BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Du Prel, Carl

Der Kampf um's Dasein am Himmel Versuch einer Philosophie der Astronomie

Berlin 1876
Astr.u. 44 u
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11331166-7

Astor. U. Duprel

44 ll

A, F, K

<36613687960012

S

Bayer. Staatsbibliothek

Der

Kampf um's Daſein

am

Himmel.

Verſuch einer Philoſophie der Aſtronomie

von

Dr. Karl Freiherr du Prel.

Réunissons des faits, pour avoir des idées.

Buffon.

Zweite, umgeſtaltete und vermehrte Auflage.

Berlin 1876.

Denicke's Verlag.

Georg Reinke.

Alle Rechte vorbehalten.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorrede zur ersten Auflage.

Die Theorie Darwins hat sich so fruchtbar und von solcher Ausdehnbarkeit auf die verschiedensten Wissenszweige erwiesen, daß ein Versuch, auch die kosmischen Erscheinungen diesem Maßstabe zu unterwerfen, um so weniger befremden kann, als er mit bestem Erfolge sogar an solche Objekte des menschlichen Forschens gelegt wurde, welche ihm auf den ersten Blick weit weniger zugänglich erscheinen, z. B. an die menschliche Sprache. Es liegt dieser Erfolg daran, daß es bei dieser Theorie weniger auf die Natur der zu untersuchenden Objekte ankommt, als auf die Form, in der sie ins Dasein treten. Diese Form aber ist die des Uebergangs, der Entwicklung. In dem Maße also, als man erkannte, daß alle Erscheinungen der Natur in dieser Form sich bewegen, mußte auch die Theorie Darwins allgemeinere Anwendung finden; denn sie ist nur eine specielle Form eines allgemeinen Gesetzes, das in aller Entwicklung gültig ist. Es kann aber bei der Uebertragung dieses Maßstabs auf andere Gebiete darauf nicht ankommen, ob die Bezeichnung dieses Gesetzes als „Kampf um's Dasein" mehr oder weniger metaphorisch wird. Gebraucht doch Darwin selbst diesen Ausdruck nur metaphorisch, wenn er ihn auf die Pflanzenwelt überträgt, ja schon, wenn er in der Thierwelt außer dem eigentlichen gegenseitigen Kampfe der Individuen um ihr Leben auch die allgemeine Abhängigkeit organischer Wesen von der Natur damit bezeichnet.

Es mag dahin gestellt bleiben, ob die Probleme jenes Specialgebietes, welches der große Reformator der Naturwissenschaft sich auserfah, durch den Kampf um's Dasein erschöpfend zu erklären

sind, ob nicht in der Biologie neben diesem Hauptprincip noch mehr andere mitconcurriren, als in den theilweise weit einfacheren Problemen anderer Wissenschaften. Im Allgemeinen möchte es sicher sein, daß der Erklärungsbereich dieses Princips um so weiter reicht, je einfacher der Mechanismus der zu erklärenden Probleme ist, — ein Vorzug, der den Objekten der Astronomie vornehmlich zukommt. In so ferne könnte man sich darüber wundern, daß es nicht ein Astronom gewesen, der die Bedeutung des Darwin'schen Gesetzes zuerst erkannte, wäre nicht die kosmische Descendenztheorie — wenn es erlaubt ist, sich dieses Wortes zu bedienen — so wenig in die Augen fallend, daß man Veränderungen am Fixsternhimmel bis zum vorigen Jahrhunderte überhaupt nicht zuließ. Müssen wir schon, die Umwandlung der Arten zu erklären, Zeiten von erstaunlicher Länge zu Hülfe nehmen, so ist dieß noch weit mehr der Fall, um die Entwicklung eines chaotischen, kosmischen Nebels bis zu den harmonisch gegliederten Systemen geschiedener Sonnen zu verfolgen. Auch scheint die Verbindung zwischen diesen entgegengesetzten kosmischen Bildungen wohl eben so schwer herzustellen, als die zwischen weit auseinander gelegenen Lebensformen, deren Mittelglieder ausgestorben sind. Die Einsicht, daß auch am Himmel Veränderungen vor sich gehen und die kosmischen Massen Stadien ihrer Entwicklung durchlaufen, hat sich darum verhältnißmäßig spät geltend gemacht, weil die Naturwissenschaft in Naturbeschreibung aufging und noch nicht allseitig zur Naturgeschichte fortgeschritten war.

Wenn aber durch die Lehre Darwins einerseits eine Reformation der Naturwissenschaft angebahnt wurde, so stellt sich andrerseits seine Lehre als eine philosophische Leistung im eminenten Sinne dar. Denn was bisher die Philosophen und Empiriker in zwei ganz und gar unversöhnliche Parteien schied, war vornehmlich das von ersteren hartnäckig behauptete, von letzteren eben so hartnäckig geleugnete Problem der Teleologie, welches den Empirikern stets als nicht zu erklärender Rest übrig blieb, während es die Philosophen immerhin hinderte, sich die Errungenschaften der Naturwissenschaft ganz anzueignen. Besonders wichtig aber ist die Teleologie in so ferne, als sie von jeher für die stärkste Burg aller theistischen Systeme gehalten worden ist. Darwin ist nicht, gleich seinen Vorgängern, diesem

schwierigen Probleme ausgewichen, er hat seine Augen dagegen nicht verschlossen, sondern hat es recht eigentlich zum Gegenstande seiner Forschung gemacht. Er hat für den Specialfall der biologischen Vorgänge den induktiven Beweis gefunden, daß die Teleologie dem Mechanismus immanent sei, daß jede Entwicklung, obwohl, ja eben weil gesetzmäßig, zum Zweckmäßigen ausschlagen müsse. Dieß gilt aber auch für jenes weitgedehnte Feld der kosmischen Erscheinungen, auf welchem die Zweckmäßigkeit in so imposanter Weise vor unseren Augen sich darstellt, daß sie von jeher die Bewunderung denkender Menschen erregt hat.

So werden wir auf allen Gebieten des Forschens mehr und mehr zu dem Zugeständnisse gedrängt werden, welches in der Betrachtung der Natur Schritt für Schritt der Menschheit abgenöthigt wird: Das Zugeständniß von der Allmacht der Natur und ihrer ewigen Gesetze.

Der alte Epikur sagte: Die Götter wohnen in den Zwischenräumen der Welt.

Er hätte sagen sollen: in den Zwischenräumen unserer Erkenntniß der Welt.

Mittenwald, Oberbaiern,
im Oktober 1873.

Der Verfasser.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Was in der ersten Auflage dieser Schrift nur in Kürze dargestellt worden war, daß nämlich die Darwin'sche Theorie auf die Astronomie nicht nur übertragbar sei, sondern in diesem Gebiete sogar ungleich mehr erkläre, als in der Biologie, — war ich bei dieser neuen Auflage bestrebt, in solcher Weise auszuführen, wie es mir nach eingehenderen Studien nothwendig erschien. Dieß konnte aber, von mehrfachen Verbesserungen abgesehen, nicht anders geschehen, als durch vollständige Umgestaltung der Schrift und bedeutende Erweiterung ihres Umfangs.

Es kann nicht bezweifelt werden, daß die von Kant und Laplace begründete Nebularhypothese der spekulativen Astronomie eine feste wissenschaftliche Basis gegeben hat. Aber eine ganze Reihe von Fragen läßt sich stellen, welche ihre Beantwortung darin nicht finden, nämlich alle diejenigen, welche sich auf die mechanische Zweckmäßigkeit des Systems beziehen; die Nebularhypothese läßt also gerade die vom Standpunkte der Teleologie wesentlichen Eigenschaften des Sonnensystems, und der siderischen Systeme überhaupt, unerklärt. Es ist aber der Wissenschaft nicht gestattet, diese Zweckmäßigkeit durch direkte Auslese, durch den Eingriff einer außerweltlichen Ursache, zu erklären, sie ist vielmehr ihrem Begriffe gemäß genöthigt, und hat gar keine andere Wahl, als das Darwin'sche Erklärungsprincip der indirekten Auslese des Zweckmäßigen anzuwenden.

Die Einführung der indirekten Auslese in die Nebularhypothese darf jedoch an den Voraussetzungen der letzteren, daß die Materie des Sonnensystems ursprünglich in ausgedehntem Zustande war und durch die alleinige Thätigkeit des Gravitationsgesetzes sich in eine Mehrheit von Weltkörpern gliederte, nicht nur nichts ändern, sondern auch keine weitere Voraussetzung machen; es darf also keine weitere Erklärungsursache eingeschoben werden, und aus der alleinigen Eigenschaft der Schwere muß nicht nur der physikalische Vorgang, den die Nebularhypothese voraussetzt, sich erklären lassen, sondern auch das in ihrer ursprünglichen Fassung außer ihrem Bereiche liegende zweckmäßige Resultat.

Wie ist dieses aber möglich? Nur so, daß wir das Gravitationsgesetz zugleich als den die indirekte Auslese des Zweckmäßigen besorgenden Faktor hinstellen. Da nun aber das Gravitiren der Elemente des Sonnennebels gegen ihr gemeinschaftliches Centrum in Verbindung mit der Rotation zwar die Scheidung in eine Mehrheit von Welten einsehen läßt, aber durchaus nicht, warum dabei zugleich eine zweckmäßige Massenvertheilung eintreten soll, so bleibt nur übrig, diese letztere aus dem Gravitiren der Planeten gegen einander abzuleiten. Die dabei unvermeidlichen gegenseitigen Störungen mußten Veränderungen herbeiführen, wobei eine Anzahl zweckmäßig vertheilter Planeten indirekte ausgelesen wurde.

Im Verlaufe der Darstellung wird es sich zeigen, wie ungemein

fruchtbar das Erklärungsprincip der indirekten Auslese auf diesem Felde ist. Hier sei nur so viel erwähnt, daß sich daraus nicht nur die zweckmäßige Gestaltung der siderischen Systeme als eine nothwendige Folge ergibt, sondern auch die Existenz derjenigen Weltkörper, welche aus der Nebularhypothese zu erklären bisher vergeblich versucht wurde: Cometen und Meteoriten. Sie ergeben sich nach physikalischen Gesetzen als nothwendige Glieder der Entwicklung, während sie bisher in der Nebularhypothese nur Platz fanden, wenn man die Theorie von Kant und Laplace ihrer schmucklosen Einfachheit beraubte, und Vorgänge voraussetzte, für welche die Empirie gar kein Analogon bietet. In ihrer ursprünglichen Gestalt umfaßt diese Theorie lediglich die Sonne und die Planeten mit ihren Monden. Da nun jede neue Hypothese vor Allem dem Anspruche genügen muß, die Erkenntniß der Einheit der Natur zu fördern, so hatte man allerdings Recht, auch die Cometen und Meteoriten in diese Theorie einzufügen, aber, wie sich leicht zeigen läßt, man hatte Unrecht, einen gleichzeitigen Ursprung für alle Glieder unseres Systems vorauszusetzen. Die Erkenntniß der Einheit der Natur wird eben so gut gefördert, wenn wir alle Erscheinungen des Systems, das leuchtende Centralgestirn, die Planeten und Monde, die Ringe des Saturn, die Asteroiden, Cometen und Meteoriten zu einer zeitlichen Causalreihe nach physikalischen Gesetzen an einander fügen, und diese Erklärungsart, zu der uns sowohl die universale Geltung der irdischen Gesetze, wie die spektralanalytisch bewiesene Gleichheit der kosmischen Stoffe nöthigt, scheint mir die einzige zu sein, durch welche wir in der That zu einer einheitlichen Erklärung des Sonnensystems gelangen, und alle Erscheinungen desselben organisch verbinden können.

In dieser Weise sind die Kapitel, in welchen die Cometen und Meteoriten, in einer von der ersten Auflage abweichenden Weise, behandelt werden, zugleich diejenigen, welche die Uebertragbarkeit der Darwin'schen Theorie auf die Astronomie noch weit klarer ins Licht stellen, als es in der früheren Darstellung sich gezeigt haben mag.

Wenn hiedurch alle diejenigen Hypothesen als überflüssig sich erweisen, wodurch man in sehr verschiedener Weise versucht hat, die Nebularhypothese zu ergänzen, um ihren Erklärungsbereich auf jene exceptionellen Weltkörper auszudehnen, die ja schon ihrer Ueberzahl

wegen den allererſten Anſpruch auf Erklärung haben, wenn ferner die Erweiterung des Erklärungsbereiches ſich ergibt, ohne daß doch eine Vermehrung der Erklärungsurſachen nothwendig wird, ſo dürfte ſich hiedurch der Grundgedanke der vorliegenden Schrift von ſelbſt und um ſo mehr rechtfertigen, als auch durchaus keine Nothwendigkeit ſich einſtellt, andere Vorgänge in der Bildung des Sonnenſyſtems vorauszuſetzen, als ſolche, welche noch in den gegenwärtigen Ver=änderungen ihre empiriſche Beſtätigung finden.

Die übrigen Kapitel, welche als vollſtändig neu bezeichnet werden können, ergänzen die erſte Auflage zu einem Buche, welches ſich bemüht, die naturwiſſenſchaftliche und philoſophiſche Quinteſſenz aus der Aſtronomie nach dem gegenwärtigen Stande unſerer Kenntniſſe zu geben. Wenn ich ſchließlich die Schriften von Friedrich Zöllner in Leipzig und Stanislas Meunier in Paris als diejenigen bezeichne, aus welchen ich für dieſen Theil der Arbeit den größten Nutzen zog, ſo möchte ich in dieſe Erklärung eben ſo ſehr meinen Dank, wie meine Hochachtung legen. Aus dieſen Schriften wird es ſo recht erſichtlich, was ein Naturforſcher zu leiſten vermag, wenn er es verſteht, das an ſich todte Material empiriſcher Thatſachen philoſophiſch zu verarbeiten, d. h. in ſyſtematiſche Verbindung der Art zu bringen, daß wir gleichſam aus einzelnen Worten der Natur, die wir erlauſchen, den ganzen Sinn ihrer Rede verſtehen lernen.

Venedig, im Mai 1876.

Der Verfaſſer.

