

Entstehung, Entwicklung und Zukunft des Erdballes.

Von

KARL ENGELHARD,

Ingenieur der K. F. Nordbahn, Professor der Wiener Handelsakademie,
Verwaltungsrath des allgemeinen Beamten-Vereins der öst.-ung. Monarchie.

Vortrag, gehalten am 20. November 1872.

Geehrte Versammlung!

In der vorigen Vereinssaison bin ich, auf Wunsch der Vereinsleitung, zum Erstenmale vor dieses hochansehnliche Auditorium getreten. Die schmeichelhafte Aufnahme, welche Sie meinem ersten Versuche zu Theil werden liessen, ermuthigte mich, auch heuer einer Einladung der geehrten Vereinsleitung Folge zu geben, und, wie von mir gewünscht wurde, einen Cyclus von Vorträgen zu übernehmen.

Die Themata, welche ich für meine drei Vorträge wählte, sind werth, von Gelehrten ersten Ranges behandelt zu werden. Nachdem es aber in diesem Verein Hauptaufgabe des Vortragenden ist, die Zuhörer mit den Resultaten der Naturwissenschaften in leichtfasslicher Weise bekannt zu machen und zu weiterem Selbststudium anzuregen; so hoffe ich die zu diesem Zwecke nöthige Kraft zu besitzen, ohne selbst Fachgelehrter zu sein.

Mein heutiger Vortrag handelt von der Entstehung, Entwicklung und Zukunft des Erdballes. Ueber die Entstehung und Zukunft der Erde lassen sich nur Hypothesen aufstellen; bloss die Entwicklung

der Erde lässt sich, gestützt auf ein reiches Beweismaterial, leichter verfolgen. Bevor ich auf das Detail eingehe, scheint es mir zweckmässig zu sein, etwas über das Erkennen und Erklären der Naturerscheinungen, sowie über die Eigenschaften und den Werth wissenschaftlicher Hypothesen vorzuschicken.

Zur Erkenntniss der Naturerscheinungen gelangen wir entweder durch Beobachten, d. i. aufmerksames, nöthigenfalls lang fortgesetztes sinnliches Wahrnehmen jener Zustände und Veränderungen, welche an den Körpern ohne unsere Einwirkung, lediglich durch das uneingeschränkte, sich selbst überlassene Wirken der Naturkräfte hervorgebracht werden; ferner durch Experimentiren, indem man nämlich mit den Körpern in bestimmter Absicht solche Veränderungen vornimmt, welche durch die Naturkräfte allein entweder niemals, oder nicht in solchem Grade, oder erst in viel späterer Zeit eingetreten wären.

Wenn wir nun in Folge unserer Beobachtungen oder Experimente die Ursache einer Naturerscheinung anzugeben vermögen, so ist die Erscheinung erklärt; und wenn wir Alles, was zur Erklärung einer Erscheinung unsererseits angeführt wird, entweder durch sinnliche Wahrnehmung gefunden haben, oder es ist von der Art, dass wir es für wahr halten müssen, wenn wir nicht an unserem Verstande und an den zwingenden Schlüssen der Denkgesetze zweifeln sollen; so ist die gegebene Erklärung nach unseren Begriffen eine wahre.

Wir sind aber nicht immer im Stande, eine solche wahre Erklärung der Naturerscheinungen zu geben. Was sollen wir nun thun, um dem unersättlichen Wissensdrange einigermaßen Genüge zu leisten? Es bleibt dann nichts Anderes übrig, als zu einer Erklärung unsere Zuflucht zu nehmen, deren wesentlicher Inhalt nicht durch Beobachten gefunden worden ist, nicht durch Experimente wiederholt nachgewiesen werden kann, auch nicht durch die Verstandesoperationen nothwendigerweise sich ergibt; mit einem Worte, wir müssen zu einer Erklärung greifen, die zwar nicht ganz gewiss, aber höchst wahrscheinlich ist, weil sie 1) mit den bis jetzt errungenen Ergebnissen der Erfahrung viel Analoges aufzuweisen hat, und weil sie 2) mit den Denkgesetzen nicht in Widerspruch steht. Eine solche wahrscheinliche, einstweilen als wahr angenommene Erklärung nennen wir eine Hypothese.

Es könnte entgegnet werden, dass es wohl besser wäre, auf jede Erklärung lieber zu verzichten, wenn es nicht möglich ist, eine im früher angegebenen Sinne wahre Erklärung einer Naturerscheinung zu finden. Dem ist jedoch nicht so; denn will man eine Naturerscheinung auch nur hypothetisch erklären, so muss man sie unermüdlich beobachten, bis ins kleinste Detail eindringen; man muss sie mit anderen Erscheinungen vergleichen und ihren Zusammenhang mit diesen erforschen. Auf diese Weise bringen wir in das Heer der Naturerscheinungen jene innige Wechselbeziehung zwischen Ursache und Wirkung, jenes Zurückführen

des Vielfachen auf die Einheit, ohne welches es uns gar nicht möglich wäre, die Naturgesetze zu überblicken, zu begreifen und uns zu Nutze zu machen. Wenn es uns daher auch nicht gelungen sein sollte, die wahre Erklärung einer Erscheinung zu finden; so ist es nothwendig, mindestens aber sehr nützlich, einstweilen eine hypothetische Erklärung aufzustellen. Diese führt oft zur Auffindung neuer fruchtbringender Wahrheiten, die sonst vielleicht unbekannt geblieben wären; auch wird durch die hypothetische Erklärung meistens die wahre vorbereitet.

Aber nicht jede Hypothese, die in der Studirstube ausgeheckt wird, findet in der Wissenschaft dauernde Aufnahme. Es wird nämlich gefordert, dass die aufgestellte Hypothese die betreffenden Erscheinungen leicht und ungezwungen, ohne neue Hilfshypothesen, und nicht bloss im Allgemeinen, sondern auch im Detail erkläre. Die aufgestellte Hypothese darf ferner zu keinen Folgerungen führen, die den durch Beobachten oder Experimentiren bereits gefundenen, oder als wahr und nothwendig erwiesenen Sätzen widersprechen; und sie muss durch mathematische Behandlung zu Resultaten führen, welche mit den durch Erfahrung erworbenen im Einklange oder mindestens nicht im Widerspruche stehen. Wenn aber, verehrte Anwesende, eine Hypothese die angeführten Eigenschaften besitzt, dann gilt sie im Reiche der Wissenschaft so lang als Ersatz der Wahrheit, als nicht eine noch bessere Hypothese oder die wahre Erklärung der Erscheinung gefunden ist.

Im Grunde genommen müssen wir bei unseren Forschungen zuletzt immer auf eine Hypothese stossen, wenn wir die Erklärung der Erscheinungen weit genug fortsetzen, denn die wahre Erklärung einer Erscheinung finden wir in einer zweiten Erscheinung; wir forschen sodann nach der Ursache dieser zweiten Erscheinung, und finden sie in einer dritten — und so gehen wir immer von einer Ursache zur anderen über. Da nun die Reihe der als Ursache und Wirkung verknüpften Erscheinungen einmal ein Ende nehmen muss, so kommen wir zuletzt auf eine Erscheinung, die wir nicht mehr, wie ihre Vorgänger, erklären können, deren Ursache wir durch eine Hypothese zu erklären suchen. Weiter zu gehen ist der Wissenschaft unmöglich; denn was weder wirklich vorhanden, noch zuverlässig bekannt ist, oder von uns, vermöge der Grenzen unserer Vernunft, nicht erkannt werden kann, gehört nicht in das Gebiet der Wissenschaft, weil wir davon Nichts wissen können.

Ich gehe nach dieser Einleitung zum Vortragsgegenstande über.

Die Frage nach der Entstehung des Erdballes insbesondere und der Weltkörper überhaupt, hat schon seit Jahrhunderten die auserlesensten Geister beschäftigt. Es würde zu weit gehen, all' die aufgestellten Hypothesen auch nur in Kürze anzuführen. Im vorigen Jahrhunderte erregte die Ansicht des Naturforschers Buffon einige Zeit Aufsehen; allein dessen Theorie erklärte eben nur nothdürftig, warum die Bewegung aller Welt-

körper unseres Sonnensystems in Einer Richtung erfolge, und die Ebenen ihrer Bahnen hinsichtlich ihrer gegenseitigen Neigung nicht viel Unterschied zeigen. Die übrigen Einrichtungen unseres Sonnensystems vermochte die Buffon'sche Theorie nicht zu erklären; sie ist daher wieder verworfen worden.

Der berühmte Philosoph Kant hat später eine viel bessere Theorie aufgestellt, und er geht als Philosoph bis zum uranfänglichen Zustande des Universums zurück. Seine Theorie erklärt wohl in für uns begreiflicher Weise die allmälige Entstehung der Sonne und der Hauptplaneten; allein die Richtung der Umdrehung der Planeten, die Bewegungsrichtung der Trabanten, sowie die Lage der Trabantenbahnen, insbesondere aber das Ringsystem des Saturn vermag die Kant'sche Theorie nicht in befriedigender Weise zu erklären. Desto besser gelang diess dem ausgezeichneten Mathematiker und Astronomen Laplace, 1749 in Frankreich geboren, welchem ob seiner grossen Verdienste um die Naturwissenschaften gnädiglich verziehen sein möge, dass er ein unfähiger Minister war, und nach Oben immer eine grenzenlose Servilität zeigte. Die Laplace'sche Hypothese, welche Manches aus der Kant'schen übernommen hat und von Herschel später mehr ausgebildet worden ist, vermag in der That alle wesentlichen Einrichtungen unseres Sonnensystems, und somit auch die des Universums, leicht und harmonisch zu erklären; deshalb gebührt ihr solange Anerkennung, als sie nicht durch eine noch bessere Theorie verdrängt wird.

Laplace geht als Naturforscher von etwas bereits Gegebenem aus, das schon einen gewissen Entwicklungsgrad erreicht hat. Er stellt sich vor, dass unser Sonnensystem Anfangs aus einem grossen zusammenhängenden Gasballe bestanden habe, dessen Grenzen weit über die jetzige Grenze des Sonnensystems hinausgereicht haben. Diese Gasmasse muss einen ungeheuern Hitzegrad gehabt haben; denn nur so ist es erklärbar, dass alle jetzt festen Stoffe im Zustande gasförmiger Ausdehnung gewesen sind. Wie fein dieses Gasgemenge gewesen sein mag, geht daraus hervor, dass der Halbmesser unseres Sonnensystems, d. h. die Entfernung von der Sonne bis zum nächsten Fixstern, über 4 Billionen Meilen beträgt. Wenn man nun sämtliche feste Stoffe der Weltkörper unseres Sonnensystems in einer Kugel von 4 Billionen Meilen Halbmesser gleichmässig vertheilt sich denkt, so kommen auf Eine Kubikmeile — nicht mehr als 13 Milliontheile Eines Grans. Den Gasball können wir uns aus einer anderen Gasmasse, gleichsam dem Centralkörper eines höheren Systems, entstanden denken. Die Kugelform des Gasballes wird angenommen, weil diese einer sich selbst überlassenen Flüssigkeit entspricht. Alles Flüssige, auf das keine andere Kraft als die Cohäsion einwirkt, sucht die Kugelform anzunehmen, weil nur in der Kugelform die Cohäsion nach allen Richtungen gleich stark ist und jedes Theilchen nach allen Seiten hin mit den übrigen sich zu verbinden strebt, damit so wenig als möglich Punkte blossliegen und die Oberfläche die kleinste ist.

Wäre nun die angenommene Gasmasse von keiner ausser ihr liegenden Kraft beeinflusst worden, sondern hätte sie diesem Naturgesetze folgen können, so würde sie, im Weltraum schwebend, eine vollkommene Kugel gebildet haben. Wir wissen aber, dass die Sonne nicht nur mit den Planeten und Trabanten eine gleiche Achsenumdrehung von West nach Ost hat, sondern auch dem Gesetz der allgemeinen Gravitation unterworfen ist, und, von einem unbekanntem Punkte angezogen, im Himmelsraum, und zwar gegen das Sternbild des Hercules, fortschreitet. Diese Kraft kann aber nicht von jetzt an wirken; sie muss schon thätig gewesen sein, als unser Sonnensystem noch eine chaotische Masse bildete, und muss schon damals den Gasball nach jener Richtung bewegt haben. Wirkt aber auf unseren Gasball die gedachte Anziehungskraft ein, so weicht seine Form von der Kugelgestalt ab, denn seine Theile werden nach der einen Seite hin von Aussen mehr angezogen; die Cohäsion wird in dieser Richtung geschwächt und es entsteht die Form des fallenden Tropfens, und dies darum, weil jede Anziehung nach einem bestimmten Punkte hin nichts Anderes als ein Fallen nach diesem Punkte ist. In Folge der Achsenumdrehung des Gasballes musste nun das eintreten, was wir heute noch an den Planeten unseres Sonnensystems sehen und durch Versuch im Kleinen nachmachen können, nämlich die Abplattung an den Polen und die Ausdehnung am Aequator.

