei den einzelnen Körpern vorgeschritten ist; wir müssen im Gegentheil annehmen, dass in dieser Richtung von allem Anfange an die tiefgreifendsten Verschiedenheiten vorhanden waren. Sobald dies aber der Fall ist, fällt die ganze Beweiskraft des gegenwärtigen Zustandes von Mond und Mars für die Zukunft der Erde in sich zusammen; es ist kein Grund, warum unser Planet nicht dem Beispiele der Vesta statt demjenigen des Mondes folgen sollte.

Wenn wir nun auch aus dem Vergleiche des gestirnten Himmels keine Beweise für das künftige Schicksal unserer Atmosphäre ableiten können, so sind damit allerdings noch nicht diejenigen Anhaltspunkte widerlegt, welche aus der Betrachtung der Vorgänge auf der Erde abgeleitet wurden: wir haben früher gesehen, dass eine Reihe von fortwährend thätigen Processen Kohlensäure, Sauerstoff und Wasser absorbiren, und es ist vollständig

klar, dass dadurch der Vorrath an diesen wichtigen Lebens-
elementen vermindert und endlich erschöpft werden muss,
wenn der Verbrauch nicht auf irgend eine Weise gedeckt
wird. Dass ohne fortwährenden Ersatz die Kohlensäure
in aller kürzester Zeit verschwinden müsste, wurde schon
hervorgehoben, und wird wohl auch allgemein anerkannt,
und in diesem Falle liegt es auch auf der Hand, auf
welchem Wege eine stete Zufuhr erfolgt. Es ist bekannt,
dass an zahllosen Punkten der Erde kohlensäurehaltige
Quellen, die sogenannten Säuerlinge, aus dem Boden her-
vorbrechen, an manchen Orten, namentlich in vulkanischen
Gegenden, entströmt der Erde in den sogenannten Mofetten
trockenes Kohlensäuregas, und die Menge dieses Stoffes,
welche auf diesen beiden Wegen der Atmosphäre zukömmt,
ist eine ausserordentlich bedeutende; so liefert die ein-
zige Quelle, welche aus dem Bohrloche von Neusalzwerk
entspringt, jährlich etwa 14.000 Kilogramm Kohlensäure,
und wenn wir die erstaunliche Menge solcher Vorkomm-
nisse berücksichtigen, so können wir an der Ergiebigkeit
dieser Zufuhr nicht zweifeln, wenn wir dieselbe auch
nicht entfernt in Zahlen abschätzen können. Nur so viel
können wir mit Sicherheit sagen, dass dieselbe den Con-
sum nicht oder nur höchst unbedeutend übersteigen kann,
da sonst der Kohlensäuregehalt der Luft kein so geringer
sein könnte, als er in Wirklichkeit ist; auf der anderen
Seite kann aber auch in entgegengesetzter Richtung
kein sehr nennenswerther Unterschied vorhanden sein;
Säugethiere können in einer Luft von einigemassen nam-
haften Kohlensäuregehalt nicht ungehemmt athmen, und

wir können daraus folgern, dass in den vielen Millionen Jahren seit dem ersten Erscheinen der Säugethiere in der Triasformation die Verminderung nur einen geringen Betrag erreichen kann. Der Umstand, dass nachweisbar in einer kohlen säurereichen Atmosphäre das Pflanzenwachsthum ein sehr üppiges ist, macht es wahrscheinlich, dass Reichthum der Vegetation und Kohlen säuregehalt der Luft sich gegenseitig reguliren und in Folge dessen überhaupt keine wesentliche Vermehrung oder Verminderung stattfindet.

Wenn wir in dieser Weise für jetzt einen Ersatz für den Kohlen säureverbrauch durch die Organismen und durch Kalksteinbildung und ähnliche Vorgänge sehen, so wissen wir doch noch nicht, woher dieser Ersatz kommt und für wie lange derselbe zureichen wird, und ob auch eine dem Verluste entsprechende Zufuhr von Wasser und von Sauerstoff stattfindet. Die Beantwortung dieser Fragen ist eine sehr schwierige und nöthigt uns, etwas näher auf die Bildungsgeschichte der Erde und ihre wahrscheinlichen Zustände in früher Urzeit einzugehen.