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Vorrede zur ersten Auflage III
Vorrede zur zweiten Auflage V

I. Darwinismus und Astronomie.

Poetisirende und wissenschaftliche Erklärung der Welt. Die Schönheit und die Erhabenheit der Natur. Das Princip der Entwicklung. Wir lesen vom Himmel nur längstvergangene Zeiten ab. Die Theorie Darwins gilt für alle Entwicklung. Analogien zwischen den biologischen und kosmischen Problemen. Die Natur vermag es nicht, in chaotischen Zuständen zu verharren. Die direkte und die indirekte Auslese des Zweckmäßigen. Die Harmonie des Kosmos als Resultat einer indirekten Auslese durch Elimination des Unzweckmäßigen. Die zweckmäßige Bewegung ist nur ein Specialfall aller Bewegung. Jedes System von Kräften strebt nach einem Gleichgewichtszustande. Die ihren Gesetzen überlassene kosmische Materie muß sich naturgemäß zu zweckmäßigen Bildungen gestalten. Verhältniß der Religion zur Naturwissenschaft 1

II. Die Universalität der irdischen Gesetze.

Die Astronomie der Alten ging vom illusorischen Augenscheine aus. Bedingungen der Erklärbarkeit der Natur. Newton und das Gravitationsgesetz. Die irdische Eigenschaft der Schwere ist übertragbar auf die Urmaterie, die kosmischen Nebel, aus welchen wir den Ursprung der Fixsternsysteme ableiten . . . 31

III. Die Gleichheit der kosmischen Stoffe.

Die Sprache der Sterne ist ihr Licht. Das Licht der Sterne gibt uns Aufschluß über ihre chemische Beschaffenheit. Die Spektralanalyse. Das Spektroskop verräth nicht nur die chemischen Elemente der Lichtquellen, sondern auch den Aggregatzustand derselben. Die Gestirne befinden sich in verschiedenen Entwicklungsstadien. Die Lichtphänomene der Gestirne dürfen nur nach Analogie irdischer Vorgänge erklärt werden. Durch das Spektroskop können auch die Bewegungen der Gestirne controlirt werden 46

IV. Der Kreislauf der Welten.

1. Die Verwandlung kosmischer Nebel in Sternhaufen. Die Universalität der irdischen Gesetze und die Gleichheit der kosmischen Stoffe ermöglichen uns, die Geschichte

Seite

des Kosmos in Richtung der Vergangenheit, wie Zukunft, zu construiren. Die räumlich neben einander liegenden Erscheinungen des Himmels müssen in eine zeitliche Causalreihe gestellt werden. Die verschiedenen Gestalten der kosmischen Nebel. Die Nebelringe. Die Fixsterne sind Sonnen. Wärmeentwicklung der Sonne. Das Sonnensystem war anfänglich ein kosmischer Nebel 62

2. Die veränderlichen Sterne. Die an Fixsternen wahrnehmbaren Erscheinungen sind verschiedene Capitel aus der allen Gestirnen gemeinsamen Geschichte. Die Abkühlung der Gestirne. Die veränderliche Lichtstärke der Gestirne beruht auf Schlackenbildung in einem bestimmten Abkühlungsstadium. Alle Fixsterne sind von Planeten begleitet 76

3. Das Auflodern neuer Sterne. Der Tychonische Stern. Das Einstürzen der Erstarrungskrusten der Gestirne. Das optische Verschwinden der Gestirne. Die Entwicklungsphasen der Gestirne stimmen mit den geologischen Entwicklungsphasen der Erde überein 84

4. Die Verwandlung der Sternhaufen in kosmische Nebel. Die Verdunklung von Sternhaufen. Der Ursprung der kosmischen Nebel. Die Verwandtschaft der Naturkräfte. Kosmische Nebel können nur entstanden sein durch Verwandlung gravitirender Bewegung in Wärme. Die Vereinigung der Materie eines Sternhaufens muß eine Wärmemenge erzeugen, welche die Materie wieder so weit zerstreut, als sie es ursprünglich war. In welchem Stadium des Kreislaufes befindet sich unser Fixsternsystem? Die Fixsterne haben Eigenbewegung. Die Sternbilder müssen den Anschein der Unveränderlichkeit haben 95

5. Die Zeichen des Verfalls am Himmel. Die anscheinende Unveränderlichkeit der Sternbilder beruht auf ihrer großen Entfernung. Das Stadium des Kreislaufes, in dem wir uns befinden, wird angezeigt durch die Anzahl der veränderlichen Sterne, der neu auflodernden Sterne und der dunklen Sonnen. Der Fortschritt einer Wissenschaft beruht nicht auf der Menge des angesammelten Beobachtungsmaterials, sondern auf der Schärfe der Verstandesoperationen, durch welche ein wenn auch geringes Material ausgenützt wird 107

V. Entwicklungsgang des Sonnensystems.

1. Die Planeten. Die zweckmäßige Massenvertheilung als Resultat einer indirekten Auslese. Die Universalität der irdischen Gesetze auf die nebelförmig ausgedehnte Materie des Sonnensystems angewendet, ergibt die Geschichte des Sonnensystems. Die Abtrennung planetarischer Ringe. Die Verwandlung der Ringe in Kugeln. Die gegenseitige Anziehung der abgetrennten Planeten bewirkte Störungen. In jeden unzweckmäßigen Zustand muß das Princip der indirekten Auslese eingreifen. Die Keppler'schen Gesetze. Die Anzahl der Planeten war ursprünglich viel größer. Durch die indirekte Auslese wurden die meisten in langgestreckte elliptische, oder in parabolische, oder hyperbolische Bahnen geworfen; andere vereinigten sich wieder mit der Sonne 116

Seite

2. Die Monde. Die Planeten müssen Monde abtrennen. Die Anzahl der Monde war ursprünglich größer. Aus den Naturgesetzen folgt nicht, daß unzweckmäßige Bildungen vermieden werden, wohl aber, daß sie beseitigt werden. Warum trennen die Monde keine Begleiter ab? Die Rotationsgeschwindigkeit der Monde wird durch die Planeten verlangsamt und aufgehoben. Die Monde verlangsamen die Rotationsgeschwindigkeit ihrer Planeten. Ebbe und Fluth 132
3. Die Nebularhypothese. Die Theorie von Kant und Laplace. Die Glieder des Sonnensystems stimmen in ihrer Bewegungsrichtung und stofflichen Zusammensetzung überein. Die Geschichte aller Planeten ist wesentlich gleich. Die Ringe des Saturn in ihrer Bedeutung für die kosmische Paläontologie. Die Entwicklung des Sonnensystems durch Plateau experimentell dargestellt. Die Geschichte des Sonnensystems ergänzt die uns wahrnehmbare Geschichte der Fixsterne. Alle Fixsterne trennen Planeten ab. Damit erweitert sich das Phänomen des Lebens zum kosmischen Phänomene . . . 140

VI. Die kosmische Zweckmäßigkeit.

Die Harmonie als mittlere Phase einer jeden Entwicklung. Aesthetische Bewunderung und metaphysische Verwunderung. Der anthropocentrische Standpunkt der Beurtheilung. Die ptolemäisch-christliche Weltanschauung. Der mechanische Standpunkt der Beurtheilung. Binarsysteme. Gruppensysteme. Erde und Mond. Sonne und Planeten. Doppelte und mehrfache Sterne. Sterngruppen halten den ersten Gleichgewichtszustand fest, der sich ihnen bietet. Materielle Centralkörper und virtuelle Schwerpunkte. Der Kreislauf beginnt und endet mit Katastrophen . 151

VII. Zweckmäßigkeit und Unzweckmäßigkeit im Sonnensysteme.

1. Der Mechanismus der Planeten. Zweckmäßige Massenvertheilung. Die Massen der Planeten, ihr Sonnenabstand und ihre Bewegungsgeschwindigkeit stehen in genau abgewogenem Verhältnisse. Der Mechanismus des Planetensystems läßt sich mit einem Kunstwerke hohen Ranges vergleichen. Die Bahnformen. Gefährliche Bahnelemente und materielle Gefährlichkeit der auf ihnen wandelnden Gestirne schließen sich gegenseitig aus. Was materiell gefährlich ist, bewegt sich gefahrlos; was sich gefährlich bewegt, ist gefahrlos. Die indirekte Auslese als Ursache dieser Anordnung. Die Störungen. Jupiter und Saturn. Die Incommensurabilität der Umlaufszeiten. Die Nebularhypothese erklärt die mechanische Zweckmäßigkeit des Planetensystems erst im Vereine mit der indirekten Auslese 169
2. Die Asteroiden. Die Entstehung der Asteroiden gehört einem späteren Stadium der Entwicklung an. Die Bahnen der Asteroiden. Zwecklosigkeit und Zweckwidrigkeit; beide Arten von Unzweckmäßigkeit sind im Sonnensysteme gegeben. 180
3. Die Cometen. Sie sind lehrreicher, als Planeten, weil sie im Processe der Anpassung noch begriffen sind. Der conservativen Anpassung der Planeten muß eine progressive Anpassung vorhergegangen sein. Die Cometen stellen die Bahnelemente und die Störungen der Planeten in stark

Seite

vergrößertem Maßstabe dar. Die Umgestaltung ihrer Bahnen. Systemwechsel der Cometen. Die Anpassung der Cometen an die Hausordnung des Sonnensystems wird verzögert durch ihr kurzes Verweilen in der Planetensphäre. Die natürliche Beseitigung unzweckmäßiger Bahnformen. Die Elimination des Irrthums im geistigen Processe des Menschheit. Die Wahrheit ist ein Specialfall aller Meinung; aus ihrer Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit schöpft sie ihre Kraft, sich zu erhalten. Die materielle Macht, zu schaden, ist bei den Gestirnen durch die Schranken der Bewegung gebannt; die größere Freiheit der Bewegung ist mit materieller Unschädlichkeit verbunden. Die Cometen häufen sich dort an, wo sie den geringsten Störungen ausgesetzt sind. Die Gleichzeitigkeit von zweckmäßigen und unzweckmäßigen Erscheinungen im Sonnensysteme bleibt unverständlich bei der Annahme einer direkte auslesenden, intelligenten Ursache; dagegen verschwindet der Widerspruch sofort, wenn wir den Proceß einer indirekten, noch nicht vollendeten, Auslese voraussetzen. Die Welt ist nicht die bestmögliche, sondern eine immer besser werdende; die Harmonie der Gestirne ist eine wachsende. Die Unzulänglichkeit der theistischen Hypothese 186

4. Die Meteoriten. Die mechanische Unzweckmäßigkeit ihrer Bahnen. Sie werden in der Atmosphäre leuchtend und aufgelöst, oder zerstückelt. Identität von Feuerkugeln, Sternschnuppen und Meteoriten. Die periodischen Sternschnuppenfälle. Die Cometen als Bestandtheile von Meteoritenschwärmen. 202

VIII. Die Zukunft des Sonnensystems.

1. Der Untergang der Planeten. Die Planeten erfahren einen Bewegungswiderstand durch die auf sie herabstürzenden Meteoriten. Der kosmische Aether als widerstehendes Medium. Verkürzung der Umlaufszeit des Enke'schen Cometen. Die Absorption des Lichtes durch den Aether. Die Planeten bewegen sich in Spiralen gegen die Sonne 210

2. Die Erkaltung der Sonne. Die Temperatur der Sonne. Wärmeverluste der Sonne. Ersatz für die ausgestrahlte Wärme. Das Gleichgewicht zwischen Wärmeausgabe und Wärmeeinnahme kann nicht fortbestehen. Die Sonnenflecken als Anzeichen beginnender Erstarrung. Die Abkühlungstheorie. Die Unwissenschaftlichkeit der Photosphärenhypothese. Die Entwicklungsgeschichte der Sonne ist typisch für alle Fixsterne. Verdunkelte Sonnen 217

IX. Die Zukunft der Erde.

1. Vergleichende Astronomie. Alle räumlich neben einander liegenden Erscheinungen des Sonnensystems sind als Glieder einer Causalreihe anzusehen, welche theils die Vergangenheit, theils die Zukunft der Erde anzeigen. Die Planeten altern in ungleichen Zeitlängen. Die Geschwindigkeit ihrer Abkühlung ist abhängig von ihrem Umfange und ihrem Sonnenabstande. Da das Tempo der Abkühlung hauptsächlich von der Größe abhängig ist, und die Planeten sich gegenseitig zu einem Gesammtbilde planetarischer Entwicklung ergänzen, so fällt die Altersreihe mit der Reihenfolge der Größen zusammen. Die Entwicklungsstadien der Planeten müssen

Seite

nach physikalischen Gesetzen auseinander abgeleitet werden können. Geologie und Astronomie ergänzen sich gegenseitig. Die Geologie des Himmels 228

2. Die Vergangenheit der Erde. Die Entwicklungsphasen der Fixsterne sind auch die der Erde gewesen. Gasförmiger Zustand. Glühend-flüssiger Zustand. Die Erde als veränderlicher und neuaufloderner Stern. Die Erstarrungskruste. Die Bildung der Oceane. Die Absorption der Meere durch die Gesteine. Die Urmeere waren reicher an Kalk. Die ursprüngliche Atmosphäre der Erde war reicher an Kohlensäure. Die Steinkohlenperiode. Die Scheidung der klimatischen Zonen. Die Entstehung des Eises an den Polen. Venus repräsentirt die Vergangenheit der Erde 237

3. Die Phase des Mars. Mars repräsentirt die nächste Zukunft der Erde. Die Absorption seiner Atmosphäre und seiner Meere ist weiter fortgeschritten. Seine polaren Eisfelder sind ausgedehnter 244

4. Die Phase des Mondes. Gefrorne Meeresreste. Gletscherentwicklung. Die Ringgebirge. Der Mond ist übersät mit erloschenen Vulkanen. Die Anziehungskraft der Erde als Ursache der vulkanischen Thätigkeit des Mondes. Die Excentricität des Mondschwerpunktes 246

5. Das Ende des biologischen Processes. Zusammenhang der Sonnenflecken und der Temperatur der Erde. Die Bewegung der Isothermen von den Polen zum Aequator. Die Verbreitung der Flora und Fauna von den Polen gegen den Aequator. Die Tropen als letzte Zufluchtsstätte der irdischen Geschöpfe. Das Ende des biologischen Processes muß der Erkaltung der Sonne vorhergehen. Die Temperatur des Raums. Die Sonne als Quelle jeder irdischen Bewegung. Alle geologischen, meteorologischen, vegetativen und vitalen Veränderungen, wie alle künstliche Bewegung durch Maschinen, lassen sich auf Sonnenwärme zurückführen 252

6. Die Zeichen des Verfalls im Sonnensysteme.

   a. Der Ursprung der Asteroiden. In einem bestimmten Stadium der Abkühlung eines Gestirns muß sein Zerfall in Fragmente eintreten. Die zahlreichen schmalen, tiefen Rillen, welche die Oberfläche des Mondes durchziehen, sind die ersten Anzeichen seines Zerfalls in Asteroiden. Die Asteroiden sind Bruchstücke eines Planeten. Ihre unregelmäßige, fragmentarische Form. Verschiedene Hypothesen über den Ursprung der Asteroiden. Die Unwahrscheinlichkeit einer Katastrophe durch Zusammenstoß, oder durch innere vulkanische Kräfte. Die Asteroiden setzen die Causalreihe fort, welche durch Venus, Erde, Mars und Mond dargestellt wird. Sie bilden eine Zwischenform zwischen Planeten und Meteoriten . . . 260

   b. Der Ursprung der Meteoriten. Sie sind Bruchstücke zerfallener Weltkörper, durch sekundäre Theilungen von Asteroiden entstanden. Identität der Sternschnuppen und Meteoriten. Die Weltkörper, welchen die Meteoriten entstammen, haben die von den Planeten repräsentirten successiven Entwicklungsphasen zurückgelegt; sie hatten