Durch Experiment vermögen wir dieselbe Erscheinung in verschiedener Art nachzuweisen. Wenn wir aus Stahlblech-Streifen ein Kugelnetz construiren, dieses an einer senkrecht durchgesteckten Achse unten befestigen, dagegen oben frei lassen; hierauf mittelst eines einfachen Mechanismus das Kugelnetz in schnelle Umdrehungen versetzen; so werden die Blechstreifen, der Centrifugalkraft folgend, sich elliptisch erweitern, und die frühere Kugelgestalt geht in ein Ellipsoid, in einen linsenförmigen Körper über. Ganz dasselbe können wir beobachten, wenn wir eine Kugel aus weichem Thon auf die Spindel einer Drehbank stecken und letztere in Gang setzen. Die Thonkugel wird bei entsprechender Umdrehungsgeschwindigkeit, in Folge der Centrifugalkraft, in der Richtung der Drehungsachse sich verflachen, in der darauf senkrechten Richtung dagegen immer mehr sich ausdehnen, je mehr die Umdrehungsgeschwindigkeit zunimmt. Ist endlich letztere so beträchtlich, dass die Centrifugalkraft grösser ist als die Cohäsionskraft, so wird die Thonkugel zerreißen und auseinanderfliegen.

Das Gleiche ist mit unserem Gasballe vor sich gegangen. Eine vollkommene Kugelgestalt konnte er nicht annehmen, weil die von Aussen wirkende Anziehungskraft ununterbrochen wirkte. Wenn nun die Centrifugalkraft unseres rotirenden und sich fortbewegenden Gasballes so lange zunahm, bis sie grösser wurde als die Cohäsionskraft, so musste der Gasball zerreißen. Was konnte aber ein solches Anwachsen der Centri-

fugalkraft verursachen? Nichts anderes als die nach und nach eingetretene Verdichtung, also Verkleinerung der rotirenden glühenden Gasmasse. Diese Verdichtung trat aber ein, weil die hohe Temperatur der Gasmasse durch Wärmeausstrahlung in den Weltraum abnahm. Dass in Folge der durch Abkühlung eingetretenen Verdichtung des Gasballes dessen Umfangsgeschwindigkeit, somit die Centrifugalkraft, zunehmen musste, dafür haben wir ein leichtfassliches Bild an den Rädern einer Maschinenanlage, wo ein flüchtiger Blick zeigt, dass unter gleichen Verhältnissen die kleineren Räder rascher rotiren. Durch die Verdichtung des Gasballes senkten sich die weiter entfernten Theilchen gegen den Mittelpunkt zu, und die Zunahme der Umdrehungsgeschwindigkeit hatte die linsenförmige Abplattung des Gasballes zur Folge.

Diese beiden zu gleicher Zeit, aber in entgegengesetzter Richtung eintretenden Veränderungen, nämlich: Ausdehnung durch die Centrifugalkraft einerseits und Zusammenziehung der Theilchen durch das zunehmende Erkalten andererseits, mussten zur Folge haben, dass die äusserste Gasschichte an der Peripherie des linsenförmigen Körpers sich von der inneren Gasschichte ablöste. Die losgerissene Gasmasse konnte aber nicht eine hohle, den übrigen Gaskörper wie eine Schale umschliessende Linsenform annehmen, sondern musste nothwendigerweise einen Ring bilden; und dies wieder aus dem Grunde, weil nur am Aequator der linsenförmigen Gasmasse die Centrifugalkraft so gross war,

dass sie die Cohäsionskraft überwog; denn gegen die Pole zu nimmt die Centrifugalkraft progressiv ab, und an den Polen hört sie ganz auf.

Der losgetrennte Gasring konnte aber nicht sofort zum Stillstande gelangen, sondern hat vermöge des Beharrungsvermögens der Körper die ungeheuer starke Centrifugalkraft vom Gasballe mitübernehmen müssen, die den verhältnissmässig schwachen Zusammenhang des Gasringes bei Weitem überwog. Daher musste der Gasring wieder zerreißen, und dies um so eher, weil seine Form keinen genauen Kreis bildete, somit die Spannung der einzelnen Theile ungleich war. Der Gasring wird aber beim Zerreißen, nicht wie der rotirende linsenförmige Centralkörper, wieder einen Ring ausscheiden, sondern wird im eigentlichen Sinne des Wortes zerreißen; und der Riss wird in demjenigen Punkte eintreten, wo der rotirende Gasring seine grösste Spannung erreicht hat. In dem Momente aber, wo der eine Theil des Gasringes von der Cohäsion mit den benachbarten Theilen befreit ist, folgt er der noch immer wirkenden Centrifugalkraft und wird weit in den Welt-raum abweichen; während der andere Theil des Gasringes, wegen der grossen Entfernung vom Mittelpunkte der rotirenden linsenförmigen Gasmasse sich schueller bewegt, zugleich aber von dem unter ihm liegenden Theile gehalten und von den nachfolgenden gedrängt, sich einwärts krümmt, bis der ganze nachfolgende Rest des zerrissenen Gasringes sich wie ein Faden zu einem Knäuel aufgewickelt hat. Auf diese Weise wird der los-

getrennte und später zerrissene Gasring zu einem Ellipsoid, das sich um sich selbst dreht; denn diese Bewegung hat es durch sein Aufrollen aus dem zerrissenen Gasringe erhalten, und in einer der Bahn des früheren Gasringes ähnlichen Bahn wird das Gasellipsoid um den Centalkörper sich bewegen. Ist die abgeplattete rotirende Central-Gasmasse unsere im Entstehen begriffene Sonne, so ist das in erwähneter Weise entstandene Gasellipsoid ein werdender Planet.

In dem so entstandenen Planeten, welcher noch die gleiche physische Beschaffenheit mit dem Centalkörper hat, kann sich der geschilderte Vorgang wiederholen; ich sage ausdrücklich „kann“ und nicht „muss“. Die Trennung eines Gasringes vom Planeten wird nur erfolgen, wenn die Bedingungen hierfür vorhanden sind; also nur dann, wenn bei der fortschreitenden Zusammenziehung der Theilchen, in Folge der zunehmenden Verdichtung durch die fortdauernde Abkühlung, und der gleichzeitig aber in entgegengesetzter Richtung wirkenden Centrifugalkraft, diese letztere stärker ist. Im Falle sich von dem entstehenden Planeten Ringe ablösen, — denn der Vorgang kann öfter vor sich gehen, — so werden diese entweder sich zu Monden zusammenballen; oder die schon genügend abgekühlten, daher festeren Ringe werden nicht mehr zerreißen, sondern als wirkliche dauernde Ringe um ihren Planeten schweben und kreisen. Die Bildung eines solchen dauernden Ringes wird jedoch viel seltener eintreten, weil die Ringmasse zur Zeit der Ringbildung gerade so

erkaltet sein muss, dass ihre Festigkeit der Centrifugalkraft des Ringes mindestens das Gleichgewicht hält. Und in der That finden wir in unserem reich ausgestatteten Sonnensystem die Ringbildung nur ein einziges Mal, nämlich am Planeten Saturn.

Der geschilderte Vorgang: Ringbildung an der rotirenden linsenförmigen Centralgasmasse, in Folge der gleichzeitig aber in entgegengesetzter Richtung wirkenden Centrifugalkraft und Verdichtung; Zerreißen des Ringes, in Folge ungleicher Spannung, geringer Festigkeit und grosser Centrifugalkraft; Hinausschleudern des zerrissenen Gasringes in den Weltraum, Zusammenballen des Ringes zu einem Ellipsoid; Ringbildung an diesem Ellipsoid u. s. w., konnte sich natürlich öfter wiederholen, weil der linsenförmige Centralkörper sich fortwährend abkühlte, folglich verdichtete. Hiedurch aber nahm die Geschwindigkeit an der Peripherie immer mehr zu, worauf die Ringbildung in obiger Weise eintreten musste.

Endlich hat sich der linsenförmige Centralkörper so stark verdichtet und der Kugelgestalt genähert, dass die Cohäsion seiner Theile nicht mehr durch die Centrifugalkraft aufgehoben werden kann; und von dieser Zeit an findet keine Absonderung von Ringen, keine Planetenbildung mehr statt.

Noch zwei Möglichkeiten bleiben zu erörtern übrig. Ein von der Centralgasmasse losgetrennter Ring kann auch in mehrere Stücke zerreißen, und nicht dass der Ring, wie früher erklärt wurde, zu einem Ellipsoid

sich aufwickelt. In diesem Falle spielt sich derselbe Vorgang ab; jeder einzelne Theil folgt den auf ihn wirkenden Kräften und ballt sich zu einem kleineren Gasellipsoid zusammen, das bei zunehmender Abkühlung endlich in die Kugelgestalt übergeht. Jeder solche Weltkörper behält aber die Achsenumdrehung von West nach Ost, sowie die Bewegung um den Centralkörper bei. Dieser Vorgang erklärt uns in einfacher Weise die Entstehung der vielen kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter, und die Erklärung des Astronomen Olbers, die Asteroiden seien durch Zerkümmerung eines grossen Planeten entstanden, ist dadurch gründlich widerlegt.

Zerreisst ferner ein losgetrennter Gasring in zahllose Theile, so entstehen durch Verdichtung der einzelnen Theile die Meteoriten oder Aërolithen, die, wenn sie in das Bereich der Erdanziehungskraft gelangen, in Folge der ungeheuren Fallgeschwindigkeit und der durch Reibung mit der Atmosphäre entstandenen Wärme glühend werden und zur Erde herabfallen.

Dies, verehrte Anwesende, ist die Erklärung über die Entstehung der Weltkörper, wie sie die Wissenschaft nach ihrem heutigen Stande uns bietet. Dass noch andere Erklärungsweisen im Schwange sind, die den wissenschaftlichen Forschungen schnurstracks widersprechen, muss der Naturforscher einfach ignoriren.

Es fragt sich nun, ob die Laplace'sche Theorie die Einrichtungen unseres Sonnensystems ausreichend

erklärt, und ob sie die in der Einleitung meines Vortrages erwähnten Eigenschaften einer wissenschaftlichen Hypothese besitzt? Dies ist in der That der Fall. Aus der Laplace'schen Erklärung über die Entstehung der Sonne, Planeten, Trabanten, Asteroiden und Aërolithen lässt sich ungezwungen die Uebereinstimmung der Bewegung der einzelnen Körper, die Verschiedenheit ihrer Grösse und Dichte, die Form und geringe gegenseitige Neigung ihrer Bahnen ableiten und begreifen.

Nachdem die Weltkörper unseres Sonnensystems sich von dem Centralgasballe abgesondert hatten, mussten sie die gleiche Bewegung wie dieser, nämlich von West nach Ost beibehalten. Die Form ihrer Bahnen um den Centralkörper konnte keine andere als eine Ellipse sein, weil der linsenförmig abgeplattete Centralkörper diese Form an seiner Peripherie hatte. Die Neigung der Planetenbahnen gegen die Aequatorial-Ebene des Centralkörpers konnte nicht beträchtlich werden; ausser, es traten wesentliche Veränderungen in der Dichte und Wärme der einzelnen abgetrennten Theile ein.

Die Verschiedenheit in der Grösse der Planeten unseres Sonnensystems macht uns bei der Erklärung ebenfalls keine Schwierigkeiten. Im Allgemeinen müssten die ersten Ringbildungen grösser gewesen sein, daher auch grössere Planeten erzeugt haben, weil die ersten vom Centralkörper losgetrennten Ringe einen viel grösseren Ringstreifen aufzurollen hatten. Zugleich waren die ersten Ringe am wenigsten dicht, weil der Centralkörper noch sehr wenig abgekühlt war; und so

erklärt sich ganz einfach, warum die Massen der am weitesten entfernten Planeten, Neptun und Uranus, weniger dicht sind als die des nächstehenden, aber grösseren Planeten Jupiter. Dieser bildete sich schon aus einem verhältnissmässig dichteren Sonnenringe; ausserdem sind Neptun und Uranus schneller erkaltet, und daher ist ihre Masse geringer als die des Jupiter geworden.