Nach der bekannten Theorie von Kant und Laplace, deren Richtigkeit durch eine ausserordentliche Menge wichtiger Thatsachen belegt wird, und die sich jetzt fast einstimmiger Annahme erfreut, ist die Erde aus einer rotirenden Nebelmasse entstanden, die sich von dem gewaltigen, damals viel ausgedehnteren Gasballe der Sonne losgelöst hat; durch allmälige Abkühlung begann dann eine Condensirung der Gase, eine gluthflüssige Kugel bildete sich, durch deren langsame Erstarrung

der jetzige Zustand unseres Planeten angebahnt wurde. In all' diesen Punkten stimmt die Mehrzahl der Forscher überein, die Schwierigkeiten beginnen erst, wenn wir fragen, ob eine Atmosphäre vorhanden und wie diese zu der Zeit beschaffen war, als die ganze Erde ein geschmolzener Ball war. Die Antworten, welche man auf diese Frage von verschiedenen Seiten erhält, sind sehr wesentlich verschieden, die einen nehmen an, dass damals eine überaus bedeutende, mächtige Atmosphäre vorhanden war, von welcher die jetzige nur mehr einen geringen Ueberrest darstellt, andere dagegen leugnen die Existenz einer solchen für jene frühe Urzeit vollständig.

Die erstere Auffassung hat sich jedenfalls einer viel grösseren Menge von Anhängern zu erfreuen, und ihre Argumente scheinen klar und einleuchtend; bei der ungeheuer hohen Temperatur, welche herrschen musste, als alle Gesteine und Metalle des Erdkörpers in flüssigem, geschmolzenem Zustande waren, konnte das Wasser sich nicht niederschlagen; alles was heute im Meere, in Seen und Flüssen fluthet, was auf Spalten und Klüften circulirt oder sich in unterirdischen Reservoirs ansammelt, was in Form von Bergfeuchtigkeit, oder in wasserhaltigen Mineralien gebunden ist, all' das musste nach dieser Ansicht in Dampfform die Erde umgeben; ebensowenig konnten bei dieser Hitze Verbindungen der Kohlensäure mit Kalk, Magnesia u. s. w. existiren, und es musste daher auch alle Kohlensäure, die heute in unseren Kalkgebirgen verdichtet ist, noch der Lufthülle angehören; dasselbe war mit den Bestandtheilen der jetzt existirenden

organischen Körper und Kohlengesteine der Fall, deren Vorhandensein mit jenen bedeutenden Hitzegraden unverträglich ist.

Der Druck dieser Atmosphäre, in welcher Wasserdampf und Kohlensäure die Hauptrolle gespielt haben würden, muss ein überaus hoher gewesen sein, es konnte sich also schon bei einer verhältnissmässig hohen Temperatur Wasser in tropfbar flüssiger Form abscheiden, und von diesem Zeitpunkte an wird der Beginn der Prozesse datirt, durch welche Bestandtheile der Lufthülle von der Erde eingesogen werden, deren vorläufiges Resultat der heutige Zustand ist, deren Endergebniss das besprochene Verschwinden von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser und damit das Erlöschen allen Lebens sein soll.

Eine solche Auffassung ist allerdings sehr einfach und scheint sehr natürlich, sie ist aber sehr weit davon entfernt, erwiesen oder auch nur wahrscheinlich zu sein; bei diesen Combinationen wird eine überaus wichtige, aber ganz allgemein viel zu wenig beachtete Eigenschaft der geschmolzenen Massen nicht in Rechnung gezogen, die Eigenschaft Gase zu absorbiren.¹⁾

Wenn geschmolzenes Silber sich langsam abkühlt, und die Oberfläche schon fast ganz erstarrt ist, dann bilden sich da und dort Bläschen, welche platzen, es entweichen fort und fort Gase, kleine Stückchen und Tröpfchen von Metall werden dabei in die Höhe geschleudert, welche wieder zurückfallen und sich wallartig um die

¹⁾ Vgl. Reyer, Physik der Eruptionen.