Seite

eine vulkanische Periode zurückgelegt und ihre Atmosphären und Meere absorbirt. Der Zerfall in Fragmente als letzte Phase planetarischer Entwicklung 271

c. Der Ursprung der Cometen. Die Cometen lassen sich sowohl in Bezug auf ihre physikalische Beschaffenheit, wie in Bezug auf ihre Bahnelemente organisch in die Nebularhypothese einfügen, sobald man sie, statt ihnen das gleiche Alter, wie den Planeten, zuzuschreiben, als Endglieder der Causalreihe auffaßt. Sie unterscheiden sich von den Meteoriten durch ihre Verdunstungsfähigkeit. Zusammenhang zwischen Cometen und Meteoritenschwärmen. Zöllners Theorie über die Natur der Cometen. Cometen mit doppelten und mehrfachen Schweifen. Schweiflose Cometen. Die Theilung des Cometen von Biela. Das Herabfallen flüssiger Meteormassen auf die Erde. Von der rotirenden Sonne können sich ursprünglich nur planetarische Massen in planetarischen Bahnen abgetrennt haben; die Cometen und Meteoriten sind Endglieder der planetarischen Entwicklung, und ihre Bahnen sind erst durch Umgestaltung von Planetenbahnen entstanden. Die rückläufigen Cometen sind Eroberungen des Sonnensystems. Eine richtige Cometentheorie muß auch die Ueberzahl der Haarsterne gegenüber den Planeten als eine nothwendige nachweisen. Da die mechanische Zweckmäßigkeit des Planetensystems nur das Resultat indirekter Auslese sein kann, so muß die ursprüngliche Anzahl der Planeten viel größer gewesen sein. In den gegenseitigen Störungen derselben wurde die überwiegende Mehrzahl in elliptische, parabolische oder hyperbolische Bahnen gedrängt, auf welchen sie viel rascher in Meteoriten und Cometen zerfallen mußten. In Hinsicht auf den organischen und biologischen Proceß können diese eliminirten Planeten nicht ernstlich in Betracht kommen. Das Mißverhältniß der kosmischen und biologischen Zeitlängen. Die Bewohnbarkeit kein nothwendiges Merkmal der Gestirne. Die Sonnensysteme schieben sich gegenseitig jene Begleiter zu, welche als unzweckmäßig ausgeschieden werden: das Princip des Bösen in seiner ursprünglichsten Gestalt. Alle parabolischen und hyperbolischen Bahnen müssen allmählig in geschlossene verwandelt werden. Nicht als Riesensternschnuppe, sondern als Meteoritenregen wird einst die Erde in die Sonne stürzen. Das Erklärungsprincip der indirekten Auslese erklärt alle Erscheinungen, die sich in die Nebularhypothese nicht einfügen lassen wollten; es erweitert den Umfang des zu erklärenden Gebietes, ohne doch die Erklärungsursachen zu vermehren, und setzt nur solche Wirkungen des Gravitationsgesetzes voraus, die sich noch jetzt empirisch nachweisen lassen . 281

X. Die Ewigkeit des Schöpfungsvorgangs.

Die Gestirne befinden sich in verschiedenen Entwicklungsstadien. Das Verhältniß der christlichen Weltanschauung zu der des Copernikus. Die biologischen Vorgänge der einzelnen Gestirne sind von einander isolirt; die biologische Entwicklung

Seite

des Kosmos ist keine fortlaufende, sondern wird immer wieder abgeschnitten. Die kosmischen Vorgänge ergänzen sich zum Kreislaufe. Die Kalpas der Buddhisten. Die Eigenbewegung der Fixsterne geschieht nach dem Gesetze der Gravitation um ein gemeinschaftliches Anziehungscentrum. Das Problem der Centralsonne. Die Plejaden als dynamische Mittelgruppe des Milchstraßensystems. Die doppelten und mehrfachen Nebel. Die Gleichzeitigkeit von Nebelflecken und Sternhaufen ist nicht nur optisch, sondern wirklich vorhanden. Die biblische Schöpfungstheorie widerlegt sich aus ihren naturwissenschaftlichen Consequenzen. Jede erreichbare kosmische Zweckmäßigkeit ist eine in Raum und Zeit begrenzte. Auf alle Sterne müssen wir im Großen und Ganzen die irdischen Verhältnisse übertragen. Der Schmerz ist im ganzen Kosmos ein so allgemeines Gesetz, wie die Gravitation 311

XI. Bewegung und Empfindung der Materie.

Die Gravitation regiert zwar die Bewegung, bringt sie aber nicht hervor. Bei jeder krummen Bahn muß die Schwerkraft mit einer anderen Kraft combinirt sein. Der ursprüngliche Zustand der Materie kann eben so gut die Bewegung, wie die Ruhe sein. Das Gesetz der Trägheit bezieht sich auf Ruhe, wie Bewegung. Mit der Zurückführung der Erscheinungen auf gesetzmäßig wirkende Kräfte ist zwar die Aufgabe der Naturwissenschaft erfüllt, aber die Gesetzmäßigkeit der Materie ist selbst wieder ein Problem; sie kann nicht der Materie, als einer todten Masse, nur äußerlich ankleben, sondern muß aus dem Wesen der Materie entspringen. Die Gesetzmäßigkeit der Materie muß durch eine Generalisation erklärt werden, indem wir aus dem Vorrathe bekannter Kräfte eine solche allgemein auf die Materie übertragen, welche uns zum inneren Verständniß der Gesetzmäßigkeit führt. Die Empfindung als fundamentale Eigenschaft der Materie. Die Empfindung der organisirten Materie ist nur eine Steigerung einer der Atomen aller Materie zukommenden Eigenschaft. Das Axiom von der Erhaltung der Kraft nöthigt uns, den Willen als transformirte materielle Energie anzuerkennen. Der Makrokosmos ist aus dem Mikrokosmos zu erklären. Die Causalität ist das äußerliche, der Wille das innerliche Merkmal aller Veränderungen. Die Veränderungen der siderischen Mechanismen streben dahin, die Anzahl der Zusammenstöße auf ein Minimum zu reduciren. In der kosmischen Harmonie der Gestirne ist die Summe der möglichen Unlustempfindung der Atome auf ihr geringstes Maß gebracht. Es ist das gleiche Gesetz, nach welchem in der unorganischen Natur das Gleichgewicht mechanischer Kräfte sich einstellt, in der organischen Natur die Anpassung der Organismen erfolgt, und im Reiche des Geistes der Irrthum, als Widerspruch zwischen unseren Vorstellungen und der Wirklichkeit, immer mehr ausgeschieden wird 326

XII. Die Mehrheit bewohnter Sterne.

Alle Fixsterne sind von Planeten begleitet, auf die wir nach Analogie der Erde das Phänomen des Lebens übertragen müssen. Das wirkliche Leben ist auf Erden bis zu den äußersten Grenzen der Möglichkeit verbreitet. Nicht auf allen Sternen ist ein geregelter biologischer Proceß möglich. Die Organismen sind

Seite

überall ihren Lebensverhältnissen entsprechend. Die Beschaffenheit der Bewohner eines Gestirns hängt ab von den chemischen Elementen, aus welchen es zusammengesetzt ist, von den Mischungsverhältnissen dieser Elemente und von seiner Masse, da dieselbe die Gewichtsverhältnisse auf seiner Oberfläche bestimmt. Die physische Organisation der Planetenbewohner muß von der größten Mannigfaltigkeit sein. Der Schmerz als allgemeines Naturgesetz. Aus dem Vorhandensein des physischen Uebels folgt unmittelbar das des Bösen. Die intellektuelle Natur der Planetenbewohner. Wie die leiblichen Organe müssen sich auch die Erkenntnißorgane der Wirklichkeit anpassen. Die Formen der äußeren Natur, Raum, Zeit und Causalität, müssen auch Formen der Erkenntniß sein 338

XIII. Anmerkungen.

1. Die Gestirne und die Weltgeschichte. Gedanken über Raum, Zeit und Ewigkeit. Von Dr. Felix Eberty.
2. Der Venusmond und die Untersuchungen über die früheren Beobachtungen dieses Mondes. Von Dr. F. Schorr . . 352

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

I.

Darwinismus und Astronomie.

Es liegt in aller Wissenschaft die Tendenz, die Erscheinungen jener Poesie zu entkleiden, womit die menschliche Phantasie sie umhüllt. Denn diese nur ist im Grunde poetisch, nicht die Welt der Erscheinungen an sich; die Aufgabe der Wissenschaft aber besteht darin, das begriffliche Abbild der Welt zu geben, wie diese ist, nicht wie sie sich im Auge des auf ihr weilenden Fremdlings bricht. Dem alten Griechen, der die Dryade des Haines wehklagen hörte, wenn ein Baum gefällt wurde, stellte sich die Natur ohne Vergleich poetischer dar, als unserem Forstmanne, der nach wirthschaftlichen Grundsätzen und den Principien der Dendrologie den Wald besorgt. Aber wenn man es beklagen mag, daß in dieser Weise die Natur ihres poetischen Reizes durch die Wissenschaft entkleidet wird, so ist doch zu bedenken, daß die Wahrheit nicht anders zu Tage zu fördern ist, als durch Ausscheidung des subjektiven Antheils unserer Sinne und Fähigkeiten aus unseren Vorstellungen, und daß die Herrschaft des Menschen über die Natur nur in dem Maße erstarkte, als er aufhörte, mit den Augen des Dichters in sie zu schauen.

Es erleidet zudem keinen Zweifel, daß die begrifflich erkannte Natur im gleichen Verhältnisse an Erhabenheit gewinnt,

als sie an Schönheit verlieren mag. Keine menschliche Einbildung erreicht die erstaunliche Fülle und zweckmäßige Bildung der lebenden Wesen, von welchen der Zoologe Kenntniß hat, und je mehr der Himmel wissenschaftlich durchforscht wurde, desto mehr mußten nicht nur die engen Schranken hinausgerückt werden, die ihm der Mensch beigelegt hatte, sondern auch der Reichthum seiner Gebilde läßt alle früheren Vorstellungen der poetischen Phantasie weit hinter sich. Lyrischer erschien die Natur jenen Menschen, welchen der persönliche Helios den Sonnenwagen lenkte, welche aus dem Schilfe die Klage der Syrinx vernahmen, und welchen in dem Steine die Tochter des Tantalus schwieg; aber erhabener stellt sich die Natur jenen Völkern dar, welche den ursachlichen Zusammenhang aller Erscheinungen erkannt haben und folgerichtig auch zu der correspondirenden religiösen Vorstellung, dem Monotheismus, übergegangen sind. Aber beiden Weltanschauungen ist es gemeinschaftlich, daß sie im Anthropomorphismus stecken blieben und den Dualismus nicht zu überwinden vermochten; in ihrem Streben, die Natur zu beseelen, blieb ihnen doch der spröde Kern der Dinge als unauflöslicher Rest übrig. Kein Wunder, daß ein so großer Dichter, wie Göthe, sich vom Monotheismus abgestoßen fühlte; kein Wunder aber auch, daß Schiller sich nach den Göttern Griechenlands sehnte, deren dualistisches Verhältniß zur Materie ein verhüllteres ist.

Nicht in jeder Hinsicht bietet das Erhabene einen Ersatz für das Schöne. Im Anblick des Schönen verliert sich der Mensch in die Natur, im Anblick des Erhabenen ist er von ihr abgelöst, und dem Forscher steht sie um so fremder gegenüber, je mehr diese Erhabenheit zu Tage tritt. Dieß ist ohne Frage ein bedeutender Unterschied zwischen der Weltanschauung der alten Griechen und der Modernen. Aber es ist auch kein Zweifel, daß, je mehr es uns gelingt, die vom Alterthume und vom Mittelalter überkommene Aufgabe zu lösen, und das

derzeit noch zu äußerlich aufgefaßte Verhältniß der Materie zu den sie beherrschenden Gesetzen in ein innerliches zu verwandeln und aus den Eigenschaften der Materie selbst abzuleiten, je mehr wir zum Monismus hintreiben, auch unser Verhältniß zur Natur wieder ein intimeres werden wird, sollte sich dabei auch als correspondirende religiöse Uebergangsform der Pantheismus ergeben.

Die Wissenschaft hat es darum nicht zu bedauern, wenn sich aus dem rücksichtslosen Verfolgen ihrer Aufgabe die Zerstörung mancher schönen Illusion ergeben und, da ja unsere Ideen über den Schauplatz unseres Daseins unvermeidlich auch unsere Ideen über den Sinn und die Ziele unseres Daseins mitbestimmen werden, unsere Weltanschauung ernüchtert werden sollte. Alles in Allem haben wir keinen Grund, in die Klage Schillers in den „Göttern Griechenlands" einzustimmen. —

Es mag Manchem als ein vermessenes Unterfangen der menschlichen Vernunft erscheinen, den Hebel der Erklärung an dem schönsten und großartigsten Bilde anzusetzen, das die Natur vor unseren Augen ausgebreitet hat: an der Erscheinung des nächtlichen Himmels mit dem Uebermaße seiner funkelnden Sterne; mancher mag es für ein fruchtloses Beginnen halten, die Gesetze des Himmels durchdringen und seine erstaunlich zweckmäßige Anordnung auf blinde Mechanik der Naturkräfte zurückführen zu wollen. Denn, in der That, je genauer wir die Gesetze etwa der Planetenbewegungen kennen lernen, desto zweckmäßiger erscheint uns die Anordnung des Systems, und es ist nicht zu verwundern, daß so verdiente astronomische Forscher, wie Lamont, Mädler, Littrow und manche Andere in der Reihe der Vorfechter des Theismus stehen. Indessen sind es doch naheliegende Erwägungen, welche den Aengstlichen erkennen lassen sollten, daß der menschliche Geist auf keinem Gebiete mit solcher Sicherheit sich festzusetzen und erobernd sich auszubreiten vermag, wie eben auf diesem, das so geeignet ist, den Unkundigen mit andächtiger Scheu zu erfüllen. Denn

weit größere Bestimmtheit ist zu erreichen in mathematischen und physikalischen Problemen, als in denen der organischen Natur, und da die Körper, mit welchen die Astronomie es zu thun hat, die einfachste Form haben, nämlich die Kugelform, da ferner das Gesetz, nach welchem sie sich bewegen, einzig das Gesetz der Schwere ist, so hat auch die Wissenschaft kein Gebiet der Natur so erfolgreich zu bearbeiten vermocht, als dieses. Leichter, als sie die Gesetze erkennen wird, nach welchen eine Pflanze sich entwickelt, wird sie die Untersuchung über die mechanische Verfassung des Weltalls durchführen können. Mag auch Kant's Bedenken, daß sich niemals ein „Newton des Grashalms" finden werde, nicht mehr allgemein getheilt sein, so findet man es doch erklärlich, daß ein solcher länger auf sich warten läßt, als der Newton der Gestirne.

Nur darum, weil die Probleme der Astronomie relativ so einfach sind, hat diese Wissenschaft Triumphe aufzuweisen, wie keine andere. So konnte z. B. Leverrier aus den Unregelmäßigkeiten im Laufe des Uranus auf die Existenz eines noch entlegeneren Planeten, Neptun, schließen, und Ort wie Masse des noch unentdeckten Gestirnes bestimmen, welches alsdann in der That gefunden wurde, als Galle in Berlin nach der bezeichneten Himmelsgegend sein Fernrohr richtete.