Später bildeten sich die näher gelegenen Planeten und darunter auch die Erde. Dass die der Sonne näher gelegenen Planeten in der Regel kleiner, aber dichter sind; dass sie selbst nicht wiederum dichter ist als ihr nächster Planet Mercur, und dass die Erde eine viermal grössere Dichte besitzt als die Sonne — alles das widerspricht durchaus nicht unserer Hypothese. Die Sonne ist in ihrer jetzigen Gestalt nichts anderes als der zu einer Kugel verdichtete Ueberrest jenes grossen Gasballes, aus dem die anderen Weltkörper unseres Sonnensystems sich abgetrennt haben. Wenn man meint, dass die Sonne, um der Stufenreihe der zunehmenden Dichte der Planeten zu entsprechen, dichter sein müsse, als der nächste Planet Mercur, so vergisst man, dass dieser die in eine kleine Kugel zusammengeballte Masse eines Ringes ist, der einst einen Gürtel um die ganze Sonnenkugel gebildet hat. Ein dünner und schmaler Streifen der jetzigen verdichteten Sonnenmasse würde aber genügen, um, zu einem Knäuel zusammengeballt, eine Kugel vom Durchmesser des Mercur und von noch grösserer Dichte zu geben.

Die Laplace'sche Theorie steht mit den späteren Findungen der Astronomie, Geologie, Physik und Mechanik im erwünschten Einklange. Wenn nach den neuesten Forschungen die Photosphäre der Sonne aufgegeben werden muss, vielmehr die Sonne für einen glühenden Körper gehalten wird, in dem gegenwärtig die Wärme-Erzeugung durch Verdichtung der Masse noch das Uebergewicht über die Wärme-Ausstrahlung in den Weltraum hat, wenn demzufolge die Sonne auch nur ein Planet ist, aber dermalen noch in einem Zustande, in dem die kleineren bereits erstarrten Planeten einst waren; und wenn nach den Untersuchungen von Zöllner die grösseren Planeten — jedenfalls aber noch Saturn und Jupiter — ausser dem von der Sonne erhaltenen Lichte noch ein eigenes besitzen, d. h. an der Oberfläche noch glühen, während die kleineren Planeten — höchst wahrscheinlich Mercur und Venus, jedenfalls aber ausser der Erde noch Mars — bereits eine erstarrte Rinde besitzen: so können wir das aus der Laplace'schen Theorie ganz leicht begreifen, und finden in diesen Erscheinungen nichts als nothwendige Folgerungen. Die kleineren Planeten sind bereits erstarrt, weil sie sich schneller abkühlten; die grösseren sind weniger dicht, und haben theilweise noch eigenes Licht, weil sie noch nicht genügend erkaltet sind; die Sonne aber spendet den anderen Weltkörpern ihres Systems Wärme, weil sie wegen ihrer ungeheuren Grösse noch nicht erstarrt ist und noch Wärme abgeben kann; kurz,

weil sie gegenwärtig noch das ist, was die Erde einst war.

Auch die alltägliche Erfahrung bestätigt uns diese Erscheinung; denn je kleiner ein Körper ist, desto schneller kühlt er ab, und die Wärmemenge, die ein Körper durch Ausstrahlung verliert, hängt wieder von dem Wärmequantum, das er besitzt, und von der Grösse der Oberfläche ab. Jedermann weiss, dass ein grosser Haufen glühender Kohlen im Inneren lang glühend bleibt, und dass die Kohlen an der Oberfläche zuerst erlöschen. Das gleiche Kohlenquantum würde aber noch früher abkühlen, wenn wir die Kohlen ausbreiten oder in kleinere Haufen zertheilen. Das Gleiche thun wir in der Küche oder bei Tische, wenn wir eine heisse Flüssigkeit oder Speise in ein grosses flaches Gefäss geben, oder sie darin umrühren; wir vergrössern die Berührungsfläche mit der umgebenden Luft von weit niedrigerer Temperatur, und beschleunigen dadurch die Abkühlung.

Es dürfte manchen der geehrten Zuhörer überraschen, zu hören, dass es gelungen ist, die Laplace'sche Theorie durch Experiment förmlich nachzuweisen. Der bezügliche Versuch wurde zuerst von dem französischen Physiker Plateau gemacht. Man füllt nämlich ein grosses Glasgefäss mit einer Mischung von Wasser und Weingeist, welche genau das specifische Gewicht des Olivenöls hat. Am besten wird dies erzielt, wenn das Gemenge 22^o der Beaumé'schen Aërometerscala hat. Nun giesst man langsam und vorsichtig durch einen Trichter

Olivenöl in die Mitte des Gemenges von Wasser und Alkohol. Sobald das Olivenöl, welches durch seine Umgebung den Wirkungen der Schwerkraft entzogen wird, sich selbst überlassen ist, zieht es sich, wie jede Flüssigkeit, auf die keine Kraft wirkt, in eine Kugel zusammen und schwebt in der Mitte des Glasgefässes. Hierin haben wir ein Abbild des hypothetischen Gasballes unseres Sonnensystems. Nun steckt man von oben durch die Oelkugel eine Achse, an welcher sich eine kleine Scheibe befindet, die bis auf den Mittelpunkt der Oelkugel eingesenkt wird. Am oberen Ende trägt die Achse eine kleine Rolle. Achse und Rolle müssen an einem Gestelle befestigt sein, und mit einer Riemenscheibe und Kurbel in Verbindung stehen. Wird mittelst dieses Mechanismus die Achse langsam bewegt, so nimmt die Oelkugel nach und nach an dieser Bewegung Theil, und wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit steigt, so tritt die Abplattung der Oelkugel ein. Bei noch mehr gesteigerter Geschwindigkeit breitet sich die Oelkugel in eine flache Scheibe aus und erreicht bei etwa drei Umdrehungen per Secunde das Maximum der Abplattung. Da haben Sie das Modell der Linsenform unseres Gasballes. Plötzlich, aber nur in seltenen Fällen, trennt sich der äussere Rand der Oelscheibe als Ring ab, und setzt als Ring seine Drehung fort, während der mittlere Theil sich bald wieder zu einer abgeplatteten Kugel zusammenzieht. Dies ist ein Abbild des Ringsystems des Saturn. Meistentheils reissen sich bei zu schneller Umdrehung einzelne Oelklumpen los, d. h. der losge-

treunte Ring zerreißt in demselben Augenblicke in ein oder mehrere Stücke, welche für sich kleinere Kugeln bilden. Diese Kugeln setzen die Bewegung um den Centralkörper fort, und behalten dabei die Rotation um die eigene Achse; bis Alles, in Folge der grossen Reibungswiderstände, wieder zur Ruhe gelangt. Die kleineren Kugeln schweben aber in der sie umgebenden Flüssigkeit. Hier haben Sie, verehrte Anwesende, die Nachbildung unseres Sonnensystems.

Durch den beschriebenen Versuch, sowie durch die übrigen Findungen der gesammten Naturwissenschaften hat die Laplace'sche Theorie an Werth viel gewonnen, und wir finden ihre innere Wahrscheinlichkeit auch bekräftigt, wenn wir unser Sonnensystem verlassen und den Fixsternhimmel durchmustern. Wir finden da unauflösbare Nebelmassen von ungeheurer Ausdehnung in beständiger Umwandlung begriffen; also chaotische Massen, die sich erst zu Weltkörpern entwickeln. Diese Nebelmassen liefern uns ein Bild von der ehemaligen Form unseres Sonnensystems. Wir finden andere Lichtnebel schon zu Kugeln zusammengeballt, und in einigen dieser Lichtnebel Spuren einer Verdichtung der Materie gegen das Centrum zu. In mehreren derartigen Nebelmassen ist die Verdichtung schon weiter vorgeschritten, und wir bekommen dadurch ein Bild des linsenförmigen Central-Gaskörpers, von dem noch keine Ringe sich losgelöst haben. In anderen Nebelmassen sehen wir sogar schon Ringbildungen als Vorläufer der Planetenbildung. Bisweilen ist durch fort-

dauernde Verdichtung schon ein Stern entstanden, oder die Nebelmasse hat sich zu vielen einzelnen Sternen verdichtet, wie wir dies in der Gruppe der Hyaden, Plejaden, in der Krippe und vielen anderen Sternhaufen finden.

Denken wir uns in einer unendlich weit ausgehnten Urgasmasse, von jenem Hitzegrade, wie er nothwendig ist, um die festen Stoffe in Gasform zu erhalten, eine Menge von Anziehungspunkten allmählig wirken, um welche sich das Gas nach und nach zu festen Massen zusammenzieht; so haben wir ungefähr eine Vorstellung von der Entstehung unseres Sternenhimmels. Hat eine sich verdichtende Nebelmasse geringe Ausdehnung, so entsteht eine Sterngruppe; bei noch geringerer Ausdehnung ein einziger Stern oder ein Sonnensystem, wie das unserige. Jedes Sonnensystem kann wieder, mehr oder weniger, ein Abbild eines ganzen Sternsystems sein; und in der That finden wir in unserem Sonnensystem einzelne Sterne, wie die Sonne, Mercur, Venus und Mars; wir finden einen Doppelstern die Erde und den Mond; vielfache Sterne, wie Jupiter, Saturn, Uranus, und Neptun; einen Stern mit Ringssystem, den Saturn etc. etc.

Das, hochgeehrte Versammlung, ist die Entstehungsgeschichte des Weltalls und unseres Sonnensystems, somit auch die Entstehungsgeschichte der Erde, als eines Theils dieses Systems. Die vorgetragene Hypothese macht zwar keinen Anspruch auf Unfehlbarkeit, hat aber alle Eigenschaften einer wissenschaftlichen

Hypothese in sich, und enthält Alles, was wir über diesen Gegenstand aus eigenen Anschauungen und aus den gesammten Naturwissenschaften mit aller Wahrscheinlichkeit erschliessen können. Der Vollständigkeit wegen verweise ich noch auf den Vortrag „über den Fixsternhimmel“, den Herr Dr. Edmund Weiss in diesem Verein gehalten hat, welche meisterhafte Arbeit im fünften Bande der Vereinsschriften enthalten ist.

Ich wende mich nun wieder zu unserem Erdballe zurück, den wir als glühende, um die eigene Achse rotirende und um den Centrkörper sich fortbewegende ellipsoidische Gasmasse verlassen haben.

In dem Gasellipsoid, welches Anfangs nur den Gesetzen der Gravitation unterworfen war, befanden sich alle Stoffe chaotisch gemengt. Durch Verdichtung eines Theiles der Gasmasse entstand ein Kern, der feurig flüssig blieb, weil durch die Verdichtung jeder Materie gebundene Wärme frei wird. Durch die Anziehung aller Materie vergrösserte sich dieser Kern allmähig, und es ist uns wieder begreiflich, dass wahrscheinlich die schwersten Stoffe, also die Metalle, zuerst angezogen wurden. Uebrigens ist damit nicht gemeint, dass die Elementarstoffe der Chemie auch wirklich solche sind; sie werden selbst wieder zusammengesetzte Stoffe sein; nur ist uns bis jetzt deren Zerlegung noch nicht gelungen. Wärme und Licht, welche von dem glühenden Kern ausstrahlten, erregten in den Ur-

stoffen chemische Verwandtschaften, wodurch Erden, Alkalien, Oxyde und Salze entstanden.

Die erdigen Bestandtheile bildeten um den Kern eine Rinde, die letzteren durch ihre Gluth flüssig erhielt, den über ihr befindlichen Gasen aber die Condensation noch nicht gestattete. Die hohe Temperatur an der Erdoberfläche musste erst durch fortdauernde Ausstrahlung sinken und die Sonnenwärme konnte den anfänglich höchst bedeutenden Wärmeverlust des Erdballes nicht ersetzen, da ihre Strahlen die dichte Atmosphäre noch nicht zu durchdringen vermochten.