Stellen anhäufen, aus welchen das Gas strömt. Dieser Vorgang, das „Spratzen“ des Silbers, rührt daher, dass das Metall in geschmolzenem Zustande Gase absorbiert enthält, die nun bei der Abkühlung und Erstarrung entweichen. Die Menge der Gase, welche auf diese Weise vom geschmolzenen Metalle aufgenommen und mechanisch gebunden werden können, sind wohl je nach Umständen sehr verschieden, doch sind sehr wenige genaue Untersuchungen über diesen Gegenstand gemacht worden; jedenfalls kann das Quantum ein sehr bedeutendes sein, und speciell vom Silber weiss man, dass es unter günstigen Verhältnissen zweiundzwanzigfach sein eigenes Volumen an Sauerstoff absorbiren kann.

Dieselbe Erscheinung zeigt sich bei vielen anderen Metallen, und in besonders auffallender Weise tritt sie uns bei dem Bleioxyde, der sogenannten Bleiglätte, wie sie bei der Verhüttung der Bleierze erzeugt wird, entgegen. Giesst man eine Quantität geschmolzener Bleiglätte auf eine kalte Unterlage, z. B. auf die Platten eines mit Steinen gedeckten Bodens, so findet ein überaus heftiges und lebhaftes Spratzen statt, aus einer Oeffnung dringen die Gase hervor, schleudern beträchtliche Mengen der glühenden Masse in die Luft, die sich zu einem ganz ansehnlichen Schlackenkegel um die Auswurfsöffnung sammeln.¹⁾

Im grossartigsten Maasstabe sehen wir denselben Vorgang in der Natur an den Vulkanen; geschmolzene Gesteins-

¹⁾ Ein solcher Spratzkegel von Bleiglätte aus Příbram wurde vorgelegt.

massen von absorbirten Gasen, vor allem von Wasserdampf, nächst dem von Kohlensäure durchdrungen, gelangen an die Oberfläche, und indem der auflastende Druck hiebei sinkt und Abkühlung eintritt, werden diese Gase frei, sie veranlassen die gewaltigen Explosionen, welche ganze Berge in die Luft blasen, als mächtige Dampf- wolke, aus der Gewitter sich entladen, umgeben sie den Gipfel und schleudern die Vulkanbomben und ungeheure Massen von vulkanischer Asche und Bimssteinen empor. Am anschaulichsten aber wird uns dieser Vorgang, wenn der Krater zerklüftet und aus dem gespaltenen Schlunde ein glühender Lavaerguss sich über die Flanken des Berges hinabwälzt; dichte Dampf- wolken bezeichnen den Weg des Feuerstromes, denn fortwährend entsteigen ihm die absorbirten Gase, die bei der Abkühlung frei werden; aus zahlreichen Rissen der erstarrenden Oberfläche brechen die „Fumarolen“ empor, geschmolzene und erstarrte Lavapartien mit sich reissend, die sich im Niederstürzen genau in derselben Weise, wie die Bleiglätte, nur in riesig vergrössertem Maassstab zu Schlackenkegeln um die Auswurfsöffnung anhäufen. Ja so riesig ist die Menge der ausströmenden Gase und so nachhaltig die Wirkung, dass manche Lavaströme noch viele Jahre hindurch aus Fumarolen heisse Wasserdämpfe entsenden.

Wir sehen also sowohl an den Vulkanen wie beim Experimente im Laboratorium, dass geschmolzene Massen Gase in bedeutender Menge absorbiren; bei hohem Drucke werden grössere Quantitäten aufgenommen, beim Nachlassen des Druckes und beim Erkalten und Erstarren der