Solche Erfolge sind wohl geeignet, den Astronomen mit einem Vertrauen in seine Wissenschaft zu erfüllen, wie es kein anderer Zweig der Forschung einzuflößen vermag. —

Es hat sich im Fortschritte der neueren Wissenschaft kein Princip so fruchtbar erwiesen, als das Princip der Entwicklung. Alle Zweige der modernen Wissenschaft concurriren in Anwendung desselben und haben damit die erfreulichsten Resultate zu Tage gefördert. Die Geologie deutet die aufeinander gelagerten, erhärteten Schichten der Erdkruste im Sinne einer Entwicklungsgeschichte des Erdballs; die Biologie im Bunde mit der Petrefaktenkunde reiht die lebenden und versteinerten Exemplare

von Pflanzen und Thieren aneinander und construirt die Entwicklungsgeschichte des organischen Lebens unserer Erde; die Sprachforschung stellt den Stammbaum der Sprachen auf und sucht in denselben nach Merkmalen, welche auf die vorgeschichtlichen Zeiten des Menschengeschlechtes Licht werfen und Thatsachen enthüllen, für welche seit Jahrtausenden keine Erinnerung mehr bestand; die Anthropologie findet in Gestalt und Gesichtsausdruck der Menschen rudimentäre Anzeichen, welche auf seine Entwicklung aus niederen Lebensformen schließen lassen; die Geschichte endlich bringt die Kulturentwicklung der Menschheit seit historischen Zeiten zur Darstellung. In allen diesen Wissenszweigen aber zeigt es sich, daß wir die Erscheinungen erst dann verstehen, wenn wir ihr Werden begriffen haben.

Auf den ersten Blick nun erscheint allerdings die Anwendung dieses Princips der Entwicklung auf den Sternenhimmel nicht zulässig. Daß auch die gegenwärtige Verfassung des Kosmos nur das Resultat eines Processes sei und noch weitere Veränderungen in der Sternenwelt geschehen werden, daß also auch der Himmel seine Geschichte habe und nicht erschaffen, sondern entwickelt sei, — dieses anzunehmen fällt der Menschheit schwer, die zwar erkannt hat, daß unter dem Monde Alles wandelbar sei, deren historische Erinnerung aber die unwandelbare Treue des Tag- und Nachtgestirns im Auf- und Niedergehen bewahrt. Fixsterne nennen wir noch immer jene fernen Gestirne, die noch heute zu denselben Sternbildern vereinigt sind, welche gesehen wurden von den frühesten Völkern Asiens, von den Pyramidenerbauern und den Zeitgenossen Homers; in scheinbar ewiger Harmonie und Ordnung dagegen scheinen die Wandelsterne unseres Sonnensystems auf vorgezeichneten Bahnen sich zu bewegen. So wollen wir nur ungern der Vorstellung entsagen, es sei der gegenwärtige Zustand des Firmaments ein von Ewigkeit her und für alle Ewigkeit bestehender; insbesondere aber sträuben wir uns gegen die

Annahme solcher Veränderungen im Kosmos, aus welchen Auflösung und Untergang hervorgehen könnte.

Aber immer mehr im Fortschritte der Astronomie bricht sich die Erkenntniß Bahn, daß auch in den Regionen der Fixsterne das „πάντα ῥεῖ“ des alten Heraklit seine Geltung habe, und je tiefer die Forschung eindringt in das Gefüge dieser Welt, desto mehr erkennt sie, daß eben diese Harmonie und Ordnung in der Sternenwelt nur ein Stadium in diesem Fluße der Dinge ist. Den unzulänglichen Maßstab historischer Zeitlängen freilich dürfen wir an die kosmischen Veränderungen nicht legen; aber es hat uns auch schon das Studium tellurischer Entwicklung gelehrt, daß in der Geschichte der Natur Jahrtausende von keinem Belange sind, und wie wir in Hinsicht auf räumliche Ausdehnung des Kosmos an ungeahnte Maße uns gewöhnen mußten, so dehnen sich uns auch die Zeitlängen aus, innerhalb welcher von kosmischen Veränderungen geredet werden kann. —

Die Biologie in ihrer neueren Gestalt, für welche Darwins Untersuchungen grundlegend geworden sind, lehrt, daß wir alle Anpassung der Organismen an ihre respektiven Lebensverhältnisse, alle Zweckmäßigkeit in der leiblichen Verfassung der Individuen, als das natürliche Resultat langer Entwicklungsprocesse zu erachten haben, daß aber keine Entwicklung ohne die Inconvenienz begleitender Kämpfe auftritt. Daß aber dieses Gesetz keineswegs auf die biologischen Veränderungen sich beschränkt, sondern vielmehr in modificirter Form, nach Maßgabe der Verschiedenheit der von den Specialwissenschaften behandelten Objekte, auf alle diese übertragen werden kann, möchte schon daraus erhellen, daß alle Zweige der empirischen Forschung dem Erklärungsprincip der Entwicklung zutreiben, welche in keinem Gebiete getrennt gedacht werden kann von einer Art von Concurrenz. Denn jede Entwicklung besagt theilweise Negation des jeweilig gegebenen Zustandes und Bewegung

nach einem neuen Zustande hin unter Ueberwindung aller retardirenden Momente.

Wenn wir nun in Bewunderung der zweckmäßigen Anordnung der Gestirne auch an sie den gleichen Maßstab legen und nach Analogien suchen wollen zwischen den biologischen und kosmischen Vorgängen, so erscheint das bei der totalen Verschiedenheit der Objekte vorerst allerdings unthunlich; wir werden aber gleichwohl sehen, daß in allgemeiner Hinsicht sehr merkwürdige Analogien vorhanden sind — und zwar nicht spielende Analogien des menschlichen Geistes, sondern reale Analogien der Natur — und daß, wenn wir die mechanische Zweckmäßigkeit in der Gruppirung und Bewegung der Gestirne aus natürlichen Ursachen erklären wollen — und nach anderen sucht ja die Wissenschaft überhaupt nicht, — uns keine andere Wahl bleibt, als sie zu erklären aus natürlicher Auslese und Anpassung; diese Einsicht aber muß das Vertrauen erwecken, daß auch für die Astronomie etwas Aehnliches geleistet werden kann, wie es durch Darwin für die Biologie geschehen ist.

So lange die Arten des Thierreiches als feststehende Typen betrachtet wurden, welche die Natur ein für alle Mal geschaffen, und die sich vom ersten Paare ab durch Fortpflanzung unverändert erhielten, war im Grunde mit der Ablehnung der dießbezüglichen biblischen Erzählung noch nichts Positives gewonnen, und selbst nennenswerthe Forscher sahen sich von Zeit zu Zeit genöthigt, die biblische Hypothese von Neuem aufzunehmen. Genau im gleichen Falle aber befinden wir uns den Gestirnen gegenüber. So lange das Weltall als von Ewigkeit her in seiner gegenwärtigen Verfassung bestehend gedacht wurde, war an Stelle der Mosaischen Schöpfungsgeschichte im Grunde nichts Besseres zu setzen. Aber wie die Erkenntniß, daß die Arten, mit Einschluß des Menschen, nicht erschaffen, sondern entwickelt seien, mit Einem Male Licht in ein dunkles Gebiet brachte, so wird uns auch das große kosmische Räthsel mehr und mehr

klar, je mehr wir erkennen, daß seine befremdende Gestaltung das Resultat einer langen Reihe von Veränderungen ist.

Wären wir selbst beschränkt auf Beobachtungen innerhalb des Sonnensystems, so würden wir schon daraus auf eine weit in die Vergangenheit zurückreichende Entwicklung der Planeten mit Sicherheit schließen können. Newton war der Erste, der die Abplattung der Erde an den beiden Polen in Verbindung brachte mit der Geschichte der Erde. Eine solche Form entsteht nach Gesetzen der Mechanik nur, wenn eine flüssige Masse um ihre Axe rotirt, indem alsdann durch die Schwungkraft des Aequatorgürtels ein Anschwellen desselben eintreten muß, während, bei mangelnder Centrifugalkraft, die Pole der Centripetalkraft unterliegen und eine Verkürzung der Rotationsaxe sich ergeben muß. Die Abplattung der Erde, der gemäß der Durchmesser von Pol zu Pol etwa um sechs deutsche Meilen kürzer ist, als der äquatoreale Durchmesser, läßt daher auf einen ehemals flüssigen Zustand unseres Sternes schließen, der schon damals die gleiche Rotationsaxe und Drehungsgeschwindigkeit besaß. Die Geologie reicht hier der Astronomie die Hand, indem sie den Nachweis führt, daß die Erde aus feurigflüssigem Zustande erkaltet sei. Die Granitunterlage der Gebirge zeigt eine Struktur, die nur entstanden sein kann durch krystallinische Erstarrung flüssiger Massen und die geschmolzenen Gesteine, welche aus dem Inneren der Vulkane hervorbrechen, wie die Temperaturzunahme beim Vordringen gegen den Erdmittelpunkt, bezeugen, daß man schon in relativ geringen Tiefen der Schmelzhitze der Minerale begegnen würde.

Aber auch die übrigen Glieder des Planetensystems zeigen mehr oder minder bestimmt diese Abplattung, auch sie müssen daher aus flüssigem Zustande erstarrt sein. Ferner ist der längste Durchmesser des Mondkörpers gegen die Erde gerichtet, — eine Form, die gleichfalls auf einen früheren flüssigen Zustand schließen läßt. Diese Form des Mondkörpers aber wie-

derum bedingt die Gleichheit seiner Umlaufszeit mit seiner Umdrehungszeit und da diese Gleichheit auch für die übrigen Monde der Planeten, soweit die Beobachtungen reichen, sich nachweisen läßt, so folgt daraus die wesentliche Gleichheit der Entwicklung aller dieser Gestirne.

So ist es also die Gestalt selbst des Sternes, den wir bewohnen, die, aus den Tiefen der Vergangenheit zu uns redend, anzeigt, daß Umwandlungen in seiner Beschaffenheit stattgefunden haben und daß er einst als glühender Tropfen die Sonne umkreiste.

Aber weiter noch in die Vergangenheit lassen sich die Zustände der kosmischen Materie zurückverfolgen, seitdem die Riesenteleskope die früheren Grenzen der Sichtbarkeit so weit hinausgerückt und die Region der Nebelflecke uns erschlossen haben. Die Theorie von Kant und Laplace, der gemäß unser Sonnensystem aus einem weit verstreuten Urnebel sich entwickelt hat, konnte erst nach dem empirischen Nachweise, daß solche Urnebel in der That vorhanden seien, als festbegründet angesehen werden, und indem später bei diesen entlegenen Gebilden wirkliche Veränderungen wahrgenommen wurden, hat man die Natur gleichsam auf der That ergriffen. Wir wissen nunmehr, daß auch am Himmel nichts beständig ist, und daß wir dort den Kreislauf des Entstehens und Vergehens nur darum nicht wahrnehmen können, weil er sich vollendet in Zeitlängen, an die sich nicht einmal die unbestimmbar lange Zeit als Maßstab anlegen läßt, während welcher vernunftbegabte Wesen unseren Planeten bewohnt haben und noch bewohnen werden. Gleichwohl — es wird sich dieß später zeigen — sind es wahrnehmbare Erscheinungen, welche indirekte diesen Kreislauf der Welten verkünden. Schon greift die Photometrie hinaus in die entferntesten Räume und gewinnt in der Untersuchung der Lichtstärke verschiedener Sterne die ersten Anhaltspunkte für eine vergleichende Altersbestimmung derselben, während die Spektral-

analyse, indem sie das Licht derselben in seine Bestandtheile zerlegt, den Nachweis führt, daß die elementaren Stoffe unserer Erde auch bei anderen Gestirnen sich finden oder nicht finden.

Die kosmischen Nebelflecke sind es, welche uns hauptsächlich die Einsicht gewähren, daß — um mit Kant's Worten zu reden — „die Natur mit veränderlichen Auftritten die Ewigkeit ausziert", daß immer neue Sonnensysteme entstehen und die Gestaltung von Welten immer weiter durch den unendlichen Raum sich ausbreitet. Wohl ist es mit Hülfe mächtiger Teleskope gelungen, verschiedene jener sogenannten Nebelflecke in ein Gewimmel von Sternen aufzulösen; aber wir wissen auch, daß, wenn andere dieser Nebel teleskopisch nicht zerlegbar sind, dieses nicht an der Unzulänglichkeit unserer Instrumente liegt, sondern daß wir es in der That mit diffusen, gasartigen Massen zu thun haben. Denn während manche derselben, wie gesagt, bei Anwendung des Fernrohrs sich in unzählige geschiedene Sonnen auflösen, findet dieses bei anderen und zwar näher gelegenen und unter Anwendung des gleichen Instrumentes nicht statt. Endgültig ist die Ansicht, als seien die unauflöslichen Nebel lediglich sehr entfernte Sternhaufen, durch die Spektralanalyse widerlegt worden und zwar in einer Weise, welche mit den teleskopischen Untersuchungen vollkommen übereinstimmt. Man hat, wie die Sonne, Planeten, Fixsterne und Kometen, so auch die Nebelflecke auf ihre Lichtbestandtheile spektralanalytisch geprüft, und es hat beispielsweise das Spektrum des Nebels im Drachen die gasförmige, glühende Natur desselben sichergestellt, während die teleskopisch auflösbaren Nebel jenes Spektrum liefern, welches glühend flüssigen oder festen Körpern entspricht.

Wir haben demnach in den wirklichen kosmischen Nebeln den Stoff zu künftigen Welten, eine Sternmaterie, zu sehen. Formlos ausgebreitet entwickeln sich dieselben zu immer mehr abgerundeten Gebilden, in welchen sich allmählig einzelne Lichtpunkte verdichten, gleichsam als kosmische Embryos, als Ur-

anfänge von späteren Sonnen, die sich unter Zurücklassung planetarischer Begleiter zu flüssigen Massen condensiren, so daß sich nach unendlich langen Zeiten solche Nebel als Sternhaufen darstellen werden.

Wie also im organischen Processe auf unserer Erde die Natur immer neue Arten, Species und Individuen bildet, so erweisen sich auch die tiefen Räume des Himmels als eine immer thätige Werkstätte von Welten.

Es darf jedoch dabei nicht außer Acht gelassen werden, daß diese Verfassung des Universums, wie sie sich uns darstellt, keineswegs dem gegenwärtigen Zustande desselben entspricht, und zwar ist es die Natur des Lichtes, die uns zu dieser Einschränkung nöthigt. Der Lichtstrahl legt etwa 42,000 Meilen in der Sekunde zurück. Aber manche Nebelflecke schweben in solcher Entfernung von der Erde, daß eine Zeit von Millionen von Jahren angenommen werden muß, welche ihr Licht braucht, um zu uns zu gelangen. Wir lesen also vom Himmel nur längst vergangene Zeiten ab. Zustände, welche im Universum bestanden, lange bevor das Auge eines Menschen seinen Blick nach Oben richtete, ja vielleicht lange bevor die Erde als selbständiger Körper von der Sonne sich abgelöst hatte, stellen sich uns als gegenwärtige Zustände dar, da sie uns erst jetzt von den Lichtstrahlen gemeldet werden.