Die erstarrende Erdrinde bildete ein Schutzmittel gegen weitere Abkühlung der eingeschlossenen Masse, und diess umsomehr als die Erdrinde einen schlechten Wärmeleiter bildete. Die von dem Erdkern ausgehende Hitze konnte sich daher nur langsam fortpflanzen, weil zugleich durch die zunehmende Erstarrung die Dicke der Erdrinde sich vermehrte. Als aber die Temperatur an der Erdoberfläche unter den Schmelzpunkt der Silicate oder Kieselverbindungen gesunken war, konnten diese allmählig und so ungestört erstarren, dass sie krystallisirten. Wir haben nun alle drei Aggregatzustände der Körper, nämlich: den festen, tropfbarflüssigen und gasförmigen.

Es ist für uns ganz gut begreiflich, dass der Erdball von dieser Zeit an durch fortgesetzte Wärmeausstrahlung mehr und mehr erstarrete; dadurch an der Oberfläche eine feste Rinde erhielt, während der Kern feurigflüssig blieb. In welcher Weise dieser Vorgang

sich abspielte, und aus welchen Substanzen der innere, jetzt noch feurigflüssige Erdkern besteht, darüber können wir nichts Bestimmtes angeben; denn selbst die Lavamassen der feuerspeienden Berge erlauben noch keinen Schluss auf die Bestandtheile und die Zusammensetzung des Erdkerns. Wir können nur nachweisen die ziemlich stetige Wärmezunahme bei zunehmender Tiefe, wie wir diess z. B. bei den artesischen Brunnen und in den Bergwerken bestätigt finden. Der Brunnen von Grenelle bei Paris ist 1683 Fuss tief und hat Wasser von 27.7° C., während die mittlere Lufttemperatur von Paris nur 11.7° C. beträgt. Der Brunnen zu Neusalzwerk in Westphalen ist gar 2144 Fuss tief, liefert aber dafür auch Wasser von $32\frac{3}{4}^{\circ}$ C. bei einer mittleren Lufttemperatur von nur 10° C. In Bergwerken findet man bei 600 Meter Tiefe schon eine Wärme von 30° C. Wir haben ferner viele heisse Quellen von verschiedenen Temperaturen bis zur Siedehitze, und manche andere Erscheinungen lassen auf Temperaturen von 1000 bis 1500° C. schliessen. Von der Sonne kann diese Wärme nicht herrühren; es würde diess vielen anderen Beobachtungen widersprechen.

Die bis jetzt beobachtete Wärmezunahme gegen das Centrum der Erde beträgt im Mittel 1° C. auf 30 Meter Tiefe, und so erhält man schon bei einer Tiefe von 45.000 Meter eine Temperatur, die der Schmelzhitze des Roheisens nahe kommt, eine Temperatur, bei der die meisten bekannten Mineralien und Gesteine schmelzen. Aus dieser Berechnung würde sich für die jetzige

Erdrinde eine Dicke von etwa sechs geographischen Meilen ergeben, d. i. $\frac{1}{256}$ des Aequatorial-Erddurchmessers; was also, verhältnissmässig genommen, so viel beträgt, als wenn ein Erdglobus von 2 Fuss Durchmesser mit Kartenpapier von einer Linie Dicke überzogen wäre.

Einen anderen schwerwiegenden Beweis für die Existenz des heute noch feurigflüssigen Erdkernes haben wir an den Eruptionsmassen der feuerspeienden Berge, und obwohl man nur mit bereits erkaltender Lava Wärmemessungen vorgenommen hat, so kommt man doch auf Temperaturen von 2000° C. und darüber. Berechnet man darnach die Tiefe, aus der die Lava kommt, unter Zugrundelegung einer Wärmezunahme von 1° C. auf 30 Meter Tiefe, so bekommt man 60.000 Meter oder etwa neun geographische Meilen als Dicke der Erdrinde. Es lässt sich indessen annehmen, dass die Erdrinde nicht überall gleich dick ist.

Man hat sich viel Mühe gegeben, die Zeitdauer zu berechnen, welche das allmälige Abkühlen des Erdballes und die Bildung seiner Rinde beansprucht hat. Man beobachtete nämlich, dass Lavaströme des Aetna bei 20 Meter Dicke über 10 Jahre brauchten, um vollständig zu erkalten. Nimmt man nun an, dass eine Lavakugel bei 20 Meter Durchmesser zum Erkalten ebenfalls 10 Jahre braucht, so erhalten wir für das Erkalten des Erdballes 4 Billionen und 57.690 Millionen Jahre. Diese Zahl ist aber zu gross, weil eine Kugel wegen ihrer grösseren Oberfläche schneller erkaltet,

als eine Schichte von gleich grosser Mächtigkeit mit geradliniger oder wellenförmiger Oberfläche. Wenn wir aber auch wegen der nöthigen Correctur von den vier Billionen und 57.690 Millionen Jahren einige Nullen wegstreichen, so bleiben immer noch so viele Millionen Jahre übrig, dass uns für diesen Zeitraum jeder Massstab fehlt.

Für uns hat noch die Beantwortung der Frage Wichtigkeit, welche Folgen die gänzliche Erkaltung der Erde für das organische Leben auf derselben haben wird. Aus scharfsinnigen Untersuchungen geht hervor, dass die innere Erdwärme gegenwärtig die mittlere Temperatur der verschiedenen Klimate nur mehr um $\frac{1}{30}$ Grad erhöht; woraus folgt, dass nach gänzlicher Erkaltung der Erde die mittlere Temperatur um $\frac{1}{30}$ Grad niedriger sein wird. Diese geringe Wärmeabnahme wird auf das organische Leben der Erde so gut wie gar keinen Einfluss ausüben; deshalb kann man auch mit Sicherheit behaupten, dass der Wärmezustand auf der Erdoberfläche seit langer Zeit in einem sich gleich bleibenden Zustande befindet.

Wie lang dauert aber schon die Erkaltung der Erde, und wann dürfte sich auf derselben organisches Leben entwickelt haben? — Auch darauf können wir eine ziemlich befriedigende Antwort durch Rechnung und Versuch geben. Wollten wir bei den biblischen 6000 Jahren bleiben, so hätte der Erdball im Beginn seiner Erkaltung nur 34° C. gehabt; d. h. $23,4^{\circ}$ C. mehr als gegenwärtig die Bodentemperatur von Paris hat,

welche etwa als die mittlere Temperatur der ganzen Erdoberfläche angenommen werden kann. Nimmt man an, die Erkaltung dauere schon 60.000 Jahre, so kommen wir erst auf eine ursprüngliche Temperatur von 74° C. Buffon nahm zum Schrecken aller Gelehrten des vorigen Jahrhunderts 76.000 Jahre an; allein auch diess ergäbe erst eine Temperatur von 83.3° C., die also noch nicht einmal der Temperatur des siedenden Wassers gleichkommt, und durch welche sich die crystallinischen Gesteine und andere geologische Erscheinungen nicht erklären liessen. Auch 300.000 Jahre ergeben erst eine ursprüngliche Temperatur von $165\frac{1}{2}^{\circ}$ C., was aus dem vorhin erwähnten Grunde noch immer viel zu wenig ist. Nur die Annahme, dass die Erde einst im feurigflüssigen Zustande sich befand, steht mit den geologischen Erscheinungen im besten Einklange; und setzen wir die ursprüngliche Temperatur der Erdmasse nur auf 3000 Grade — eine Temperatur, die wir jetzt noch mittelst des Wasserstoffgases erzeugen können — so ergibt diess für die Dauer des Erkaltens der Erde einen Zeitraum von 98 Millionen und 490.000 Jahren, eine Zahl, die nur ausgesprochen, aber nicht begriffen werden kann.

Die erste Rindenschicht, welche den feurigflüssigen Erdkern umgibt, besteht nachgewiesenermassen aus den härtesten Gesteinen und schwersten Metallen. Wegen ihres Reichthums an Kieselgestein oder Silicaten wird sie auch der Silicatmantel genannt. Die an die innere Fläche dieser Schichte sich anschmiegende

Gesteine nennen wir Urgesteine, auch plutonische oder Massengesteine; dagegen werden Gesteine, welche sich auf der Erdoberfläche aus Eruptionsmassen gebildet haben, vulcanische, und solche Gesteine, bei deren Entstehen das Wasser thätig gewesen ist, neptunische genannt.

Wir wollen nun die mechanischen und chemischen Wirkungen der successiven Abkühlung der Erde weiter verfolgen. Bekanntlich dehnen sich alle Körper durch Zunahme ihrer Wärme aus, und ziehen sich durch Verminderung der Wärme zusammen; nur das Wasser macht beim Gefrieren hievon eine Ausnahme. Der Erdkern und die Rinde mussten sich deshalb, in Folge der von Aussen nach Innen fortschreitenden Abkühlung auch zusammenziehen. Die durch diese Zusammenziehung gepressten Massen des Erdkernes konnten wegen geringer Elasticität ihr Volum nicht viel vermindern; strebten daher nach Aussen, sprengten an vielen Stellen die Rinde, bildeten dadurch Spalten, welche sie ausfüllten und über deren Ränder sie sich ergossen, um bei langsamer Abkühlung zu krystallinischen Massen zu erstarren. So entstanden über dem Silicatmantel die ersten Unebenheiten und Erhöhungen der Erdoberfläche. Bei fortdauernder Abkühlung und dadurch herbeigeführter Zusammenziehung der Rinde musste sich dieser Vorgang wiederholen, und neue Erhöhungen bedeckten den Erdboden. Zugleich ergossen sich siedendheisse, wolkenbruchartige Regen auf die Erde; denn Sauerstoff und Wasserstoff hatten sich zu

Wasser verbunden, welches bisher in Dampfform die Atmosphäre erfüllt hatte, nun aber durch deren niedrigere Temperatur tropfbarflüssig wurde. Das Wasser bildete Anfangs ein heisses, dampfendes Meer, und nur der grosse Druck der Atmosphäre verhinderte dessen Verdampfung. Dem Gesetze der Schwere folgend, sammelte sich das Wasser in den Vertiefungen der Erdoberfläche; gewann aber immer mehr an Ausdehnung, weil die Erdrinde, und mit ihr die Dämpfe der Atmosphäre sich noch immer abkühlten. Durch diese ausserordentlich heftigen Niederschläge verminderte sich jedoch nach und nach der Druck der Atmosphäre, und es konnte in Folge dessen das heisse Wasser auf der Erde sich abkühlen; doch war ein langer Zeitraum erforderlich, bis alles Wasser der Atmosphäre aus dem gasförmigen Zustande in den tropfbarflüssigen überführt worden war.

Auf diese Weise haben sich die Meere angesammelt, und mit dem Wasser tritt ein neues mechanisches und chemisches Agens auf den Schauplatz. Sowohl das Wasser, als die mit Wasserdämpfen und Säuren gemengte Atmosphäre arbeiteten an der Verwitterung der Felsarten und führten die losgespülten und aufgelösten Theile an andere Orte der Erdoberfläche; dadurch entstand der Erdboden. Wenn noch heutzutage selbst langsam fliessende Gewässer oder anhaltende Regengüsse gewaltige mechanische und chemische Veränderungen herbeiführen, so mögen die Wirkungen der damaligen siedendheissen Fluthen um so gewaltiger gewesen sein. Auf diese Weise bildeten sich die ältesten Flussrinnen und Seen; in den

Meeren entstanden die ersten geschichteten Steinlager oder Sedimentgesteine, welche aber durch aus der Tiefe heraufdringende feurigflüssige Massen mannigfach in der Lagerung verändert wurden.

Die Formation der Gebirge folgt überhaupt einfachen Gesetzen. Durch die von unten, in Folge der zunehmenden Abkühlung heraufgepressten feurigflüssigen Massen wurden z. B. die früher entstandenen horizontalen Sedimentschichten gehoben und bildeten dadurch Gebirge mit geneigten Schichten; oder es wurden ganze Plateaux gehoben, weil die Sedimentschichten nicht gesprengt werden konnten. So erhielt das Wasser immer neue und veränderte Angriffspunkte für seine unaufhörlich nagende Thätigkeit, welche noch durch den Sauerstoff der Luft unterstützt wurde.