Massen entweichen dieselben. Versetzen wir uns nun in jene Zeit zurück, in welcher die Masse der Erde sich zu tropfbar flüssigem Zustande verdichtete, so ist es klar, dass der ganze gluthflüssige Ball mit Gasen, mit Wasserdampf, Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff durchtränkt sein musste; mit der Erstarrung der Erdrinde begannen die absorbirten Gassmassen frei zu werden und von da an mussten stete Ausströmungen von solchen stattfinden. Wir wissen ja, dass auch auf der Sonne fortwährend Gaseruptionen von unglaublicher Intensität stattfinden, die für unseren Fall ein Analogon darstellen; von noch grösserem Interesse sind in dieser Richtung die plötzlich aufleuchtenden Sterne, von welchen die Astronomie einige verzeichnet. Sehr bekannt ist der Stern, dessen Erscheinen im Sternbilde der Andromeda von Tycho de Brahe im Jahre 1572 beobachtet wurde; derselbe erreichte ja übertraf die Venus an Glanz, verlor aber rasch wieder an Lichtstärke und war nach 17 Monaten dem freien Auge verschwunden und wurde erst in neuerer Zeit als winziges teleskopisches Sternchen wieder aufgefunden. In ähnlicher Weise leuchtete im Mai 1866 plötzlich ein heller Stern zweiter Grösse im Sternbilde der Krone auf, war aber nach wenigen Tagen nur mehr mit dem Teleskop zu sehen; genaue spectroscopische Untersuchungen liessen mit Sicherheit darauf schliessen, dass dieses Aufflammen einer gewaltigen Eruption von glühendem Wasserstoffe aus dem Inneren eines nur mehr schwach leuchtenden Sternes zuzuschreiben sei.

Die Dicke der starren Erdkruste ist jedenfalls eine ausserordentlich grosse und entsprechend gross müssen die Gasmassen sein, welche bei der Abkühlung frei wurden; eine genaue Schätzung derselben ist natürlich nicht möglich; wenn wir aber das verhältnissmässig geringe Quantum ins Auge fassen, welches Wasser und Luft der Oberfläche im Verhältniss zu jenen gewaltigen Tiefen ausmachen, so dürfen wir uns mit Recht fragen, ob denn ursprünglich eine Atmosphäre vorhanden sein konnte, ob nicht alle Gase von den geschmolzenen Massen absorbiert waren, und ob das Wasser unseres Meeres, die Luft unserer Atmosphäre nicht erst allmählig bei der Abkühlung und Erstarrung frei geworden, ob sie nicht im wahren Sinne des Wortes Eruptivproducte sind.

Jedenfalls sind wir absolut nicht zur Annahme berechtigt, dass von Anbeginn bis heute eine stete Abnahme von Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff stattgefunden habe, und ebensowenig liegt ein Beweis dafür vor, dass eine Verminderung jetzt stattfindet. Abkühlung und Zusammenziehung sind noch heute im Erdinnern thätig und senden uns Gase aus der Tiefe zu, welche den Entgang ersetzen, der, wie wir früher gesehen haben, fortwährend stattfindet. Ob dieser Ersatz ein ausreichender ist, wissen wir nicht; wir haben vorläufig keinen Anhaltspunkt um zu entscheiden, ob das Wasser des Meeres, die Luftmenge der Atmosphäre im Zunehmen oder im Abnehmen begriffen ist; und ebensowenig können wir irgend eine berechtigte Meinung darüber äussern, ob die aus dem Innern der Erde kommenden Gase auch für

die Zukunft den fortwährenden Entgang decken können oder nicht.

Eine kritische Discussion zeigt uns demnach, dass für die Richtigkeit der Annahme, dass das organische Leben auf Erden durch das Verschwinden von Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure von der Oberfläche erlöschen müsse, kein Beweis vorliegt; ebensowenig aber können wir behaupten, dass all' diese Lebenselemente stets in ausreichender Menge vorhanden sein werden; wir müssen einfach gestehen, dass unser Wissen noch nicht weit genug gediehen ist, um eine berechtigte Hypothese in dieser Richtung aufzustellen.

Aehnlich verhält es sich mit einer zweiten Ansicht, dass nämlich durch Abnahme der von der Sonne gespendeten Wärme die Bedingungen für die Existenz von Organismen auf unserem Planeten aufhören werden; dass in einer überaus weit entfernten Zeit eine solche Abkühlung eintreten werde, ist kaum zu leugnen, allein auch hier stellen sich Bedenken entgegen, die einen sicheren Schluss nicht gestatten.

Ich will hier auf diesen Gegenstand nicht eingehen aus dem einfachen Grunde, weil die Entscheidung über diese Frage ganz auf einem mir ferne liegenden, auf dem astronomischen Gebiete liegt. Gestatten Sie mir lieber, die Zeit, welche noch zur Verfügung steht, der Besprechung der schönen Beobachtungen von Schiaparelli über den Mars zu widmen und einige Folgerungen hervorzuheben, welche sich aus denselben für unsere Erde ergeben.