So befindet sich die Menschheit der weiteren Natur gegenüber in der merkwürdigen Lage, daß sie lebender Zeuge längstvergangener Zeiten ist; ja verschiedene Jahrtausende liegen gleichzeitig in unserem Gesichtsfelde. Würde Neptun, der äußerste der bekannten Planeten durch irgend welche Katastrophe zerstört werden, wir würden ihn gleichwohl noch 4—5 Stunden am Himmel sehen; denn so lange braucht sein Licht, die Erde zu erreichen, und nicht, wo er wirklich ist, sehen wir diesen Planeten, sondern wo er vor 4—5 Stunden war. Deßgleichen sehen wir Jupiter, dessen Lichtzeit für die Erde $34^1/_2$ Minuten beträgt,

an einem Orte, über welchen er jeweilig um 3600 Meilen hinausgerückt ist. Würde der Stern Arkturus plötzlich verlöschen, so würde er uns doch noch 24 Jahre leuchten. Als einer der hellsten und größten Sterne strahlt Alcyone; aber wir können nicht mit aller Bestimmtheit behaupten, daß dieser Stern noch vorhanden ist, sondern lediglich, daß er vor etwa 573 Jahren noch an jenem Orte war, an dem wir ihn nun sehen. Denn bei seiner großen Entfernung treffen uns jetzt erst die Strahlen, die er entsendete, als das dreizehnte Jahrhundert unserer Zeitrechnung zu Grabe ging. Von den äußersten mit freiem Auge wahrnehmbaren Sternen gelangt das Licht in 120 Jahren zu uns. Aber die Lichtzeit der entferntesten, teleskopisch noch gesondert erscheinenden Gestirne berechnet sich auf Jahrtausende; denn nur um den Halbmesser der Milchstraße zu durchwandern bedarf das Licht einer Zeit von 3541 Jahren. Eine Lichtzeit von Millionen von Jahren müssen wir aber annehmen für die äußersten kosmischen Nebel. Erst in einer Entfernung von 5 Millionen Jahren Lichtzeit würde nach Arago das Gewimmel der Fixsterne über unseren Häuptern einem Auge als schwachleuchtender Nebel erscheinen. Ja, wie einerseits manche längst erloschene Sonne uns noch leuchten mag, weil der letzte der von ihr entsendeten Strahlen noch unterwegs ist, so kann es andrerseits keinem Zweifel unterliegen, daß es Sterne gibt, die uns nur darum nicht leuchten, weil ihr Strahl die Erde noch nicht getroffen hat, und wieder andere, die so weit entlegen sind, daß ihr Strahl nicht mehr zur Erde gelangen kann, entweder weil dieselbe schon vorher aufgehört haben wird, zu sein, oder weil die Leuchtkraft des Strahles für die ungeheuere Wanderung nicht ausreicht.*) —

Wie also bezüglich der organischen Vorgänge auf unserer Erde die Naturbeschreibung zur Naturgeschichte geworden ist

---

*) Vgl. Anmerkung 1 im Anhange.

und die Vorstellung starr geschiedener Arten verdrängt wurde durch die Erkenntniß ihrer Entwicklungsfähigkeit, so hat auch der Himmel seine Starrheit verloren, indem die Eigenbewegung der Fixsterne erkannt wurde und im Nachweise von Veränderungen sich die Nothwendigkeit ergab, die Endformen der kosmischen Entwicklung durch Mittelformen zu verbinden. Als die wichtigste Frage aber drängt sich dabei wohl die auf, ob in dieser Continuität der natürlichen Causalreihe auch die erhabene Anordnung des gestirnten Himmels ihre Erledigung finden, ob es der Wissenschaft gelingen mag, die erstaunliche Zweckmäßigkeit in der Gruppirung und den Bewegungen der Gestirne auf naturwissenschaftlichem Wege in ähnlicher Weise zu erklären, wie es durch Darwin hinsichtlich der zweckmäßigen Organisation der Thiere geschehen ist.

Sind die Analogien zwischen der biologischen und der kosmischen Entwicklung — um mit Baco von Verulam zu reden — nur „Analogien des menschlichen Geistes" oder sind sie „Analogien der Natur"? Darum handelt es sich und die Frage im letzteren Sinne zu beantworten ist die Hauptabsicht der vorliegenden Schrift. Sind aber reale Analogien vorhanden, dann muß auch das Erklärungsprincip des Darwinismus übertragbar sein auf die Astronomie. Wir werden aber in der That im weiteren Verlaufe mehrfachen Problemen der Astronomie begegnen, bei welchen ohne sonderliche Schwierigkeit eingesehen werden kann, daß sich der Maßstab der Darwin'schen Theorie an sie legen läßt, und wobei sich zeigen wird, daß dieser Theorie allerdings eine über die Biologie weit hinausgehende Bedeutung zukommt. —

Als ein charakteristisches Merkmal der Raschlebigkeit unseres Jahrhunderts erscheint auch die Schnelligkeit, womit sich die Menschheit hervorragenden Leistungen des menschlichen Geistes gegenüber auseinandersetzt, so daß oft wenige Jahre genügen, fixe Stellung zu denselben zu nehmen und sie ihrem wahren

Werthe nach abzuschätzen, während in früheren Jahrhunderten kühne Hypothesen oft unverhältnißmäßig langer Zeit bedurften, um nach Ausscheidung unassimilirbarer Bestandtheile Aufnahme in die Weltanschauung der Kulturvölker zu finden.

In dieser Hinsicht treten auch für die epochemachende Theorie Darwins bereits Anzeichen eines merkwürdigen Schicksals auf, deren Betrachtung viel Interesse bietet. Die Schwierigkeiten gegen die Auffassung, daß die Entstehung der Arten durch Auslese zweckmäßiger Organismen im Kampf um's Dasein und unbegrenzte Variabilität derselben sich erkläre, haben sich bereits so sehr gehäuft, daß Darwin selbst die Tragweite seines Erklärungsprincips „Kampf um's Dasein" auf die adaptiven Eigenschaften der Organismen einschränken zu müssen glaubte. Die Entstehung der Arten bleibt demgemäß vorläufig noch ein ungelöstes Räthsel. Auf der anderen Seite dagegen verräth es sich mehr und mehr, daß der Darwin'schen Theorie trotz dieser Einschränkung eine bei ihrem Auftreten ganz ungeahnte Bedeutung zukommt, daß ihre Anwendung keineswegs auf das specielle Gebiet der biologischen Vorgänge sich beschränkt, sondern daß sie vielmehr nur der einem speciellen Gebiete angepaßte Ausdruck eines Gesetzes ist, das die ganze Natur beherrscht. Die Eintheilung der Natur in abgegrenzte Erscheinungsgebiete ist ja doch nur ein künstliches Werk des menschlichen Geistes und jedes Erklärungsprincip, welches mehr umfaßt, als die zufällige Besonderheit der Erscheinungen eines solchen Gebietes, wird durch seine Uebertragbarkeit auf andere Gebiete die Wahrheit in's Licht stellen, daß alle Dinge aus dem Einen Mutterschoße der Natur hervorquellen. Kein Wunder, daß sogar in den Geisteswissenschaften dieser allgemeine Zusammenhang der Dinge sich kundgibt und sogar in der Entwicklung des religiösen Bewußtseins der Menschheit gleichsam ein Kampf um's Dasein der Göttergestalten, eine Auslese von mythologischen Vorstellungen erkannt wird, wobei es hinwiederum

deutlich zu Tage tritt, daß die politischen Schicksale und die Kulturfähigkeit der Völker selbst in hohem Grade beeinflußt werden durch die Besonderheit ihres mythologischen Himmels.

Soll nun in der That die Lehre Darwins übertragbar sein auf die Astronomie, so kann sie es doch nicht sein in der durch die Natur der biologischen Objekte bedingten Form, sondern nur um ihren philosophischen Extrakt kann es sich dabei handeln. Als Kern der Theorie Darwins ist aber zu bezeichnen: die Entstehung des Zweckmäßigen durch natürliche Auslese. Auf diesen allgemeinen philosophischen Ausdruck gebracht leuchtet aber das Uebergreifen dieser Theorie auch noch auf andere Gebiete, als welches Darwin behandelt hat, von selbst ein. Der jeweilige Zustand des Kosmos bezüglich aller Gestaltungen des Zweckmäßigen — mögen wir nun das organische oder unorganische Reich in Betracht ziehen, — kann nur angesehen werden als eine durch natürliche Gesetze herbeigeführte Balance divergirender Kräfte.† In der Natur immanent liegt die Fähigkeit, aus chaotischen Anfängen zu zweckmäßigen Gebilden sich zu entwickeln; denn im unablässigen Spiele der Kräfte werden alle unzweckmäßigen Combinationen schon als solche der Zerstörung überliefert, während es andrerseits im Wesen aller zweckmäßigen Combinationen liegt, sich zu erhalten. In jedem Systeme mechanischer Kräfte muß naturgemäß eine Ausgleichung derselben unter Beseitigung aller immanenten Widersprüche schließlich eintreten; ebenso steht jeder Organismus vor der Alternative, entweder den gegebenen Verhältnissen, dem Spiele der ihn umgebenden Kräfte, anzupassen, oder sich wieder aufzulösen, wenn er die nöthige Elasticität nicht besitzt. Es liegt somit in der Natur des Zweckmäßigen, weiter zu bestehen, in der des Unzweckmäßigen, ausgeschieden zu werden. Bei jeder Ausgleichung widerstreitender Kräfte liegt in der Resultante als solcher schon eine Aufhebung des Gegensatzes, eine Art Versöhnung und

eine Errungenschaft, an welcher die Entwicklung weiter ansetzen kann.

So stellt sich die ganze Natur als ein System von Kräften dar, in welchem durch die inwohnenden Gesetze dauernde Combinationen resultiren müssen, die zwar immer wieder gefährdet werden, aber auch immer wieder nach einem möglichen Ausgleiche in der Linie des geringsten Widerstandes streben; und selbst aus der Auflösung solcher Gebilde aller Naturreiche müssen wieder andere Formen emporsteigen, deren Bestand für längere oder kürzere Zeit verbürgt ist.

Die Natur vermag es nicht, in chaotischen Zuständen zu verharren.

Es mag somit die Frage, ob der Geltungsbereich der solcher Art auf eine allgemeine, philosophische Formel gebrachten Darwin'schen Theorie eine Erweiterung erfahren kann, wohl einer näheren Untersuchung werth sein. Wenn aber aus dem weitläufigen Domänium des Zweckmäßigen in der Natur irgend ein Gebietstheil abgegrenzt werden kann, innerhalb dessen die Theorie sogar mehr Ausbeute verspricht, als in der Biologie, so ist es sicherlich das Gebiet der mechanischen Zweckmäßigkeit in der kosmischen Physik; denn wenn die mechanische Zweckmäßigkeit nachgewiesen wird als das Resultat der im Kampf ums Dasein sich messenden Kräftecombinationen, so leistet auf diesem Felde die Darwin'sche Theorie eine ganze Erklärung, also mehr, als in der Biologie, darin sie wohl nur die Anpassung der Organismen an die respektiven, veränderlichen Lebensbedingungen erklärt, dahingegen das Aufsteigen der Reihe der Lebendigen von immer größerer Organisationsvollkommenheit und mit immer höheren Bewußtseinsformen außerhalb ihres Erklärungsbereiches liegt.

Die mechanische Zweckmäßigkeit der unorganischen Natur geht ohne Rest in die Darwin'sche Formel auf, und in aller Zweckmäßigkeit der siderischen Systeme, in allen „Wundern des

Himmels" kann eine unbefangene Wissenschaft nur das Resultat eines Ausgleichsproceßes mechanischer Kräfte erblicken. Es liegt zudem auf der Hand, daß solche Ergebnisse viel leichter dort einzusehen sind, wo die Verhältnisse mathematischer Behandlung fähig sind, als in dem so complicirten Gebiete der organischen Natur, welches unter feststehende Gesetze gebracht zu haben die Wissenschaft noch weit entfernt ist. Auch dieses also rechtfertigt die Probewahl des astronomischen Gebietes für die Untersuchung, ob auch andere Gestaltungen des Zweckmäßigen, als die biologischen, durch die Theorie Darwin's ihre Erklärung finden.

Wir müssen hier der Lehre Darwin's, so weit sich in derselben Analogien mit kosmischen Verhältnissen finden, in aller Kürze einige Worte widmen:

Alle Organismen unterliegen dem Gesetze der Vermehrung in geometrischer Progression, von dessen Tragweite man eine Vorstellung gewinnt, wenn man sich beispielsweise das erste Feld eines Schachbrettes mit einem Weizenkorn belegt denkt und für jedes weitere Feld eine ~~einfache~~ Verdoppelung vornimmt; auf das letzte Feld würde dabei das Volumen einer Kubikmeile an Weizen treffen. In ähnlicher Weise würde schon der bloße Raummangel eine unbegrenzte Vermehrung der Individuen verhindern; denn würde z. B. von den Eiern eines Störs auch nur die Hälfte sich zu Weibchen entwickeln, so würde die Nachkommenschaft schon nach einigen Generationen allein an Caviar das Volumen der Erde liefern. In der That aber ist der möglichen Vermehrung einer Art schon durch die vorhandene Nahrungsmenge eine äußerste Grenze gesetzt, die aber nicht einmal erreicht wird, weil die Organismen auch der Zerstörung durch klimatische Einflüsse und durch ihre natürlichen Feinde ausgesetzt sind und der überwiegenden Mehrzahl nach vertilgt werden, noch bevor sie zur Fortpflanzung gelangen. Da in diesem Vertilgungskriege die tüchtigsten Individuen über-

leben, so fällt diesen die Aufgabe der Fortpflanzung zu und sie übertragen vermöge der Erblichkeit der Eigenschaften ihre günstigen Merkmale auf die Nachkommen. Die Auslese, welche die Natur in dieser Weise besorgt, ist also eine Auslese des Passenden. Ohne von einem zweckmäßig wirkenden Princip beherrscht zu sein, erreicht die Natur im Walten natürlicher Gesetze das Zweckmäßige. Indem aber in jeder weiteren Generation sich dieser Proceß wiederholt, wird die Naturauslese zur Naturzüchtung, d. h. die nützlichen Merkmale der Organismen werden gesteigert und diese passen sich ihren äußeren Lebensbedingungen immer mehr an. Ist endlich die Anpassung einer Art vollendet, so wird dieselbe nicht weiter mehr abändern, wie z. B. der ägyptische Ibis, der, nach seinen Mumien in alten Gräbern zu schließen, seit ältesten Zeiten nicht variirt hat. Diese conservative Anpassung, welche das Gleichgewicht zwischen Organisation und äußeren Lebensverhältnissen erhält, wird aber sofort wieder zur progressiven Anpassung, wenn bei einem der die Auslese besorgenden Vertilgungsfaktoren eine Aenderung eintritt, die das Gleichgewicht stört.