Die Temperatur der Atmosphäre war endlich so weit herabgesunken, dass organisches Leben möglich war. Bezüglich des Beginnes des organischen Lebens gibt die Chemie eine indirecte Antwort, dahin lautend, dass die Temperatur der Erde mindestens auf 60^0 gesunken gewesen sein müsse; denn bei über 60 Graden gerinnt das Eiweiss, und ohne diesem ist organisches Leben unmöglich. Eine zweite Antwort auf die Frage wegen des Beginnes des organischen Lebens ergibt sich aus folgender Deduction. Das Verhältniss zwischen dem Wärmeverlust im Inneren und an der Oberfläche unseres feurigflüssigen Erdellipsoides muss zu verschiedenen Zeiten verschieden gewesen sein. Hievon kann man sich leicht eine Vorstellung machen, wenn man die successive

Abkühlung einer glühenden Kanonenkugel beobachtet. Im Momente, als die Kugel aus dem Feuer genommen wird, verliert sie an der Oberfläche eine bedeutende Quantität Wärme, und bald wird die Kugel durch die Anfangs rapide Wärmeausstrahlung soweit abgekühlt, dass man die Kugel in die Hand nehmen kann. Im Inneren behält aber die Kugel noch immer eine höhere Temperatur, welche nur nach und nach auf die Temperatur der umgebenden Masse herabsinkt. Sobald also die erste heftige Wärmeausstrahlung an der Oberfläche vorüber ist, besitzt das Innere der Kugel eine höhere Temperatur; und um dieselbe mit jener an der Oberfläche auszugleichen, muss das Centrum auch mehr Wärme abgeben als die Oberfläche. Zu einer gewissen Zeit also werden die Oberfläche, und das Innere der Kugel gleich viel Wärme verlieren, während im Anfange die höhere Wärmeabgabe an der Oberfläche und später im Inneren stattfand. Es lässt sich nun nachweisen, dass die Zeit, zu welcher dieses Gleichgewicht der Wärmeabgabe Seitens der Erdoberfläche und des Erdcentrums herrschte, etwa 40.000 Jahre nach dem Beginne der Abkühlung eingetreten ist, und dass um diese Zeit die mittlere Erdtemperatur an der Oberfläche etwa um 15° C. höher war als jetzt. Bei einer solchen Temperatur ist aber organisches Leben ganz gut möglich, und es konnte dabei jene üppige Pflanzen- und Thierwelt entstehen, wie sie aus den paläontologischen Funden und aus den ergiebigen Steinkohlenbergwerken fast in allen Breitengraden nachgewiesen wird, und die in

solcher Ueppigkeit heute kaum mehr in den Tropengegenden angetroffen wird. Es ist deshalb nach unserem Wissen und Erkennen kein Widerspruch, wenn wir den Beginn des organischen Lebens in jene ferne Zeit zurückverlegen.

So vermehren sich durch das Walten der Naturkräfte die Formationen und Existenzbedingungen. Die Temperatur der Atmosphäre und des Wassers war bereits unter den Siedepunkt gesunken; es waren schon Berge, Thäler und Inseln vorhanden; die Atmosphäre hatte sich geklärt, weil sie einen grossen Theil des Wasserdampfes, der Kohlensäure und anderer Gase abgegeben hatte, und die Sonnenwärme konnte nun kräftig bis auf die Erdoberfläche eindringen. Damit war wiederum die Mannigfaltigkeit des Erdballes erhöht.

Wegen des Entstehens des organischen Lebens, kann die Wissenschaft keinen anderen Aufschluss geben, als zu sagen: sobald die Bedingungen dafür vorhanden waren, entstand es auch. Wir müssen annehmen, dass die dazu nöthigen Kräfte Eigenschaften der Materie sind; und wenn von gegnerischer Seite eingewendet wird, dass die grössten Physiker und Chemiker nicht einmal einen Grashalm erzeugen können, so wird das ohne weiters zugegeben; nur darf man nicht übersehen, dass wir es heutzutage mit höchstcomplicirten Stoffmischungen, mit hochentwickelten Organismen zu thun haben, zu denen auch die Natur Millionen Jahre gebraucht hat.

Aus späteren Funden können wir schliessen, dass zuerst Pflanzen und nach ihnen Thiere entstanden sind, deren Organisation die allereinfachste war. Die ersten Organismen entstanden höchst wahrscheinlich aus anorganischen Stoffen durch Urzeugung. Ueberbleibsel dieser Organismen besitzen wir keine, denn sie hatten noch keine widerstandsfähige Umhüllung, wodurch uns ihre Abdrücke oder Versteinerungen hätten erhalten werden können.

Das Wasser ist seither ununterbrochen thätig. Als Regen fällt es auf den Erdboden, durchdringt dessen oberste Schichten, sucht die tiefsten Punkte auf, löst mineralische Bestandtheile auf, und spült die lockeren Theile ab. Von den Bergen führt das Wasser die Theile in die Ebenen und lagert sie, wenn sie ihre Geschwindigkeit verloren haben und wieder der Schwerkraft allein unterworfen sind, an dieser oder jener Stelle ab. Nicht weniger eifrig arbeitet die Brandung des Meeres an der Zerstörung der Küsten. Ein höchst interessantes und lehrreiches Beispiel hiefür ist die vielbesuchte Insel Helgoland, wo man zur Ebbezeit, hauptsächlich an der Nord- und Nordwestseite, deutlich sehen kann, wie viel von dem Thonmergel, aus dem die Insel besteht, bereits weggespült ist. Zugleich lässt sich an den verschiedenen Formen der zerklüfteten Küste der Verlauf dieser Arbeit erkennen. Laut Chroniken war der jetzige Badeplatz die „Düne“ vor einigen hundert Jahren noch mit der Insel verbunden.

Nicht minder kräftig wirken die Ströme, Flüsse und Bäche, welche in den höher gelegenen Theilen des Landes Gestein und Erde loslösen, in die Ebene führen und successive ablagern. Bei den Strommündungen entstehen auf diese Weise weit ausgedehnte Schlammablagerungen in Form eines Dreieckes, die wegen ihrer Aehnlichkeit mit dem griechischen Schriftzeichen für den Buchstaben D ($\Delta = \text{Delta}$) auch Delta genannt werden; und wir sprechen von einem Nildelta, Gangesdelta, Missisippidelta, u. s. w.

Würde der Thätigkeit des Wassers von der Natur keine Schranke gesetzt, so würden nach und nach alle Unebenheiten der Erdoberfläche verschwinden und die Erde würde endlich nur eine von Wasser bedeckte Kugel sein. Allein die Rückwirkung des feurigflüssigen Erdkernes auf die feste Erdrinde verursacht abwechselnd Hebungen und Senkungen an dieser oder jener Stelle der Erdoberfläche; und nachdem diese Hebungen und Senkungen im Laufe von Millionen Jahren variiren, so wird ein Theil der Erdoberfläche über den Meeresspiegel erhoben, während ein anderer unter denselben sinkt. So entstehen durch anorganische und organische Ablagerungen Gesteinschichten von verschiedener Dicke und Zusammensetzung, und in denselben sind die Reste pflanzlicher und thierischer Organismen eingeschlossen, die uns heute unschätzbare Beweisstücke für die Geschichte der Erde sind.

Aber nicht nur das Wasser und die Säuren arbeiten an der Umgestaltung der Erdoberfläche. Pflanzen und

Thiere nehmen an dieser Arbeit Theil, und erhöhen den Boden der Meere und Seen. In den Tiefen des Meeres sind es mikroskopisch kleine Zellenthierchen, die Diatomaceen und Polythalamien, welche Kiesel und Kalkerde absondern; in den oberen Meeresschichten übernehmen Nulliporen, Muscheln und Korallen die Arbeit; und was diese in zahllosen Massen vorkommenden Thierchen zu leisten vermögen, sehen wir an den Korallenriffen und Korallenbänken. Auf diese Weise entsteht durch vereinte Kraft das Fundament von Inseln und Ländern.

Die Hauptbestandtheile der vom Wasser schichtenweise abgesetzten Niederschlagsgebirge sind Thonerde, Kieselerde und Kalkerde. Die Sedimentschichten sind nicht gleich dick an Form, Dicke und Structur; sie sind durch die darunter gelegenen Gesteine oft durchbrochen und verschoben, welche Erscheinung nach dem Vorausgeschickten keiner Erklärung mehr bedarf. Zwischen den einzelnen Sedimentschichten bestehen keine schroffen Grenzen, denn die Natur kennt keinen Sprung, sondern nur allmälige Entwicklung. Die frühere Annahme der Geologen, dass zeitweilig sich wiederholende Erdrevolutionen oder Erdkatastrophen die bestehende Schöpfung vernichtet haben und dann wieder eine Neubildung stattfinden musste, ist längst als unhaltbar verworfen worden. Wenn aber auch zwischen den einzelnen Schichten ein steter Uebergang herrscht, so hat doch jede Schichte irgend einen besonderen anorganischen oder organischen Inhalt, wodurch sie sich vor den anderen auszeichnet. In keiner Schichte

finden wir ganz neue anorganische oder organische Gebilde vor, aber in jeder finden wir einen merklichen Fortschritt gegen früher. Wozu hätten wir auch nöthig solche Erdrevolutionen anzunehmen, nachdem wir die seitherige Entwicklung des Erdballes fast ohne Lücke verfolgen können, und nachdem dieselben Vorgänge heute noch vor sich gehen, deren Augenzeugen wir sind. Hebungen und Senkungen des Erdbodens, Nagen der Meeresbrandungen und Stromwellen finden ununterbrochen Statt, und was das Land irgendwo verliert, das wird an anderer Stelle als Schlamm abgesetzt, der sich mit der Zeit zu festem Gestein verdichtet, und als neues Land erscheint. Diese und ähnliche Beobachtungen veranlassten den berühmten englischen Geologen Lyell zu behaupten, dass die Umänderungen der Erde nie schneller vor sich gegangen seien als jetzt. Das Richtige wird wohl sein, dass nie andere Stoffe vorhanden waren, und nie andere Kräfte thätig gewesen sind als jetzt; desswegen kann doch die Intensität der Kräfte zeitweilig oder örtlich grösser gewesen sein, in Folge dessen sich manche Vorgänge früher rascher abgespielt haben mögen.

Die erwähnten Hebungen und Senkungen der Ländermassen gehen freilich so langsam vor sich, dass die Meeresküste in hundert Jahren oft nur um einige Zolle oder Linien sich hebt oder senkt; wenn diess aber stetig erfolgt, so ist die Wirkung im Laufe von vielen Jahrtausenden sehr beträchtlich. Und wenn der sinnige Ausspruch des Mathematikers Pascal acceptirt werden

kann: das Weltall sei eine Kugel, in der man sich überall im Mittelpunkt befinde; so kann bezüglich der Zeit gesagt werden, dass wir uns immer in der Mitte der Ewigkeit befinden, welche eben so weit hinter uns als vor uns liegt.

Die geologischen Forschungen haben ergeben, dass früher England mit Frankreich, Schweden mit Russland, Afrika mit Spanien, sogar Europa mit Nordamerika zusammenhingen. Das mittelländische Meer war früher nur ein Binnensee, und in der Südsee, sowie im indischen Ocean, sind ganze Continente untergegangen, von denen nur mehr die am höchsten gelegenen Theile sichtbar sind. In den versunkenen Ländern des indischen Oceans ist höchst wahrscheinlich die Wiege des Menschengeschlechtes zu suchen.

Für die Jetztzeit wurde an der Küste von Schweden eine stetige Hebung nachgewiesen; dagegen sinkt allmählig die Ostküste Südamerikas, die Küste der Nord- und Ostsee, so dass in vielleicht 20.000 Jahren von Berlin keine Kirchthurmspitze mehr zu sehen ist. Das wird die beste Revanche für Sédan, Metz und Paris sein, und diese Katastrophe kann, zur Freude der Franzosen, kein Moltke aufhalten.

Weil die Hebungen und Senkungen der Ländermassen im Laufe von Millionen Jahren variiren, so ist es höchst wahrscheinlich, dass jeder Theil der Erdoberfläche schon wiederholt unter und über dem Meerespiegel gewesen ist. Auch die Stadt an den schmutzigen Wellen „der schönen blauen Donau“ macht hievon

keine Ausnahme. Das Wiener Becken war einmal Meeresboden, wie zahlreiche Funde beweisen. Die bei Atzgersdorf gewonnenen Steine, welche massenhaft bei den Wiener Zinskästen zum Fundamentbau verwendet werden, bestehen aus Meersand, Muscheln und Schnecken, die heute noch in Meeren vorkommen. In Nussdorf, Grinzing, Heiligenstadt, Pötzleinsdorf, Döbling, Hernals, Fünfhaus, Meidling, Brunn, Möllersdorf, Gainfahn und anderen Orten findet man besonders zahlreich das Geschlecht der Foraminiferen ¹⁾, wovon bisher im Wiener Becken 228 Arten nachgewiesen wurden.