Von grösstem Interesse sind für den Geologen namentlich die Daten über die Vertheilung von Land und Wasser auf der Marsoberfläche. Obwohl das feste Land hier im Verhältnisse zur Erde ein viel grösseres Areal einnimmt, so fehlen unserem Nachbarplaneten doch alle grossen Continente, wir finden nur eine bedeutende Anzahl ansehnlicher Inseln, von denen die grosse Mehrzahl in einer breiten Zone um den Aequator liegen, während die polaren Gegenden von offenem Meere bedeckt sind. Zunächst liegt unter dem Aequator eine geschlossene dichtgedrängte Reihe von Inseln, welche nur durch schmale, der Mehrzahl nach von Nord nach Süd verlaufende Canäle von einander getrennt sind; mitten durch diesen äquatorialen Inselgürtel, dessen einzelne Glieder man mit Namen, wie Aëria, Arabia, Chryse, Memnonia u. s. w. belegt hat, verläuft um den ganzen Mars herum eine zusammenhängende Wasserstrasse, der „Nil“ und der „Oceanus.“ Südlich von diesem ersten folgt ungefähr zwischen 30. und 60. Breitengrad eine weitere Reihe etwas kleinerer Inseln, die aber keine geschlossene Kette bilden, sondern an zwei Stellen bedeutende Unterbrechungen erleiden, während noch weiter nach Süden nur mehr zwei Inseln folgen, die Schiaparelli als Thule Nr. 1 und Nr. 2 bezeichnet hat; die übrige Polarregion ist offenes Meer. Die nördliche Halbkugel ist noch nicht so genau durchforscht¹⁾,

¹⁾ Schiaparelli hat in der Zwischenzeit auch die nördliche Halbkugel des Mars untersucht, und das Resultat soll auch schon erschienen sein, doch konnte ich bis heute (14. December 1881) die betreffende Arbeit noch nicht erhalten.

doch herrschen auch dort ähnliche Verhältnisse wie im Süden, nur erstrecken sich die Inseln etwas weiter gegen den Pol und lassen geringeren Raum für das offene Meer.

Die grössten Inseln, welche auf dem Mars beobachtet wurden, z. B. Aëria haben etwa die Ausdehnung des europäischen Russlands; welchen Umfang die kleinsten besitzen, lässt sich natürlich nicht angeben; wir können sagen bis zu welcher Grösse herab Schiaparelli solche mit seinem Fernrohre noch unterscheiden konnte, aber es ist natürlich nicht der mindeste Grund an der Existenz kleinerer Landpartien zu zweifeln; Schiaparelli konnte Inseln von der Grösse Siciliens noch deutlich unterscheiden, Objecte wie das adriatische oder das rothe Meer waren sehr gut kenntlich, Wasserflächen von der Grösse des Golfs von Suez oder des Tanganikasees eben noch wahrnehmbar, während z. B. Meerescanäle von der Grösse der Dardanellen oder der Strasse von Malacca nicht mehr hervortreten. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass noch viele kleine Inseln sich der Beobachtung bis jetzt entzogen haben, und dass manche von den grossen, die man jetzt für einheitlich hält in Wirklichkeit in mehrere zerfallen. Schiaparelli gibt an, dass die bisher verzeichneten Canäle wohl nur die grössten Umrisse der Verzweigungen angeben; an manchen Stellen scheinen feine und in ihren Einzelheiten nicht mehr genau unterscheidbare Wasserfäden in's Innere des Landes einzudringen. Ja unter ganz ausnahmsweise günstigen Verhältnissen der Atmosphäre war es einige Male für Augenblicke als würde ein Schleier weggezogen, und nun schien die Oberfläche ein

feines Netzwerk schmaler Canäle und kleiner Inseln zu zeigen; aber so flüchtig waren diese Momente, dass keine genaue Beobachtung, ja kaum ein klares Bewusstsein des Gesehenen möglich war.