Werfen wir nun einen Blick auf die kosmischen Verhältnisse, so zeigt sich sofort, daß das zu lösende Problem hier in weit einfacherer Gestalt vorliegt. In der Biologie sind mehrfache Formen der Zweckmäßigkeit zu erklären: 1) Die Anpassung der Organismen an die äußeren respektiven Lebensbedingungen. 2. Die Angemessenheit der Organe für den besonderen Lebenszweck. 3. Die harmonische Verbindung der Organe zu einem Gesammtkörper. 4. Die Höherentwicklung der Lebensformen. Anders in der Astronomie. Hier liegt nur Eine Form der Zweckmäßigkeit vor: die rein äußerliche gegenseitige Anpassung der zu einem mechanischen Systeme verbundenen Himmelskörper in Bezug auf ihre Gruppirung und Bewegung. Wir haben uns nicht zu kümmern um die Zustände, welche auf den verschiedenen Gestirnen herrschen mögen, ob sie etwa das

Phänomen des Lebens ermöglichen oder nicht, sondern lediglich die mechanische Zweckmäßigkeit des Kosmos in Betracht zu ziehen und die Frage zu untersuchen, ob dieselbe das Resultat natürlicher Gesetze sein kann, oder nicht.

Darwin wollte nun alle vier Formen der biologischen Zweckmäßigkeit durch die Formel „Natürliche Auslese im Kampf um's Dasein" erklären, während seine Gegner ihm vorwerfen, daß er die Tragweite seines Erklärungsprincips überschätze, welches nur die Anpassung organischer Formen an die Aeußerlichkeit zu erklären vermöge. Da nun in der Astronomie überhaupt nur die rein äußerliche Anpassung als Problem gegeben ist, so ist die Hoffnung gegründet, daß wir in dieser Wissenschaft mit dem Darwin'schen Erklärungsprincip vollständig ausreichen, daß die Darwin'sche Formel zur natürlichen Erklärung des Zweckmäßigen hier weit durchsichtiger zu Tage tritt, und daß die kosmische Zweckmäßigkeit ohne Rest in diese Formel aufgeht. Der Darwinismus wird sich in der Biologie vielleicht Reduktionen gefallen lassen müssen; aber in der Astronomie stehen ihm Eroberungen bevor.

Noch einfacher aber gestaltet sich unsere Aufgabe, wenn wir erwägen, daß in der Biologie die Anpassung an mehrfache Verhältnisse der Außenwelt zu geschehen hat, Nahrungsverhältnisse, Klima, natürliche Feinde 2c., während in der Astronomie nur die mathematischer Behandlung fähigen Raum- und Bewegungsverhältnisse zu berücksichtigen sind und — da aller kosmischen Materie die Eigenschaft der Schwere zukommt — nur Ein Vertilgungsfaktor wirksam ist, um die natürliche Auslese des Zweckmäßigen zu besorgen: das Gesetz der Gravitation.

Logischer Weise sind nur zweierlei Arten der Entstehung des Zweckmäßigen in allen Gebieten der Natur denkbar: Entweder die direkte Auslese oder die indirekte Auslese. Ein Beispiel der ersteren liegt vor im Verfahren des Züchters, der, wenn er bestimmte Eigenschaften einer Species züchten, d. h.

in den Nachkommen gesteigert hervorbringen will, zu diesem Behufe die zweckmäßigen Thierexemplare direkt auswählt; ein Beispiel der letzteren liegt in der Naturzüchtung, in welcher die verschiedenen Vertilgungsfaktoren convergirend dahin wirken, die unzweckmäßigen Exemplare zu vernichten, wodurch also gleichfalls die zweckmäßigen Exemplare, aber indirekte, ausgelesen werden. So kann also durch zweierlei Verfahren entgegengesetzter Art ganz das gleiche teleologische Resultat erzielt werden. Die Alternative, vor der wir nun stehen, ist sehr klar: Die direkte Auslese kann nur gedacht werden als Thätigkeit einer intelligenten Ursache; für die indirekte Auslese dagegen ist der Nachweis zu führen, daß sie von selbst und zwar unfehlbar eintreten muß, d. h. aus natürlichen Gesetzen folgt. Daß dieses aber in der That der Fall ist, liegt auf der Hand; denn von der indirekten Auslese werden ja die unzweckmäßigen Exemplare betroffen, d. h. diejenigen, deren Organisation in physiologischer und anatomischer Hinsicht Lebensunfähigkeit besagt, einen Widerspruch enthält mit den äußeren Lebensbedingungen, die eben darum als Vertilgungsfaktoren wirken.

Die Analogie der astronomischen Erscheinungen mit den biologischen ergibt sich nun von selbst: Die zweckmäßige Bewegung der Gestirne, ihre gegenseitige Anpassung, kann nur entweder durch eine intelligente Ursache denselben direkt vorgeschrieben sein, oder sie kann indirekte dadurch erzielt worden sein, daß unzweckmäßig sich bewegende Gestirne beseitigt wurden, oder wenigstens ihre Bahnen Correkturen erfuhren. Diese letztere indirekte Auslese ist aber wiederum nur dann denkbar, kann nur dann von selbst eintreten, wenn die kosmische Unzweckmäßigkeit als Existenzunfähigkeit sich erweist, d. h. — da nur der Mechanismus der Gestirne in Betracht kommt — einen mechanischen Widerspruch bildet. Daß dieses wirklich der Fall ist, bedarf keiner Erläuterung.

Es ist lediglich ein auf grobem Anthropomorphismus beruhendes Vorurtheil, welches uns bei zweckmäßigen Erscheinungen immer gleich an eine direkte Auslese denken, eine intelligente Ursache uns annehmen läßt, die nach Art des Züchters vorgeht, während doch die Zulänglichkeit der natürlichen Gesetze für das Eintreten einer indirekten Auslese sich von selbst ergibt, da die Unzweckmäßigkeit einen natürlichen Widerspruch bildet und es in der Natur der Dinge liegt, daß solche Widersprüche nicht bestehen bleiben können, sondern sich auflösen müssen. Jede Vernichtung eines Individuums, wie jede kosmische Katastrophe ist ein Schritt zur indirekten Auslese, also muß jeder Naturproceß im Sinne der Zweckmäßigkeit ausschlagen. Da nach dem Gesetze der Gravitation jede kosmische Unzweckmäßigkeit entweder Störungen, d. h. Bahnveränderungen hervorrufen muß — die Cometen insbesondere sind vermöge ihrer geringen Masse für Störungen sehr empfindlich — oder Collision von Weltkörpern, so liegt es im Wesen der kosmischen Entwicklung, daß auf dem einen oder anderen Wege alle Unzweckmäßigkeiten eliminirt werden. Im Falle der Collision tritt dieses sofort ein, im Falle der Bahnänderung erst allmählig, weil jede durch blinde Mechanik geschehende Veränderung auf ihre Zweckmäßigkeit erst wieder zu prüfen ist; daß aber schließlich die zweckmäßige Aenderung unfehlbar eintreten muß, ergibt sich aus der Erwägung, daß nicht etwa nur Eine zweckmäßige Combination der Glieder eines Systems möglich ist, sondern sehr verschiedene mechanische Gruppirungen von gleicher Bestandesfähigkeit eintreten können. Jedes Gestirn steht vor der unerbittlichen Alternative, entweder sich dem übrigen Systeme anzupassen, oder ausgeschieden zu werden. Aendert es seine Bahn im Sinne der Anpassung, so wird es auf derselben constant verweilen können, weil es keinen Störungen mehr ausgesetzt ist; denn vollendete Anpassung wird conservativ, d. h. es liegt im Wesen des Zweckmäßigen, sich zu erhalten.

Da wir nun in der That wissen, daß alle kosmischen Störungen der Gravitation entspringen, so daß sogar der Betrag einer Störung sich nach dem Gesetze der Schwere voraus=berechnen läßt, so besitzen wir alles Recht, die bereits constant gewordenen zweckmäßigen Bewegungen als auf diese indirekte Weise herbeigeführt anzusehen und die einzige hiefür noth=wendige Voraussetzung ist die eines hinlänglich langen Ent=wicklungsprocesses. In unserem Sonnensysteme sind nun die Verhältnisse im Allgemeinen sehr constant, aber sehr beträcht=liche Störungen ereignen sich in einzelnen Fällen, so daß also die mechanische Vollkommenheit des Systems jedenfalls keine ideale ist, — und wären auch nur Meteoriten vorhanden, welche auf einen Planeten stürzen; — nur eine solche Welt=anschauung steht daher in Uebereinstimmung mit der Realität, welche zweckmäßige, wie unzweckmäßige, Erscheinungen gemein=schaftlich umfaßt. Alles in Allem genommen haben wir also gar keine andere Wahl, als anzunehmen, daß der Kosmos in fortwährender Entwicklung begriffen ist, und daß in diesem Processe das Zweckmäßige indirekte ausgelesen wird durch all=mählige Elimination des Unzweckmäßigen.

Ein gegebener Stern würde sich im sonst absolut leeren Raume in alle Ewigkeit gerade und gleichförmig bewegen. Ist eine Mehrzahl von Sternen gegeben, so tritt sofort eine Con=currenz ein in Bezug auf den Raum, und wäre es auch nur in Bezug auf jenen gleichen Punkt des Raumes, in welchem sich etwa die Bahnen kreuzen. Die Anziehungskraft, welche ein Gestirn auszuüben vermag, hängt ab von seiner Masse, nimmt aber mit dem Quadrate der Entfernung ab; die Wider=standsfähigkeit eines Gestirns gegen äußere Anziehung hängt ab von seiner Bahngeschwindigkeit, d. h. von jener Kraft, die ihn, der Schwerkraft entgegenwirkend, auf seiner Bahn vor=wärts treibt und von der Lage seiner Bahn, je nachdem er auf derselben Störungen ausgesetzt ist oder nicht. Selbst aus

einem chaotischen Gewirre von Welten müßte demnach unter der einzigen Voraussetzung der Schwerkraft aller kosmischen Materie eine zweckmäßige Verfassung sich ergeben, indem unvermeidlich eine indirekte Auslese, eine Beseitigung der mechanischen Widersprüche, stattfinden würde. Das Resultat wäre eine derartige Gruppirung der Gestirne, bei welcher weitere Verwicklungen nicht mehr eintreten könnten, so daß ein Beobachter, der lediglich das Resultat im Auge hätte, ohne in den Entwicklungsproceß eingeweiht zu sein, wohl versucht sein könnte, eine direkte Auslese vorauszusetzen.

Denken wir uns folgenden Fall: Es habe ein in der Kunst des Ballets ganz und gar Unwissender auf weiter Ebene eine große Anzahl von Tänzerinnen ohne irgend welche bestimmte Anordnung aufgestellt; jeder einzelnen Tänzerin sei von unserem Manne eine andere Figur zu tanzen aufgegeben worden, und zwar ohne alle Absicht einer gegenseitigen Harmonie derselben und ohne sich irgend wie um die aus den Verschlingungen der Figuren ergebenden Collisionen der Tanzenden zu bekümmern. Beim Anheben des allgemeinen Tanzes würden nun, unter der Voraussetzung des Verbotes, sich gegenseitig auszuweichen, zahlreiche Collisionen eintreten. Angenommen nun, es sei den Tänzerinnen der Befehl ertheilt worden, in jedem Collisionsfalle auszutreten, so würden in Bälde, indem zahlreiche Mädchen den Reigen verließen, alle unharmonischen Tanzfiguren eliminirt sein, und in indirekter Auslese würden nur solche Tänzerinnen übrig bleiben, welche, ohne sich mehr gegenseitig zu stören, ihre Bewegungen fortsetzen könnten. Das Gleiche aber würde eintreten, wenn statt des Befehles, auszutreten, die Collidirenden angewiesen wären, ihre Bewegungen vom Collisionspunkte aus gemeinschaftlich fortzusetzen; auch dann würden schließlich nur wenige Gruppen von Tänzerinnen übrig bleiben.

Käme nun ein in den vorangegangenen Proceß nicht ein-

geweihter Zuschauer heran, so würde er beim Anblicke dieses Reigens kaum umhin können, unseren Mann, der sich wohl selbst wundert, wie sich Alles so hübsch gemacht hat, für einen gewiegten Balletmeister zu halten und ihm das größte Lob für die kunstvolle Anordnung des Tanzes zu ertheilen.

Es scheint mir, daß wir Menschen in Bezug auf den Reigen der Gestirne durchaus jenem zu spät gekommenen Zuschauer gleichen. Wir leben in dem Wahne, die Harmonie der Bahnen sei für die Gestirne vorgezeichnet, während sie doch nur durch die Gestirne selbst herbeigeführt worden ist, ganz, wie der erwähnte Reigen nicht für die Tänzerinnen erdacht, sondern von diesen selbst erzielt wurde.

Wenn in einem kosmischen Nebel durch das Gravitiren seiner Atome Bewegung überhaupt eingetreten ist, so müssen sich daraus nach natürlichen Gesetzen, durch blinde Mechanik, zweckmäßige Bewegungen entwickeln. Aus der gegenseitigen Anziehung der Atome muß Verdichtung zu einer Mehrzahl von Nebelballen resultiren und von diesen werden nach entsprechender Zeit alle diejenigen, welche mechanische Widersprüche im Systeme bildeten, eliminirt sein, indem sie entweder mit anderen zusammenflossen oder im Sinne der Anpassung ihre Bewegungen änderten. Im Wesen der vollendeten Anpassung aber liegt es, conservativ zu sein; Zweckmäßigkeit in der kosmischen Physik besagt nichts anderes, als Mangel an äußeren störenden Faktoren, die eben aufhören, störend zu sein, wenn die Anpassung an sie vollendet ist.

Jene Nebelballen also, welche nach zum Abschlusse gekommenen Eliminationsprocesse noch übrig sind, können naturgemäß nur solche von gegenseitiger Harmonie sein. Die zweckmäßige Bewegung ist nur ein Specialfall aller Bewegung und hat vor jeder anderen Bewegung nur das voraus, conservativ zu sein. Jede kosmische Entwicklung muß daher mit der Zeit diesen Specialfall als einen überlebenden mit sich bringen, und

wenn das Unzweckmäßige längst vergangen ist, erhält sich noch das Zweckmäßige. Durch den Kampf ums Dasein sind jene soliden Constellationen der Gestirne auserlesen worden, deren Anordnung nun unser Erstaunen wachruft, weil wir die derzeitige Ordnung der Dinge für die ursprüngliche halten und unberechtigter Weise die in allmähliger Entwicklung geschehene indirekte Auslese durch eine Einmal geschehene direkte Auslese ersetzen wollen. Und doch hat schon der alte Lucretius in Versen, die es wohl verdienen, in Erinnerung gebracht zu werden, es ausgesprochen, daß der Kampf ums Dasein das zweckmäßige Gefüge dieser Welt herbeigeführt habe:

Nam certe neque consilio primordia rerum,
Ordine se suo quaeque sagaci mente locarunt,
Nec quos quaeque darent motus pepigere profecto,
Sed quia multa modis multis mutata per omne
Ex infinito vexantur percita plagis,
Omne genus motus et coetus experiundo
Tandem deveniunt in talis dispositura,
Qualibus haec rerum consistit summa creata.