Die verschiedenen übereinander gelagerten Sedimentschichten bilden eine Rinde von etwa 130.000 Fuss. Zur besseren Uebersicht werden diese Schichten in fünf grosse Abschnitte oder Zeitalter eingetheilt. Jedes Zeitalter besteht aus mehreren Schichtengruppen, die man Systeme nennt und jedes System zählt wieder mehrere kleinere Gruppen oder Formationen. Die fünf Zeitalter sind: das primordiale, primäre, secundäre, tertiäre und quartäre, von denen ich nun eine kurze Skizze liefern will.

Das primordiale Zeitalter, auch archäolithisches oder archäozoisches Zeitalter genannt, ist das Zeitalter der Seetangwälder und der schädellosen Thiere. Dieses Zeitalter dauerte viel länger als die anderen vier Zeitalter zusammen-

¹⁾ D'Orbigny, Foraminifères du bassin tertiaire de Vienne. Paris, 1846.

genommen. Die Schichten dieses Zeitalters sind gegen 70.000 Fuss dick, und bilden von unten herauf folgende drei Systeme:

1) Das laurentinische System oder die ältere Primordialzeit, mit Labrador und der sogenannten Ottawaformation.

Dieses System ist etwa 30.000 Fuss dick, besteht unten aus Gneiss, Quarzit und körnigem Kalkstein, oben aus Kalkstein mit Schalen der Rhizopoden oder Wurzelfüssler und dem Eozoon canadense, d. i. canadisches Morgenröthethier, 1865 gefunden und so benannt, weil mit diesem Wesen gleichsam die Morgenröthe des organischen Lebens beginnt.

2) Das cambrische System oder die mittlere Primordialzeit, 18.000 Fuss dick, besteht aus unter- und obercambrischen Schichten und umfasst die tiefsten Grauwackenglieder. Das System beginnt mit Thonschiefer, dem Kalkstein und Sandstein folgen.

3) Das silurische System oder die neuere Primordialzeit, 22.000 Fuss dick, bestehend aus unter-, mittel- und obersilurischen Schichten, welche glimmerreiche Grauwacke, Schwarzschiefer mit plattformigen kieseligen Sandsteinen und dunklem Kalkstein enthalten.

In den beiden letztgenannten Systemen kommen schon gut erhaltene Versteinerungen vor, die uns zugleich beweisen, dass damals noch kein landbewohnender Organismus, sei es Pflanze oder Thier, vorhanden war, weil er noch nicht die nöthigen Lebens-

bedingungen vorfand. Die aufgefundenen Thiere dieser Systeme gehören aber nicht mehr zu den einfachsten Formen, denn die Umhüllung mit einer Kalkschale zeigt schon eine verhältnissmässig hohe Organisation. Die einfachsten Thiere, nämlich die Urthiere, Protozoen oder Moneren genannt, können nur Schleimklümpchen ohne Schale gewesen sein, wie wir diess heute noch vorfinden.

Die Pflanzenreste der Primordialzeit bestehen aus zarten Zellenpflanzen und gehören zur niedersten Gruppe, nämlich zu den im Meerwasser lebenden Tangen oder Algen. Diese Tangen bildeten in dem noch warmen Urmeer mächtige Wälder, waren von lederartiger Beschaffenheit, bräunlicher oder rothbrauner Farbe, hatten aber keine Blätter und Blüthen, und schwammen frei im Wasser herum. Aehnliches finden wir heute noch; so gibt es im atlantischen Ocean eine von den Seefahrern gemiedene Seetangmasse, Saragossa - Meer genannt, welche an Flächenraum grösser ist als Deutschland und Oesterreich zusammengenommen.

Die Thiere der Primordialzeit waren gleichfalls nur Wasserthiere von den einfachsten Formen; Moneren oder Amöben, Infusorien, Weich- und Sackwürmer, wurmartige Graptoliten (welche für das silurische System besonders charakteristisch sind und einem zusammengerollten Sägeblatt ähneln), Strahlthiere, Polypen oder Haarsterne, Molusken, d. i. Muscheln und Schnecken; ferner Trilobiten, den Keller-Asseln ähnliche Thiere mit kalkiger Schale, also krebsartige Thiere,

und Urfische, welche sich aus den Crustazeen entwickelten, aber noch keine Wirbelsäule, keine Kiemenathmung hatten.

Wir müssen sonach die ältesten Vorfahren aller niedrigeren Organismen, folglich auch des Menschen, in der Primordialzeit suchen, und zwar in den Moneren oder Protoplasmaklumpchen. Aus diesen gingen die einzelligen Urthiere (Protozoen) oder einfachen Amöben hervor, worauf durch wiederholte Selbsttheilung und bleibende Vereinigung der Theilungsprodukte die mehrzelligen und vielzelligen Amöben, oder Amöbengemeinden, entstanden. Aus letzteren entwickelten sich wieder die Flimmerschwärmer oder Wimperinfusorien mit gemeinschaftlicher Mund- und Darmöffnung. Auf die bewimperten Infusorien folgen als weitere Stammeltern des Menschen die Strudelwürmer oder Turbellarien, welche schon Keime eines Nervensystems, eines Sehorgans, eines Verdauungs- und Fortpflanzungsapparates haben. Aus diesen folgten weiter die Weichwürmer, mit Athmungsapparat, und die Sackwürmer. Diese beiden ausgestorbenen Vorfahren bilden den Uebergang zu den Wirbelthieren, welche zuerst schädelos waren, also kein Gehirn aufweisen, dagegen bereits ein entwickeltes Rückenmark und Trennung beider Geschlechter zeigen. Die ersten Schädelthiere hatten aber ein noch höchst unentwickeltes Gehirn.

Das zweite Zeitalter, die Primärzeit, auch paläolithisches oder paläozoisches Zeitalter genannt, ist das Zeitalter der Farrenwälder und

Urfische. Es enthält Schichten von etwa 42.000 Fuss Dicke und zerfällt, von unten nach aufwärts gezählt, in folgende drei Systeme:

1) Das Devon'sche System oder die ältere Primärzeit, mit Kalkmergel und Sandsteinschichten von dunkelbraunrother Farbe, wie wir diess z. B. an der Insel Helgoland und in England finden. In Deutschland ist dieser Rothsandstein nicht entwickelt, dafür aber die Grauwacke mit hellfarbigem Kalkstein und Thonschichten.

Das letztgenannte silurische System und das Devon'sche System werden auch Uebergangsgebirge, oder ältere und jüngere Grauwacken-Formation genannt.

2) Das carbon'sche System oder die mittlere Primärzeit mit Steinkohlen, Kohlenkalk und Kohlen-sand.

3) Das Perm'sche System oder die neuere Primärzeit, besonders deutlich ausgesprochen im russischen Gouvernement Perm, daher der Name. Es enthält Kohlenschiefer, darüber Rothsandstein, Kupfer und Mergelschiefer, und darüber Zechstein (Dolomit und Gyps).

Das primäre Zeitalter weist schon Landpflanzen auf, und zwar Farrenpflanzen, welche noch blüthen- und fruchtelos waren. Die Feuchtigkeit des Klimas und eine Wärme, welche die jetzige mittlere Temperatur durchschnittlich um 10 bis 15⁰ überragte, erzeugte un-gemein üppige Inselwälder, deren fossile Reste als Stein-

kohlen verbraucht werden und unser jetziges Kulturleben ermöglichen. Die Entstehung der Steinkohlen und deren Verhältniss zur Industrie und zum gesammten Naturhaushalte werde ich zum Gegenstande eines separaten Vortrages machen.

Von Thieren besass das primäre Zeitalter schon mehr als das primordiale, und namentlich Fische in grosser Anzahl und Verschiedenheit. Man findet in den Versteinerungen der Primärzeit Fische von Haifischform mit dicken Panzern und Kopfschilden aus Knochen und Hornplatten, mit Höckern und Stacheln versehen; ferner Fische mit gepanzertem Körper und flügel förmigen Flossen; Lurchfische, jetzt noch als Molchfisch bekannt; Kiemenlurche, von denen der Olm in der Adelsberger Grotte ein Nachkömmling ist, etc.

Da es bereits viele Landpflanzen gab, welche den Kohlenstoff der Luft massenhaft verbrauchten, und dafür Sauerstoff an die Luft abgaben, so wurde sie bald auch für Landthiere geeignet; und in der That finden wir in den Versteinerungen der Primärzeit Insekten, einige Amphibien und Reptilien, die mit unseren Eidechsen Verwandtschaft haben. Zu diesen Wirbelthieren der Primärzeit gehören: Der *Proterosaurus*, ein eidechsenartiges Reptil; der *Arhegosaurus*, eine froschähnliche Eidechse. An diesen Thieren haben wir zugleich den Beweis für die stattgefundene Umbildung des Fischkörpers zu einem amphibienartigen, der also schon für das Leben im Wasser und auf dem Festlande geeignet war.

In der Primärzeit starben die Trilobiten aus, welche den Uebergang von den Krustazeen zu den Fischen gebildet hatten. In diesem Zeitalter begann die Umbildung der Schwimmblase in die Lunge, d. i. die Verwandlung die Kiemenathmung in Lungenathmung.

Die Secundärzeit, auch mesolithisches oder mesozoisches Zeitalter genannt, ist das Zeitalter der Reptilien und Nadelwälder. Seine Schichten sind gegen 15.000 Fuss dick, und bestehen, von unten herauf, aus folgenden drei Systemen:

1) Aus dem Triassystem oder der älteren Secundärzeit, auch Steinsalzformation genannt, enthält Buntsandstein, Muschelkalk mit Steinsalz und Keuper, d. i. Schichten aus Mergel und Sandsteinen mit kohlenarmer Lettenkohle.

2) Aus dem Jurasystem oder der mittleren Secundärzeit, auch Oolithformation genannt, wegen der Kugelschalenform des Kalkes, enthält Schwarzjura oder Liasschiefer, Braunjura mit Eisengehalt und Weissjura mit lithographischem oder Korallenkalk.

3) Aus dem Kreidesystem oder der neueren Secundärzeit, bestehend aus Kalk und Sandstein mit Weisskreide, Grünsand, Quadersandstein, und mit vielen Muschel- und Schneckenüberresten.

Die Secundärzeit hat als charakteristische Thierform die Reptilien aufzuweisen, welche mit den noch jetzt lebenden Eidechsen und Krokodilen sehr viel Aehnlichkeit haben. Ausser diesen zählt die Secundärzeit noch verschiedene ausgestorbene Land- und Meersaurier oder

Drachen, deren Gestalt mit den Amphibien der Jetztzeit Nichts gemein hat.

Zu den Sauriern gehörten:

1) Die Labyrinthodonten, welche auf dem Festlande lebten und der Gestalt nach ein Gemenge von Eidechse, Frosch, Krokodil und Schildkröte waren. Sie hatten die Grösse eines Schweines, einen schlanken Kopf, langen Schweif, kurze plumpe Glieder, und der Körper war mit hornigen, dachziegelartig sich übergreifenden Schuppen bedeckt. Zu den Labyrinthodonten werden gezählt: der Trematosaurus, Zygosaurus, Mastodonsaurus, Mosasaurus, Capitosaurus, Archegosaurus, u. a. m.

2) Die Enaliosaurier oder Meersaurier waren fischähnliche, 15 bis 20 Fuss lange Eidechsen mit grossen flossenförmigen Gliedmassen und nackter aber dicker Haut. Von ihnen gab es wieder verschiedene Arten: die Ichthyosaurier oder Fischeidechsen, mit grossem delphinartigem Kopf, kurzem Hals und breiten Flossen; die Plesiosaurier oder Nachbareidechsen, mit kleinem krokodilartigem Kopf, langem Hals, schmalen Flossen und kurzem Rumpf. Aus dem versteinerten Kothe der Meersaurier werden jetzt Schmucksachen verfertigt. Die Dinosaurier waren riesige, bis 100 Fuss lange, plumpe Landeidechsen oder Krokodile mit Klumpfüssen. Die Pterodactylen oder Flugsaurier, auch Lufteidechsen genannt, waren fledermausartige Thiere, nackte fliegende Eidechsen, aber nicht viel grösser als unsere jetzigen Eidechsen. Diese fliegenden Eidechsen

bilden den Uebergang zu den Vögeln, wovon die ersten zu Ende dieses Zeitalters entstanden. Dass die Vögel aus den Lufteidechsen sich entwickelten, dafür haben wir den deutlichsten Beweis an dem im Jurakalk gefundenen Abdrucke eines fossilen Vogels, der noch den Eidechsenschwef hat.