Ausser dem Fehlen grosser Continentalmassen und der Gruppierung zahlreicher Inseln um den Aequator ist namentlich noch eine Eigenthümlichkeit der Marsoberfläche hervorzuheben, es ist das Fehlen jeder Andeutung des Vorhandenseins von Gebirgen; nicht nur ist keine Spur von Bergen oder von ihrem Schatten zu sehen, es fehlen auch in der Aussenform des festen Landes und in seiner Abgränzung gegen das Meer durchaus jene energische Modellirung und die scharfausgesprochenen Linien, welche bei uns durch das Auftreten von Kettengebirgen, von grossen Bruchlinien, überhaupt durch grosse tectonische Störungen bedingt werden.

Um die Bedeutung eines solchen Verhältnisses zu verstehen, müssen wir die Verhältnisse auf der Erde in's Auge fassen; hier wird Umriss und Relief des festen Landes durch den fortwährenden Antagonismus zweier grosser Gruppen von geologischen Agentien gestaltet, die wir in Kürze als die Gebirgsbildung im weitesten Sinne auf der einen, als die Erscheinungen der Erosion oder Abtragung auf der anderen Seite bezeichnen können.

Die Vorgänge der Gebirgsbildung werden jetzt wohl mit Recht als Wirkungen der Zusammenziehung betrachtet, welche der Erdkörper dadurch erleidet, dass eine Abkühlung des sehr heissen, glühenden Erdinnern erfolgt; die Folgen dieser Zusammenziehung äussern sich in der

Bildung von Bruchlinien und Verwerfungsspalten, an denen grössere oder kleinere Schollen der Erdrinde absinken, ferner in der Faltung anderer Partien der Oberfläche, wodurch die Kettengebirge wie die Alpen, Karpaten, Pyrenäen, Apennin, der Himalaya, die Anden und noch viele andere ihre Entstehung gefunden haben. Es sind das nicht Ereignisse, welche plötzlich oder in kurzer Zeit stattfinden, sondern allmählig im Verlaufe langer Zeiträume eintreten und deren Fortdauer bis auf den heutigen Tag uns die Erdbeben beweisen.

Auf der anderen Seite sehen wir in erster Linie die abtragende Wirkung des Wassers, das durch Wind und Temperaturänderungen in seiner Thätigkeit unterstützt wird; die hochgelegenen Partien, die Gebirge, werden von diesen Agentien am stärksten angegriffen, mit etwas geringerer Energie wirken dieselben auf die Tiefländer; es ist hier nicht möglich auf die verwickelten Einzelheiten dieser Vorgänge einzugehen, es genügt auf die ungeheueren Massen von Schlamm und Sand, welche die Flüsse fortwährend dem Ocean zuwälzen, auf die Zerstörung, die dieser unaufhörlich durch seine Brandung an den Küsten verursacht, hinzuweisen, um von derausserordentlichen Bedeutung dieser Processe zu überzeugen. Es ist absolut sicher, dass ohne die Gegenwirkung der Gebirgsbildung auf diesem Wege alle Continente und Inseln bis zum Meeresspiegel abgetragen werden würden; man hat die hiezu erforderliche Zeit etwa auf eine Million Jahre zu berechnen gesucht, und wenn auch auf diese sicher zu geringe Zahl kein bedeutender Werth gelegt werden

darf, so mag sie doch zeigen, dass diese Wirkung gewiss im Laufe weniger Jahrmillionen eintreten würde.

Ein solcher Zustand wird eintreten, wenn das Innere der Erde soweit abgekühlt sein wird, dass keine starke Zusammenziehung der Erde mehr stattfinden kann, und in Folge dessen die Gebirgsbildung aufhören wird; da nun die Masse des Mars nur $\frac{1}{10}$ von derjenigen der Erde beträgt, da er überdies weiter von der Sonne entfernt ist, so muss bei ihm die Abkühlung weit rascher vor sich gegangen sein, und es ist daher bei der früher geschilderten Gestaltung seiner Oberfläche sehr wahrscheinlich, dass er sich in einem Zustande befinde, in welchem die Festlandspartien seiner Oberfläche nach Erlöschen der gebirgsbildenden Thätigkeit lediglich der Einwirkung der Erosion überlassen sind, die eine grosse Anzahl flacher Inselmassen zurückgelassen haben.