(Lucretius: de natura rerum. I. 1021—1028.)

Jedes System von Kräften strebt nach einem Gleichgewichtszustande. Es gilt dieses eben so sehr vom Widerstreite der Vorstellungen in einem Menschengehirne, aus deren gegenseitiger Accomodation die Resultante einer einheitlichen Weltanschauung entspringt, wie von den Gegensätzen im socialen Organismus, von den Kultur- und Machtverhältnissen benachbarter Völker, von den meteorologischen Zuständen des Erdballs, von den mechanischen Kräften eines Sonnensystems oder der Atome eines kosmischen Nebels. Jeder Kampf der Elemente endet mit einem Vergleiche von idealer Gerechtigkeit; denn jedes noch so geringfügige Kraftmoment erhält hier seine Stimme nach Maßgabe seiner Macht und der Dauer seiner Wirksamkeit. Sogar den Stein höhlt der fallende Wassertropfen mit der

Zeit aus; und wäre es auch ein Felsenbett, durch welches das Wasser rinnt, so wird dieses doch nicht eher ruhen, bis es den Felsen geglättet und dadurch den Zustand geringster Reibung herbeigeführt hat. In diesen Zustand muß sich jedes System divergirender Kräfte von selbst versetzen.

So liegt auch in der Entwicklung eines kosmischen Nebels zum Sternhaufen eine beständige Verminderung der Reibung der ursprünglich zerstreuten Atome, wobei von den möglichen Formen des Gleichgewichts jeweilig die zunächst erreichbare sich einstellt. Die mechanische Bewegung der Materie, welche ursprünglich in der weiten Ausdehnung eines kosmischen Nebels vor sich ging, wird allmählig in bestimmten Punkten concentrirt, in Himmelskörpern von verschiedener Masse und Geschwindigkeit kapitalisirt, in deren schließlicher Gruppirung und Bewegung die Anzahl der stattfindenden Störungen und Zusammenstöße auf ein Minimum reducirt ist. Die Natur treibt überall, auf Erden, wie am Himmel, Mathematik, und die Probleme des Himmels lösen sich allein nach den uns aus der Mechanik geläufigen Grundsätzen; ganz allein die natürlichen Gesetze der Materie sind es, welche den möglichst friedlichen modus vivendi der Gestirne herstellen.

Wenn Kant in seiner „Naturgeschichte des Himmels", welche grundlegend für die moderne Astronomie geworden ist, das Wort ausspricht: „Gebt mir Materie und ich will Euch eine Welt daraus bauen", so wollte er damit ausdrücken, daß die natürlichen Gesetze der Materie vollständig ausreichen, uns den Entwicklungsgang des uns näher bekannten Sonnensystems begreiflich erscheinen zu lassen, daß wir die Verfassung dieses feingegliederten Systems ganz allein nach mechanischen Gesetzen ableiten können aus jenem Zustande, da die Atome seiner Materie zu einem kosmischen Nebel zerstreut waren.

Ebenso sind es rein mechanische Gesetze, nach welchen sich die beweglichen Glieder des Sonnensystems im Zustande labilen

Gleichgewichtes erhalten. Wir kennen hinlänglich genau die Massen unserer Planeten, ihren Sonnenabstand und die Anziehungskraft, welche die Sonne vermöge ihrer Masse und ihrer respektiven Entfernung auf die einzelnen Planeten ausübt; wir kennen die Tangentialgeschwindigkeit der Planeten, d. h. jene Kraft, welche dieselben auf ihrer Bahn vorwärts treibt und in solchem Verhältnisse zu ihrer Schwerkraft steht, daß die elliptische Bahn als Resultante dieser beiden Kräfte sich ergibt; wir kennen ferner die Abweichungen der Planeten von dieser regelmäßigen elliptischen Bewegung, herbeigeführt durch die störende Anziehung der Nachbarplaneten im Verhältniß zur Masse und Annäherung derselben: — und diese Daten sind hinreichend, uns mit mathematischer Genauigkeit die Bewegungen des Systems zu erklären, dem unsere Erde angehört.

Ja, wären uns eine Sonne und Planeten in beliebiger Anzahl und von beliebiger Masse gegeben, so ließe sich daraus mit mathematischer Sicherheit eine Constellation derselben herstellen, welche die Gewähr des Bestandes in sich trägt. Wir könnten genau berechnen, welche Tangentialgeschwindigkeit wir jeder einzelnen Kugel bei jedem beliebigen Abstande von der Sonne zu geben hätten, damit sie nicht in die Sonne falle; und da wir wissen, daß die Schwere mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so könnten wir mit den im Sonnensysteme gegebenen Kugeln verschiedene Gleichgewichtslagen herstellen, neue Combinationen von gleicher Zweckmäßigkeit ersinnen, indem wir die Planeten gegenseitig versetzten und hiernach ihre Geschwindigkeit in der Weise reducirten oder vermehrten, daß im Vereine mit der Schwerkraft die Bewegung in einer gekrümmten Bahn sich ergeben müßte.

In dieser Weise hat sich das Menschengeschlecht die Schöpfung des Weltalls gedacht. Aber die Wissenschaft spricht anders: Gebt mir einen kosmischen Nebel und ich will Euch beweisen, daß aus dieser sich selbst überlassenen Materie einzig nach

dem Gesetze der Gravitation der Atome ein System entstehen muß, das Eure Bewunderung erregen soll. Und nur die Eine Bedingung wäre die Wissenschaft genöthigt, dabei zu stellen, daß dieser Nebelmasse die entsprechende Zeit gelassen würde, sich zu einer zweckmäßigen Combination von Sternen zu entwickeln, weil eine indirekte Auslese des Zweckmäßigen nur innerhalb eines langen Entwicklungsprocesses durch successive Beseitigung des Unzweckmäßigen geschehen kann.

Jenes eben erwähnte Wort Kant's war stolz und kühn für seine Zeit; aber gleichwohl ist der Standpunkt der Naturforschung darin nicht ganz gewahrt. „Ich will Euch eine Welt daraus bauen", — mit diesen Worten ist die Urheberschaft eines erkennenden und in direkter Auslese thätigen Wesens ausgedrückt, während doch Kant selbst eben in dieser seiner Schrift den Standpunkt der modernen Wissenschaft vorbereitete, welche der sich selbst überlassenen Materie die Fähigkeit zuspricht, durch indirekte Auslese sich zweckmäßig zu gestalten.

So widerlegen also auch die Erscheinungen am Himmel den Irrthum, daß die ihren eigenen Gesetzen überlassene Materie es nicht vermöge, aus der Unordnung des Chaos herauszukommen. Wir sehen vielmehr auch hier, daß die sich selbst bestimmende Natur zweckmäßige Gebilde nicht etwa nur durch zufälliges Ineinanderspielen der Kräfte hervorbringen kann, sondern nothwendig herbeiführen muß, und daß in aller Entwicklung das zweckmäßige Resultat keineswegs etwa nur mit jener Wahrscheinlichkeit eintreten wird, mit welcher — um ein beliebtes Beispiel der Teleologen zu gebrauchen — aus dem Durcheinanderschütteln von Buchstaben ein homerischer Gesang entstehen kann, sondern daß vielmehr die Teleologie dem Mechanismus immanent ist, und das zweckmäßige Resultat aus der natürlichen Entwicklung unfehlbar sich ergeben muß, weil eben der Proceß der indirekten Auslese in jeder Entwicklung unausbleiblich ist und die Elimination des Unzweckmäßigen

aus der Natur der Dinge eben so unvermeidlich folgt, wie der Bestand des Zweckmäßigen.

Freilich wird es immer religiöse Gemüther geben, welche an solchen Resultaten der Wissenschaft Anstoß nehmen werden; aber doch wird es immer nur von Seite Solcher geschehen, welche in der jeweiligen Form des religiösen Bewußtseins der Menschheit die einzig mögliche Form sehen und welche zudem über die Grenzen der Naturwissenschaft und der Metaphysik im Unklaren sind. Das Feld der Naturbeschreibung ist nicht das, auf welchem über die höchsten metaphysischen Probleme überhaupt etwas ausgemacht werden könnte, und der Gläubige mag eben aus der Gesetzmäßigkeit alles Geschehens, welche ja die Wissenschaft betont, ja aus der bloßen Existenz der Welt, immerhin die Gründe für seinen Gottesglauben entnehmen. Die Naturwissenschaft nimmt die Welt als gegeben an und sucht lediglich den Lauf derselben natürlich zu erklären; im Worte „Gott" aber liegt nur eine der möglichen Antworten auf die rein metaphysische Frage nach der Weltursache, um welche sich die Naturwissenschaft als solche nicht kümmert. Der Begriff des wunderwirkenden Gottes freilich hält vor der Naturwissenschaft nicht Stand; denn diese setzt ihrem Begriffe gemäß die natürliche Erklärbarkeit der Erscheinungen voraus, sie kann demnach Probleme nicht durch Einführung des Uebernatürlichen lösen, da sie hiedurch mit sich selbst in Widerspruch geriethe. Aber es ist auch sehr die Frage, — will man sich überhaupt auf den theistischen Standpunkt stellen, — welche Vorstellung würdiger ist: die eines Gottes, der die Materie ein für alle Mal mit den seinen Absichten entsprechenden Eigenschaften ausgerüstet hat, oder die Vorstellung jenes Gottes, dessen Absichten durch die natürliche Wirksamkeit der Materie nur mangelhaft gedeckt werden, und der sich genöthigt sieht, diesem Mangel durch wunderthätige Eingriffe nachträglich abzuhelfen. Entweder sah er nicht voraus, daß solche Eingriffe nöthig

werden würden; — wo bleibt dann seine Allweisheit? Oder er sah es zwar voraus, vermochte es aber nicht, den betreffenden Einzelfall in die Gesetzmäßigkeit einzuschließen; — wo bleibt dann seine Allmacht?

Wenn die Naturwissenschaft allerdings die erklärte Feindin des anthropomorphen und anthropopathischen Theismus ist, so hat sie doch gegen den Deismus, der das Causalitätsgesetz unangetastet läßt, als solche nichts einzuwenden, geräth wenigstens in keinen Widerspruch mit ihm. So freilich, wie Kant in seiner früheren Schrift „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels" meint, daß nämlich eben der Nachweis der Gesetzmäßigkeit alles Geschehens die Allweisheit des Schöpfers nur in um so helleres Licht setze, — so verhält sich die Sache nicht ganz. Wer einen Mechanismus für Arbeitsleistungen herstellt, welche Andere mit Händen verrichten, verräth allerdings eine höhere Intelligenz; aber so irrelevant ist es denn doch nicht, wenn man dem Schöpfer die schönsten und größten Provinzen seiner Thätigkeit entzieht. Der Deismus enthält allerdings eine Veredlung des theistischen Gottesbegriffes; aber man sehe zu, daß dadurch nicht auch die Substanz desselben angegriffen wird. Ein unthätiger Gott ist ein leicht entbehrlicher Gott, und mag auch die letzte Entscheidung in dieser Frage der Philosophie zukommen, nicht der Naturwissenschaft, so wird sich doch gegen letztere nichts einwenden lassen, wenn sie, ohne positiv zu entscheiden, ausspricht, wie Laplace es gethan hat, daß die Hypothese eines Schöpfers für die Erklärung der Erscheinungen eine überflüssige Hypothese sei.

So werden denn wohl unsere religiösen Anschauungen mit der Zeit eine andere Gestalt annehmen; denn die Causalität, in die religiöse Formel eingeführt, verwandelt den Monotheismus in Pantheismus.

II.

Die Universalität der irdischen Gesetze.

Es steht einer besonnenen Naturforschung, wenn sie an die Erklärung der Erscheinungen des Himmels geht, wohl an, vorerst die Frage aufzuwerfen, unter welchen Bedingungen diese Erscheinungen überhaupt erklärbar sein können, und ob diese Bedingungen in der Wirklichkeit gegeben sind. Die Geschichte der Wissenschaften zeigt es ja nur zu sehr, ein wie großes Kapital menschlicher Geisteskraft bereits auf fruchtlose Untersuchungen verschwendet wurde; und wenn man näher zusieht, so stellt es sich gar oft als Ursache des Mißerfolges heraus, daß man es unterlassen hatte, die Basis zu prüfen, auf welcher der Mensch die stolzen Gebäude seiner Gedanken aufrichten wollte. Jahrtausende hindurch haben die Menschen philosophirt, ohne die Bedingungen zu untersuchen, unter welchen Philosophie überhaupt möglich ist, bis es der große Philosoph von Königsberg aussprach, daß, bevor wir noch an die Objekte der Erkenntniß gehen, vor Allem das Organ der Erkenntniß untersucht werden müsse, daß also die Erkenntnißtheorie die Basis und der Schlüssel aller Philosophie sei. Darum schrieb er die „Kritik der reinen Vernunft". Seine Nachfolger aber haben diese Einsicht nicht mehr verloren; sie wissen es nun, daß die Entscheidungsschlacht auf dem Felde der Er-

kenntnißtheorie geschlagen werden wird, zu der Kant den Grund gelegt hat.

Auf den ersten Blick scheint zwar diese Vorsicht den Erscheinungen des Himmels gegenüber nicht geboten zu sein und Mancher wird vielleicht glauben, da es sich hier lediglich um Objekte der Sinne handle, so genüge eine Voruntersuchung über die optische Beschaffenheit der Instrumente, die physiologische Natur unserer Sehorgane und über die Gesetze der Perspektive, um den subjektiven Antheil aufzudecken, den die Erscheinungen des Himmels für uns haben, während allerdings in auf Gegenstände unsinnlicher Art gerichteten Forschungen auch noch eine Untersuchung des Erkenntnißorgans geboten sei. Indessen, mag es auch dem Astronomen als solchem nicht zukommen, sich mit dem Probleme der „Intellektualität der Anschauung" und überhaupt des „transcendentalen Idealismus" zu beschäftigen, mag ihm auch die Kritik des Erkenntnißorgans nicht obliegen, so überzeugt er sich doch leicht, daß die Wege für die astronomische Forschung noch lange nicht geebnet sind nach Ausscheidung jenes subjektiven Antheils unserer Vorstellungen, welchen Optik, Physiologie und Perspektive uns erkennen lassen. Solche vorbereitende Untersuchungen würden nur dann genügen, wenn die Astronomie lediglich eine beschreibende Wissenschaft wäre, wenn der Astronom sich zu bescheiden vermöchte, der bloße Geograph des Himmels zu sein; aber ihre Unzulänglichkeit stellt sich sofort heraus gegenüber den Ansprüchen der modernen Astronomie, die gegenwärtige Verfassung des Kosmos auch in ihrem Werden zu begreifen, die Geschichte des Kosmos zu erforschen. Hier drängt sich unmittelbar die Frage nach den Gesetzen der kosmischen Veränderungen auf, und nicht nur darum handelt es sich, ob solche vorhanden sind, sondern auch welcher Art sie sind.

In den historischen Anfängen der Astronomie begnügte man sich in der That mit bloßer Himmelsbeschreibung,

und sogar in dieser verfiel man in schwere Irrthümer, die eben aus der Vernachlässigung des subjektiven Antheils der Erscheinungen entsprangen.