Selbst Säugethiere traten schon zu Ende der Secundärzeit auf, und zwar Ur-Amnioten und Stamm-säuger, jetzt als neuholländisches Schnabelthier (*Ornythorhynchus paradoxus*) bekannt, und Beutelthiere, jetzt Beuterratten, Känguruh oder Opossum genannt. Die letztgenannten Species kommen heute hauptsächlich nur mehr in Australien vor, welcher Continent, wegen der isolirten Lage, in seiner Flora und Fauna zurückgeblieben ist.

Die menschlichen Vorfahren sind nun bereits in die höhere Wirbelthier-Klasse eingetreten, denn die Ur-Amnioten haben schon entwickelte Lungenathmung; die Schnabelthiere zeichnen sich durch Bildung der Haare und Milchdrüsen aus, und bei den noch höher stehenden Beutelthieren findet man sogar getrennte Anlage des Mastdarmes und Urogenitalsinus vor.

Die Tertiärzeit, auch känoolithisches oder känozoisches Zeitalter genannt, ist das Zeitalter der Säugethiere und Laubwälder. Seine Schichten sind gegen 3000 Fuss dick und bestehen aus folgenden drei, aber nur mehr schwer zu trennenden Systemen:

1) Aus dem Eocänsystem oder der älteren Tertiärzeit, mit Grobkalk, Londonthon, Braunkohlen, Bernstein, Erdöl und Erdpech.

2) Aus dem Miocänsystem oder der mittleren Tertiärzeit, mit Braunkohle, d. i. verkohlten Palmen, Cypressen und Nadelhölzern, bei denen jedoch der Verkohlungsprocess und die Compression nicht so weit wie bei den Steinkohlen vorgeschritten ist; ferner mit Bernstein, d. i. dem versteinerten Harz dieser Nadelbäume, Erdöl, auch Bergöl oder Petroleum genannt, Bergwachs und Erdpech oder Asphalt.

3) Aus dem Pliocänsystem oder der neueren Tertiärzeit, auch Molasseformation genannt, mit Süsswasserkalk und Infusorienresten, welche unter dem Namen Trippel, Polirschiefer, Bergmehl und Kieselguhr bekannt sind.

Die Tertiärzeit ist von der Jetzt- oder Quartärzeit nicht mehr viel unterschieden. Wir finden in grosser Anzahl die Säugethiere vertreten, und die Pflanzen hatten sich von den Acotyledonen, d. i. samenlappenlosen, zu Monocotyledonen, d. i. einsamenlappigen emporgeschwungen, und sind nun Dicotyledonen, d. i. Zweisamenlappen-Pflanzen, geworden.

Von den Säugethieren der Tertiärzeit gehören die meisten zur Ordnung der Pachydermen, d. i. Dickhäuter, zu denen auch jetzt lebende Thiere, nämlich: der Elephant, das Nashorn, das Nilpferd, der Tapir, das Pferd und Schwein gezählt werden. Im Meere lebten Wale, nämlich: der Wallfisch, Pottfisch, Delphin und

seeknhähnliche Geschöpfe. Zwei Thiere dieser Kategorie: der Ziphium und das Metaxitherium, sind ausgestorben. Auf dem Lande gab es plumpe, tapirartige Pflanzenfresser, von denen vorzugsweise folgende zu erwähnen sind: das Paläotherium mit dicht behaartem Körper und rüsselförmiger Nase; das Anoplotherium, welches das erste grasfressende Thier mit einfach gespaltenem Hufe war und einen langen Schweif hatte; das Dinotherium, ein wallrossähnliches pflanzenfressendes Seethier von 15 bis 20 Fuss Länge, welches auf kurzem dickem Hals einen wallfischähnlichen Kopf mit zwei nach unten gerichteten Stosszähnen und einen spindelförmigen Rumpf hatte; das Zeuglodon, früher fälschlich für einen Saurier gehalten, war ein wallfischähnliches Säugethier mit Seehundskopf, welches nur Einen Halswirbel hatte. Das Sivatherium war ein Wiederkäuer von grosser plumper giraffenähnlicher Gestalt, dessen Kopf dem des Elephanten glich.

Faulthiere kamen in riesiger Grösse und Menge vor; hievon sind zu nennen: das Megatherium und der Megalonyx, ferner kleinere Gürtelthiere, wie das Glyptodon und der Holophorus.

Die grössten Nagethiere dieses Zeitalters waren: das Toxodon und das mit unserem jetzigen Pferde am meisten ähnliche Hippotherium. Mit unserem Elephanten hatte grosse Aehnlichkeit das Mastodon oder Ohiothier. Ausserdem hatten sich aus früheren geologischen Perioden Schlangen, Frösche und Kröten erhalten.

Die Reste eines bei Oeningen im Württembergischen gefundenen Riesensalamanders hielt Scheuchzer für das Skelett des vorsündfluthlichen Menschen, welcher Irrthum durch die Benennung „Andrias Scheuchzeri“ verewigt worden ist.

Als höchstorganisirte Säugethiere traten in der Tertiärzeit die Halbaffen auf (dem jetzigen Lori oder Maki, auch fliegender Hund genannt, ähnlich); ferner die geschwänzten Schmalnasen, die Menschenaffen (ähnlich dem Gorilla, Orang-Utang, Schimpanse und Gibbon); endlich die Affenmenschen, welche durch Angewöhnung des aufrechten Ganges, durch bessere Entwicklung des Armes und der Hand, und durch vollständigere Enthaarung aus den Menschenaffen sich entwickelten, aber noch eine geringe Gehirnbildung hatten. Die Aussicht hat viel für sich, dass die Menschenaffen sich nach und nach in Fleischfresser und Pflanzenfresser schieden, und dass die fleischfressenden Menschenaffen sich zum Menschen entwickelten, während die pflanzenfressenden Menschenaffen zurückgeblieben sind.

Die Quartärzeit, auch anthropolithisches oder anthropozoisches Zeitalter genannt, ist das Zeitalter des Menschen und der Kulturwälder. Seine Schichten sind nur 500 bis 700 Fuss dick, und bestehen: aus der älteren Quartärzeit oder Eiszeit, auch Glacialperiode genannt; aus der mittleren Quartärzeit, oder späteren Eiszeit, auch Post-

placialperiode genannt; endlich aus der neueren Quartär- oder Kulturzeit, in der wir leben.

Die untersten Schichten dieses Zeitalters, das Diluvium oder Schwemmland der Vorzeit, bestehen aus Sand, Kies, Gruss, Geröllen und Geschieben, mit Lehm und Löss. Diese Schichten sind aus verschiedenen geschichteten Gesteinen entstanden. Ueber dem Diluvium lagert das Alluvium oder Schwemmland der Jetztzeit, bestehend aus Sand- und Schuttlagern, abwechselnd mit Lehm und Mergelschichten, dann aus Moorland und Dammerde.

Im Diluvium finden sich von Säugethieren: der Höhlenbär (*ursus spelaeus*), das Mammuth (*elephas primigenius*), welches mit unserem Elephanten viel Aehnlichkeit hatte, aber mit dichten Borsten behaart war, und viel längere, stärker gekrümmte Stosszähne hatte. Mammuthreste werden in Sibrien, das heute nichts weniger als tropisches Klima hat, massenhaft gefunden; so dass die Stoss- und Backenzähne als Elfenbein in Handel kommen. Ja man fand sogar unter dem Eise vollständig erhaltene Mammuth mit Haut und Haar, deren Fleisch noch geniessbar war. Von dem Mammuth, dessen Skelett im Petersburger Museum aufgestellt ist, hatten die Wölfe, nachdem das Thier schon theilweise vom Eise befreit war, über Nacht einen Hinterfuss abgebissen und verschleppt, so dass die fehlenden Knochen später aus Holz nachgebildet werden mussten.

Diese Thiere lebten aber auch in unseren Gegenden. So hat mein Lehrer der Naturgeschichte, der verstorbene Professor Dr. Kolenati, in der Slouper Höhle bei Brünn, gelegentlich einer Excursion mit seinen Schülern, einen vollständigen Schädel und mehrere Knochen des *ursus spelaeus* gefunden. In einer Ziegelei zu Karthaus bei Brünn wurden Mammuthreste und ein vollständiger Stosszahn des Mammuth gefunden, der im Franzensmuseum in Brünn aufgestellt ist. Ein ähnlicher Fund wurde vor Kurzem in der Nordwestbahn-Ziegelei in Heiligenstadt gemacht. Das sogenannte „Riesenthor“ des Wiener Stephansdomes hat seinen Namen von einigen Knochen, die man beim Ausheben des Fundamentes fand, für Knochen eines „Riesen“ hielt, und lange Zeit über diesem Kirchenthor aufgehängt liess. Nach der in der Chronik enthaltenen Beschreibung zu urtheilen, waren es aber — Mammuthknochen.

Ausser diesen Thieren waren das Nashorn (*rhinoceros tichorhinus*), die Höhlenhyäne (*hyaena spelaea*), der Höhlenlöwe (*felis spelaea*), der Riesenhirsch (*cervus megaceros*) mit einem Geweih, dessen obere Enden 5 bis 6 Fuss weit voneinander entfernt sind; ferner der Auerochs, das Renthier, ebenfalls Diluvialthiere und in unseren Breitengraden heimisch. Einige dieser Species haben sich erhalten, sind aber in andere Gegenden gezogen.

Aus den verwesenden Pflanzen der Quartärzeit entstanden das Moorland und die Torfablagerungen; ferner bildete sich durch Verwitterung der verschieden-

sten Gesteine und durch Zersetzung organischer Stoffe animalischen und vegetabilischen Ursprunges die Dammerde.

In welcher Weise sich der Mensch in der Tertiär- und Quartärzeit entwickelte, werde ich zum Gegenstande eines besonderen Vortrages machen. —

Nach dieser nur skizzenhaften Schilderung der fünf geologischen Zeitalter greife ich zurück, um noch den ursachlichen Zusammenhang einiger Entwicklungsphasen der Erde zu beleuchten.

Wie verhielt es sich z. B. in der Vorzeit mit dem Unterschied der Klimate und dem Wechsel der Jahreszeiten? — Darauf gibt uns die Wissenschaft folgende Antwort, die aus der kosmogonischen Hypothese consequent hervorgeht, und mit den paläontologischen Funden in den verschiedenen Breitengraden ganz übereinstimmt. Der jetzige Klimaunterschied bestand nämlich vor der Quartärzeit nicht, sondern es herrschte damals auf der ganzen Erde gleiches Klima, welches dem jetzigen Tropenklima mindestens gleich war, ja höchst wahrscheinlich dasselbe an Wärme noch übertraf. Der Grund hiefür ist in dem feurigflüssigen Erdkern zu suchen, welcher gegen die noch dünnere Erdkrinde kräftig reagirte. Weil diese Reaction vom Centrum der Erde nach allen Punkten der Erdoberfläche in einem solchen Maasse stattfand, dass die Verschiedenheit der Sonnenbeleuchtung vom Aequator gegen die Pole zu keinen Einfluss übte; so hatte die ganze Erde gleiches Klima. Die paläontologischen

Funde bestätigen diese Folgerung; sie beweisen uns, dass damals im höchsten Norden, wie in Sibirien, Canada und Labrador die Palmen- und Tulpenbäume, der Lorbeer, die Myrthe und andere nur mehr in den Tropen vorkommende Gewächse üppig gediehen, und dass diese Gegenden vom Tiger, Rhinoceros, Löwen, Elephanten etc. bevölkert waren, welche Thiere jetzt ebenfalls nur mehr in Tropenländern leben können.

Weil die Abkühlung der Erde durch Ausstrahlung in den Weltraum nur mehr sehr langsam vor sich ging, so hat diese Klimagleichheit auf der Erde lang gedauert, und diesem Umstande verdanken wir die reichhaltigen Steinkohlen- und Braunkohlenlager in unseren Breitengraden, welche Schätze das jetzige Cultur- und Verkehrsleben ermöglichen.