Es entsteht nun die Frage, ob die Erde in ihrer künftigen Entwicklung jemals eine ähnliche Gruppierung der Landmassen wird zeigen können, wie wir sie jetzt am Mars sehen; in erster Linie sieht dem die weit grössere Wassermenge auf unserem Planeten entgegen, in dessen gewaltigen Meeren selbst die Einschwemmung alles Materials von den Gebirgen und Hochebenen keine sehr ansehnliche Ausdehnung der Continente veranlassen wird. Nehmen wir aber auch für den Augenblick an, dass die Oberfläche der Erde den grössten Theil ihres Wassers verloren habe, so würde sich trotzdem aus der jetzigen Vertheilung von Land und Wasser, von der wir annehmen können, dass sie in ihren grossen Hauptzügen

sich seit uralten Zeiten gleich geblieben ist, nie unmittelbar eine ähnliche Concentrirung des Landes um den Aequator und des Meeres um den Pol ableiten lassen; immer wird die gewaltige nordsüdliche Rinne des atlantischen Oceans bestehen bleiben; immer wird sich das riesige Becken des stillen Oceans als eine ungeheure Depression zwischen Australien und Amerika erhalten, und ebensowenig wird Nordasien, Grönland, das polare Amerika oder die südpolare Landmasse verschwinden.

Trotzdem ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass durch eine Reihe geologischer Vorgänge auf Umwegen eine Annäherung an die Verhältnisse des Mars angebahnt werde; in neuester Zeit hat Suess auf eine Reihe von Thatsachen hingewiesen, welche es wahrscheinlich machen, dass in der Geschichte der Erde Perioden von sehr langer Dauer mit einander abwechseln, in welchen das Wasser des Meeres sich um die Pole, und solche in welchen es sich um den Aequator anhäuft; die polaren Gegenden zeigen uns jetzt bis zu einer sehr beträchtlichen Höhe über dem heutigen Wasserspiegel ehemalige Strandlinien des Meeres aus der Diluvialzeit, seit dieser Epoche ist also das Niveau des Meeres an den Polen gesunken, während die gewaltigen Korallriffe der Tropenmeere uns im Gegentheil ein Steigen des Oceans um den Aequator andeuten.

Ich will mich hier nicht auf eine längere Erörterung über die Bedeutung und Berechtigung dieser bis jetzt von ihrem Urheber erst kurz angedeuteten Auffassung einlassen; ich will nur darauf hinweisen, dass unter An-

nahme solcher periodischer Aenderungen des Wasser-
spiegels allerdings eine Anordnung des Landes, wie wir
sie am Mars sehen, sich ergeben muss. Denken wir uns
in einer Periode, wie wir sie jetzt auf der Erde haben,
d. h. in einer Periode hohen äquatorialen Wasserstandes
alle Continente bis nahe an den Meeresspiegel durch
Erosion abgetragen, und es würde nun innerhalb sehr
langer Zeiträume ein Abfließen des Wassers nach den
Polen erfolgen, so würde an diesen alles Land überfluthet;
um den Aequator aber wäre das Meer bedeutend seichter
geworden, die Continente würden wieder erheblich über
das Meer hervorragen, die Erosion würde von neuem
wirken, abermals würde sie Alles bis zum Wasserspiegel
abtragen und dieses Material am Meeresboden ablagern.
Tritt dann wieder eine entgegengesetzte Bewegung des
Wassers ein, so werden die Aequatorialländer unterge-
taucht, die Polarländer steigen empor, und solche Perio-
den werden wiederholt mit einander wechseln können.
Auf dem Mars hätten wir demnach jetzt eine Anhäufung
des Wassers an den Polen, d. h. eine dem jetzigen Zustande
der Meere auf der Erde entgegengesetzte Anordnung.

Es ergibt sich also aus unserer Betrachtung des Mars,
dass auf Planeten mit wenig Meerwasser, nach dem Auf-
hören der gebirgsbildenden Thätigkeit eine Gruppierung
aller Landmassen um die Pole, oder wie bei dem Mars um
den Aequator eintreten muss, unter der Voraussetzung dass
Schwankungen in der Vertheilung des Wassers eintreten,
wie sie das Studium der Erde wahrscheinlich gemacht hat.