Erst nach und nach, bei Beginn der Tertiärzeit, erfolgte wahrscheinlich die erste merkliche Abkühlung von den Polen her, und damit die Scheidung in verschiedene Klimazonen. Während der Tertiärzeit ging die Abkühlung so weit, dass an beiden Polen das erste Eis entstand. Der Klimawechsel übte auf die vorhandenen Organismen eine enorme Wirkung aus, und hatte zur Folge, dass nicht nur Pflanzen, sondern auch Thiere ausstarben, weil sie sich den neuen Lebensbedingungen nicht anbequemen konnten. Manche Thiere wanderten in wärmere Gegenden aus, in denen einzelne Arten in wenig veränderter Form bis auf die Jetztzeit sich erhalten haben.

In der Diluvialzeit sank die Temperatur von den Polen her immer mehr, ja selbst unter den heutigen Kältegrad. Vom Nordpol her breitete sich die Kälte über das nördliche und mittlere Asien, über Europa und Nordamerika aus, und erzeugte eine zusammenhängende Eisdecke, welche, nach manchen Thatsachen zu urtheilen, bis an die Alpen gereicht hat. Desgleichen reichte das Eis vom Südpol her über einen grossen Theil der südlichen Halbkugel, so dass für das organische Leben nur ein schmaler Gürtel übrig blieb, der hinreichende Wärme besass. Diese während der ersten Diluvialzeit zu Stande gekommene massenhafte Eisbildung wird als „Eiszeit“ bezeichnet, und während dieser Zeit existirte schon der Mensch. Den Beweis für die Eiszeit finden wir hauptsächlich in den sogenannten erratischen Blöcken oder Findlingsblöcken, und in den Gletscherschliffen. Die erratischen Blöcke wurden in ihrer Heimath durch die mechanische Gewalt des Wassers und Eises vom Gebirge losgelöst, in Eisschollen eingeschlossen und in südlichere Gegenden geführt, wo sie, nachdem das Eis durch die Sonnenwärme geschmolzen war, liegen blieben. Erratische Blöcke, herrührend von schwedischen und norwegischen Gebirgen, findet man z. B. in Nord- und Süddeutschland.

Aber nicht bloss Einmal scheint eine solche Eiszeit auf der Erde geherrscht zu haben, sondern ein wiederholter Wechsel zwischen Eistemperatur und wärmeren Luftschichten dürfte noch während der Bildung der

obersten Erdschichten stattgefunden haben. Diese Eiszeiten bilden das noch am wenigsten gelöste Problem der geologischen Forschung.

Als endlich die Wärmeabgabe vom Erdkern an die Erdrinde ganz unbedeutend war und zuletzt so gut wie verschwand, gewann die Sonne Herrschaft über die Eismassen und verwandelte sie in Wasser. Dadurch kamen nicht nur die jetzigen Klima-Unterschiede vom Aequator bis zu den Polen, sondern auch, in Folge der schiefen Stellung der Erdachse zur Ebene der Erdbahn der Wechsel der Jahreszeiten zu Stande. Damit mussten nothwendigerweise Flora und Fauna aller Welttheile neue Umänderungen durchmachen. —

Es bleibt mir nur noch die Frage über die Zukunft des Erdballes zu erörtern übrig. Ich werde mich über diesen Gegenstand kurz fassen, weil man bei Beantwortung dieser Frage wieder das Gebiet der Hypothese betreten muss; aber die ewige Wahrheit der Naturgesetze berechtigt uns, aus der Vergangenheit und Gegenwart des Erdballes auf dessen Zukunft zu schliessen.

Die Erde ist, im Vergleich zu früheren Zuständen, gegenwärtig in einem verhältnissmässigen Stadium der Ruhe, wenn auch in der Natur von einem Stillstande nie die Rede ist. Das jetzige organische Leben auf der Erde verdanken wir lediglich der Sonnenwärme. Auch wir können uns als „Kinder der Sonne“ betrachten, was jedenfalls sehr poetisch klingt und denen ein Trost sein möge, welche die Abstammung von affen-

ähnlichen Vorfahren nicht goutiren können. Was aber dann, wenn die Sonnenwärme abnehmen und endlich ganz aufhören sollte? — Die Wahrscheinlichkeit dieses Ereignisses müssen wir nach unserer kosmogenischen Theorie leider zugeben. Gegenwärtig ist die Sonne freilich noch eine glühende Kugel von einer Masse, welche die aller zugehörigen Planeten um das 738fache übertrifft; gegenwärtig gibt die Sonne an die Erde allein ein Wärmequantum ab, welches nach den Ermittlungen von John Herschel und Pouillet im Stande wäre, jährlich eine über die ganze Erdoberfläche ausgebreitete Eisschichte von 100 Fuss Dicke zu schmelzen; — und trotzdem ist seit der historischen Zeit noch keine Abnahme der Sonnenwärme nachweisbar. Nach unseren Begriffen wird aber auch auf der Sonne, wie einst auf der Erde, die Rinde stetig dicker werden, wodurch nothwendigerweise die Wärmeabgabe successive geringer werden und endlich ganz aufhören wird. Dass hiedurch mit der Zeit eine totale Veränderung des organischen Lebens auf der Erde und schliesslich dessen gänzlichliches Aufhören eintreten wird, ist uns nach unserem jetzigen Wissen einleuchtend. Unsere eigenen Wärmequellen werden bis dahin auch längst erschöpft sein; denn jetzt schon greift man in den Culturländern das bezügliche Capital an, weil die Zinsen nicht mehr ausreichen. Ausserdem kann die Sonnenwärme für das organische Leben durch keine andere Wärmequelle auf die Dauer ersetzt werden.

Man versucht zwar mittelst einer Hilfhypothese plausibel zu machen, dass der Wärmeverrath der Sonne „unerschöpflich“ sei, und folgert daraus die ewige Dauer des jetzigen Zustandes der Erde. Man nimmt nämlich an, dass die Meteoriten in unzähligen Massen im Universum vorhanden sind, und jene, die in das Bereich der Anziehungskraft der Sonne gelangen, auf letztere herabstürzen. Wir wissen allerdings, dass Meteorsteine durch ihr Herabfallen auf die Erde eine ungeheure Wärme erreichen, welche jede uns mögliche Verbrennungswärme, bei gleicher Masse und gleichem Gewicht, weit übertrifft. Daraus glaubt man nun schliessen zu dürfen, dass eine den Wärmeverlust der Sonne deckende Menge von Meteoriten in die Sonne fällt, und dass hiedurch erst nach 30.000 bis 60.000 Jahren der scheinbare Sonnendurchmesser um die kleinste wahrnehmbare Grösse vermehrt sein wird. Aber selbst die Richtigkeit dieser Hilfhypothese zugegeben, so muss auch ein Ende des Meteoritenhagels zugegeben werden, und die Frage steht dann genau so wie früher.

Auch die Bewegung der Erde ist der Hemmung und dem gänzlichen Aufhören unterworfen. Einestheils wirkt der Mond anziehend auf die Erde ein und verzögert dadurch deren tägliche Achsenumdrehung, derart, dass nach Delaunay's scharfsinnigen Berechnungen der Tag jetzt schon um $\frac{1}{50.000}$ Einer Secunde länger ist als er vor dritthalbtausend Jahren war — ein Unterschied, für den uns freilich alle Wahrnehmung abgeht. Einen weiteren Bewegungswiderstand übt der unendlich feine

Weltäther aus, welcher von der Verdichtung der Gasballen her im Weltraum zurückgeblieben ist. An dem Vorhandensein dieses Weltäthers ist aus verschiedenen optischen Vorgängen nicht zu zweifeln. Die Hemmung der Achsendrehung der Erde, in Folge der Anziehungskraft des Mondes, führt auf analytischem Wege zu dem Schlusse, dass diese Bewegung noch mehrere Billionen Jahre dauern könne. Die Verzögerung der Erde in ihrer Bahn durch die Reibung mit dem Weltäther ist dagegen nur denkbar, aber noch nicht nachweisbar. Diese ausserordentlich geringen Wirkungen werden sich aber im Laufe der Aeonen summiren; dadurch wird die Gravitation der Sonne immer mehr überwiegen, so, dass die Erde nach und nach in immer kleineren Bahnen um die Sonne kreisen wird. Endlich wird die Erde, da die Wirkung der Gravitation nur ein Fallen nach dem Anziehungspunkte hin ist, mit der Sonne wieder zusammenfallen, aus der sie einst entstanden ist. Kraft und Stoff bleiben aber unverloren; und wenn die Sonne nach und nach aus gleichen Gründen alle Körper ihres Systemes angezogen haben wird, und selbst keine Wärme mehr besitzt, dürfte sie, auf ihrer Bewegung durch den Weltraum, von einem Körper höherer Ordnung angezogen, mit ihm vereint werden, und es kann dann wieder eine neue Schöpfung entstehen. —

Ich habe nun, hochverehrte Anwesende, auch den letzten Theil meines heutigen Vortragsthemas erledigt,

insoweit diess ohne allzu grosse Ueberschreitung der mir gestatteten Zeit möglich war.

In den geologischen Werken pflegt am Schlusse ein eigener Abschnitt dem mosaischen Schöpfungsmythus gewidmet zu sein, und es werden dessen Widersprüche und Mängel in scharfsinniger Weise dargelegt. Sie werden mir diese undankbare und überflüssige Arbeit erlassen, zumal Wissenschaft und Tradition incommensurable Grössen sind. Die Bibel wird durch ihre Entstehungsart, durch ihre Wandlungen und Schicksale immer einen hohen culturhistorischen Werth behalten; wir haben uns aber nicht abzumühen, wie wir die Resultate streng wissenschaftlicher Forschungen mit dieser uns überkommenen Schriftensammlung in Einklang bringen, welche nimmermehr den Wissenschaften zur Basis oder unüberschreitbaren Grenze dienen kann. Friedrich Schiller, der Liebling der deutschen Nation, sagte in dieser Beziehung ganz treffend: „Kein Gesetz darf den Fortschritt der Cultur hemmen; dieses gilt von Religionen wie von politischen Gesetzen; beide sind verwerflich, wenn sie eine Kraft des menschlichen Geistes fesseln, wenn sie ihm Stillstand auferlegen. Ein Gesetz z. B., wodurch eine Nation verbunden würde, bei dem Glaubensschema beständig zu verharren, das ihr in einer gewissen Periode als das vortrefflichste erschienen, — ein solches Gesetz wäre ein Attentat gegen die Menschheit“.

Hieran anknüpfend, erlauben Sie mir, hochverehrte Anwesende, Ihnen eine Stelle aus der Festrede zu citiren, welche Prof. Dr. Anton Springer (1872) bei der Eröffnungsfeier der Strassburger Universität hielt:

„Die Wissenschaft duldet kein Reich der Auserwählten; sie schafft keinen aristokratischen Staud, der sich hochmüthig vom Plebejerthum abwendet und dieses der Unwissenheit als Beute überlässt. Auf ihren eigenen Wegen und Stegen kann ihr freilich der einfache Volksmann nicht folgen; im stillen Kämmerlein des Gelehrten ist kein Raum für die grosse Menge. Aber was sie ergründet hat, theilt sie gern der grossen nationalen Gemeinschaft mit; was sie an Fäden der Erkenntniss gesponnen, verwebt sie alsbald in die Volksbildung“.

„Die Wissenschaft hat sich dadurch keine beengenden Schranken gesetzt, sondern einen Sporn zu stetem Fortschreiten gewonnen. Als ihr erstes und heiligstes Recht behauptet sie die Freiheit und Unabhängigkeit der Forschung. Niemand soll ihr das Ziel vorschreiben; Niemand kann vorher bestimmen, wohin sie ihr vielfach verschlungener Weg führen wird. Sie darf es nicht von sich weisen, Zweifel zu erregen, Ueberlieferungen zu erschüttern, die liebsten Ueberzeugungen zu brechen, wenn sie als Wahn sich darstellen, den theuersten Empfindungen nahe

zu treten, wenn sie dem Irrthum Vorschub leisten. Wie könnte sie zur Wahrheit gelangen, wenn sie nicht das Recht hätte, Alles zu prüfen, Nichts zu schonen, Alles zu wagen, Nichts mit furchtsamer Scheu bei Seite zu lassen“.