Die Astronomie der Alten ging vom illusorischen Augenscheine aus.

Die Erde stellte sich ihnen dar als ruhende Ebene. Alle diejenigen Veränderungen in der perspektivischen Lage der Gestirne, welche auf die Axendrehung und die fortschreitende Bewegung der Erde zurückzuführen sind, übertrugen sie also auf die Gestirne selbst. Sie nahmen den optischen Schein für Wirklichkeit. Die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe und die jährliche um die Sonne wurden auf diese letztere, auf die Planeten und das große Heer der Fixsterne übertragen. Das ganze Himmelsgewölbe mit allen seinen Sternen ließ man um die Weltaxe sich herumschwingen, d. h. um jene gerade Linie, welche, als Verlängerung der Erdaxe, die beiden Himmelspole mit einander verbindet. Ebenso ließ man die Sonne, welche vom planetarischen Standpunkte aus unbeweglich ist — weil sie ja das Gefolge ihrer Planeten nach sich zieht, also nur eine solche Eigenbewegung besitzt, an der wir selbst theilnehmen, — unter den Sternen vorrücken; die Planeten dagegen, von welchen wir nun wissen, daß sie in nahezu kreisförmigen Bahnen um die Sonne laufen, ließ man ganz nach dem illusorischen Augenscheine in schlangenförmigen Linien sich bewegen, hinter welchen sich das Gesetzmäßige ihres Verhaltens verbarg, und fast ein Schein von Willkühr in den strengen Gang der Natur hineinverlegt wurde, — jener Schein, auf den ohne Zweifel die göttliche Verehrung der Gestirne in früheren Zeiten zurückzuführen ist.

Die scheinbare Bewegung der Planeten ist eben eine combinirte aus ihrer eigenen Bewegung und aus dem vermöge der Erdbewegungen sich ergebenden Wechsel unseres Standortes. Indem aber die Alten diesen Wechsel des Standortes nicht in Anschlag brachten, hielten sie die scheinbare Bewegung der

Planeten zwischen den Fixsternen für die wirkliche. Scheinbar aber gehen die Planeten bald vorwärts, bald stehen sie ganz still, bald gehen sie rückwärts, beschreiben, in allerdings regelmäßigen Perioden, Schleifen am Himmel, um dann wieder vorwärts zu gehen.

Die scheinbare Bewegung der Planeten ist also viel verwickelter, als die wirkliche, und es war eine Riesenarbeit des menschlichen Geistes, diesen illusorischen Augenschein mathematischer Behandlung zu unterwerfen; — und diese Riesenarbeit war verschwendet. Ein Fortschritt der Astronomie war in der That nicht denkbar, so lange man diesen subjektiven Antheil der Erscheinungen, der sich aus dem Wechsel unseres Standortes ergibt, nicht durchschaut hatte.

Aehnliche Täuschungen entspringen auch aus der Perspektive: die Ringe des Saturn, in Wirklichkeit rund, erscheinen uns oval, da wir sie von der Seite aus sehen; aus gleichem Grunde stellen sich die fast kreisrunden Bahnen seiner Monde als längliche Ellipsen dar. Die Monde Jupiters dagegen gehen scheinbar nur in gerader Linie hin und her, bald vor Jupiter, bald hinter ihm, weil ihre Bahnebenen mit unserer Gesichtslinie fast zusammentreffen.

So ist es denn kein Wunder, daß, so lange aus der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung der subjective Schein nicht ausgeschieden war, die Gesetze der Planetenbewegung nicht entdeckt werden konnten. Nur langsam aber und nach mühevoller Arbeit gelang es dem Menschengeschlechte, vom Truge der Sinne sich zu befreien; ja fast die ganze Geschichte der Astronomie besteht nur in dieser langsamen Befreiung des Menschengeistes von dem Scheine, der ihn umfangen hielt. So lange die Doppeltheit der Ursache für die Ortsveränderungen der Gestirne nicht eingesehen wurde, war die Erkenntniß der Bewegungsgesetze unmöglich, und je vollständiger die Trennung dieser beiden Ursachen geschah, deren eine die scheinbaren und deren

andere die wirklichen Ortsveränderungen erzeugt, desto mehr wurde die Astronomie zur Lösung ihrer Probleme befähigt. Nach der physischen Ursache der wirklichen Bewegung fragen, — das konnte sie erst, nachdem sie jene Trennung ganz vollzogen und erkannt hatte, daß die wirkliche Bewegung eben so einfach, als constant sei.

Die Lehre des Copernikus über die Bewegung der Erde und den (in Ansehung der Planeten vorhandenen) Stillstand der Sonne hat den subjektiven Antheil der Sinne an den Erscheinungen mit Einem Male als Illusion bloßgelegt, und damit war eine lange Perspektive der fruchtbarsten Entdeckungen eröffnet. Erst so konnte die Aufgabe einer Himmelsbeschreibung vollständig gelöst werden. Aber wenn schon nach Copernikus die Aufgabe vorlag, nun auch die Ursache kosmischer Bewegungen zu erforschen, so ist dieses noch mehr heute der Fall, nachdem das Fernrohr uns ungeahnte Tiefen des Himmels erschlossen hat, und eine genauere Prüfung uns gezeigt hat, daß auch dort Alles in beständiger Veränderung begriffen ist.

Die moderne Astronomie aber begnügt sich nicht mehr mit bloßer Himmelsbeschreibung. Wie die übrigen Zweige der Wissenschaft ist auch sie aus Naturbeschreibung zur Naturgeschichte geworden; sie will die Vergangenheit des Himmels ergründen und die Entwicklungsformen erforschen, welche durchgelaufen werden mußten, bis der Himmel jene Verfassung annahm, die wir allnächtlich bewundern. Ja, schon ist sie spekulativ geworden, und forscht nach der Zukunft, der wir durch den Raum rollend entgegentreiben. Bei solchen Ansprüchen aber erscheint allerdings die Frage berechtigt, worauf die Hoffnung eines Resultates sich stützt, und welches die Bedingungen sind, unter welchen die Lösung der Aufgabe überhaupt möglich ist.

Welches also sind die Bedingungen, unter welchen Astronomie als Wissenschaft möglich ist?

Die allererste Voraussetzung des Erfolges einer jeden wissen-

schaftlichen Untersuchung ist die natürliche Erklärbarkeit der Erscheinungen unter Ausschließung aller Wunder. Untersuchen heißt nach Gesetzen der Veränderungen forschen; Gesetzmäßigkeit und Wunder schließen sich aber ihrem Begriffe nach gegenseitig aus. Die Astronomie muß also die Allgemeingiltigkeit des Causalgesetzes für die Veränderungen am Himmel voraussetzen; sie muß davon ausgehen, daß die Aufeinanderfolge der Veränderungen ein Auseinanderfolgen sei. In der That: vergebliche Liebesmühe bliebe alle Forschung, wenn diese Voraussetzung nicht zutreffend wäre; wir wären dem absoluten Zufalle des Geschehens preisgegeben, und müßten auf eine Wissenschaft der Astronomie vollständig verzichten.

Gesetzmäßigkeit irgend einer Art anzunehmen für Alles, was auf Erden und am Himmel geschieht, dazu sind wir durch Gründe der Logik gezwungen. Der Begriff der Causalität ist keine Induktion, nicht aus der Erfahrung abgezogen, denn in diesem Falle würde ihm das Merkmal der Nothwendigkeit mangeln; er ist keine im individuellen Leben erworbene Angewöhnung und Association des Denkens, sondern eine biologisch ererbte und befestigte Disposition unseres Gehirns, eine mit den Formen des äußeren Geschehens übereinstimmende Form des Denkens. Wäre aber der Begriff der Causalität auch kein aprioriſcher Verstandesbegriff, so würde das bewußte Denken ihn gleichwohl erzeugen müssen; denn der Begriff ursachloser, sei es qualitativer, sei es räumlicher Veränderungen besagt, daß ein Ding aus sich seine Beschaffenheit wechseln, das bestimmte Etwas zu sein aufhören könne, bringt demnach Merkmale in die Dinge, die sich widersprechen, einander aufheben. Das in sich Widersprechende kann in der Natur nicht gegeben sein, was nicht logisch ist, kann auch nicht wirklich sein; wir sind demnach logisch genöthigt, allen am Himmel geschehenden Veränderungen, mögen auch dieselben ganz und gar von den uns bekannten irdischen Erscheinungen abweichen, eine Ursache unterzulegen.

Dabei bleibt es aber nun vorläufig noch ganz unentschieden, ob im ganzen weiten Gebiete des Kosmos eine und dieselbe Gesetzmäßigkeit herrscht, oder etwa nicht. In Ansehung irdischer Objekte wäre nun bei der Frage nach der speciellen Natur der die Materie beherrschenden Gesetze die Antwort am Platze, diese zu bestimmen, könne erst Endziel der Forschung sein, sie sei aus der Erfahrung erst abzuleiten, und eine Nöthigung, eine bestimmte Art von Gesetzmäßigkeit bei der Untersuchung schon vorauszusetzen, sei unzulässig, gleiche vielmehr dem Ansinnen, erst dann ins Wasser zu gehen, wenn man schwimmen gelernt. Aber wenn es bei irdischen Objecten, die wir mit allen Hilfsmitteln der Wissenschaft zu untersuchen vermögen, deren Veränderungen wir auf das Genaueste erforschen können, ja hinsichtlich welcher wir durch das Experiment die Antwort der Natur auf unsere Fragen erzwingen können, allerdings erst Endziel der Forschung gewesen ist und fernerhin sein wird, die specielle Natur der Gesetze aus der Erfahrung zu bestimmen, so befinden wir uns in ganz anderer Lage den Himmelskörpern gegenüber. Hier erscheint es unumgänglich nothwendig, nicht nur überhaupt eine Gesetzmäßigkeit, sondern eine bestimmte Art derselben vorauszusetzen, und zeitenweise wenigstens die deduktive Methode einzuschlagen; denn bei der spärlichen Anzahl wahrnehmbarer Veränderungen, worauf wir auf diesem Felde beschränkt sind, und bei der Unmöglichkeit genauerer Erforschung würden wir niemals in den Stand gesetzt werden, daraus Gesetze erst abzuleiten, oder uns genaue Vorstellungen über die Eigenschaften der kosmischen Materie zu bilden, wenn wir die Induktion allein als zulässig gelten lassen wollten. Wenn jede Region des Himmels oder jedes Gestirn seine eigenen Naturgesetze haben sollte, dann wäre eine Wissenschaft der Astronomie unmöglich. Wir müssen also für die kosmischen Veränderungen eine bestimmte Art causaler Verknüpfung voraussetzen, und haben dabei gar keine andere Wahl, wenn wir

uns nicht phantastischen Vorstellungen hingeben wollen, als die irdischen Gesetze auf den Kosmos zu übertragen. Daß aber dieser Archimedische Punkt auch der einzige ist, von dem aus der Hebel der Erklärung angesetzt werden kann, ergibt sich mit Nothwendigkeit daraus, daß ja eine einheitliche Erklärung der Natur nur im Falle einheitlicher Naturgesetze möglich ist, welche die Veränderungen am Himmel, wie auf Erden, umfassen.

Die unerläßliche Voruntersuchung gilt demnach der Frage: Sind die Gesetze, welche auf der Oberfläche unseres kleinen Erdballs herrschen, im ganzen Universum geltend; oder nicht?

Man erkennt leicht, daß die Frage, ob den irdischen Gesetzen Allgemeingiltigkeit zukommt oder nicht, durchaus nicht zu umgehen ist. Die Möglichkeit einer Astronomie ist von der bejahenden Antwort auf diese Frage abhängig, die Universalität der irdischen Gesetze ist Bedingung für die Erklärbarkeit des Kosmos. Wir stünden den Erscheinungen des Himmels in vollständiger geistiger Hilflosigkeit gegenüber, wenn es für die Gesetze derselben keine irdischen Analogien gäbe. Eine allfällige Verschiedenheit der Gesetze auf der Erde und außerhalb derselben würde uns ebenso rathlos lassen, wie der vollständige Mangel gesetzlicher Verknüpfung, oder wie die Annahme von Wundern.

Welche Gesetze herrschen im Kosmos?

Diese Frage kann demnach im Munde eines irdischen Individuums nur die Bedeutung haben: Welche von den mir bekannten irdischen Gesetzen herrschen im Kosmos? Wir stehen vor der Alternative, entweder auf die Erklärung der Phänomene des Himmels überhaupt zu verzichten, oder sie aus irdischen Gesetzen abzuleiten.

Es war ein kühner, ja ein phantasievoller Gedanke Newton's, in Bezug auf einen speciellen Fall diese Universalität der irdischen Gesetze vorauszusetzen. Er that dies, so erzählt

man, als er einen Apfel vom Baume fallen sah, in Bezug auf das Gesetz der Schwere. Den vom Zweige eines Baumes abgelösten Apfel läßt die Anziehung der Erde in gerader Linie zu Boden fallen. Das Gleiche würde geschehen, wenn der Apfel aus Kirchthurmhöhe fallen gelassen würde. Wenn aber aus einer Höhe von mehreren Meilen? Auch dann? Newton sagte sich: Ja; — denn er wußte, daß die Anziehungskraft in dem Maße, als man sich vom Mittelpunkte der Erde entfernt, nur sehr langsam abnimmt. Wie weit erstreckt sich nun diese Fernewirkung der Anziehungskraft, und in welchem Verhältniß nimmt sie ab? Gesetzt den Fall, ihr Einfluß sei in einer Entfernung von 50,000 Meilen — dies ungefähr ist der Abstand des Mondes von der Erde — noch vorhanden, dann würde ein von solcher Höhe abgelassener Stein ebenfalls zur Erde fallen. Dann würde aber auch der Mond mit einem solchen Steine zu vergleichen sein; die Schwere wäre es, die ihn beständig von der geraden Richtung seines Laufes ablenkt und, indem sie seine Bahn krümmt, ihn zum Umlauf um die Erde nöthigt. Als Newton sich fragte, ob es so sei, bejahte er nicht sofort; aber unter vorläufiger Zugrundelegung dieser Hypothese verglich er die wirkliche Bewegung des Mondes mit der — seine Schwere vorausgesetzt — theoretisch sich ergebenden, und — gab seine Bemühungen wieder auf: die Bewegung des Mondes ließ sich mit der fallender irdischer Körper nicht in Uebereinstimmung bringen.

Newton verwarf also seine Hypothese. Dreizehn Jahre später aber, in einer Sitzung der Akademie zu London, wurde derselben Mittheilung gemacht über eine neue, von Picard unternommene Gradmessung der Erde, aus der sich ergab, daß man den Halbmesser der Erde bisher um ein Sechstel zu gering angenommen hatte. Newton war anwesend und verfiel sofort auf die Vermuthung, daß, da er damals die Entfernung der Erdoberfläche und somit auch die Entfernung des Mondes vom

Mittelpunkte der Erde zu gering angeschlagen, vielleicht aus diesem Grunde seine früheren Rechnungen das gewünschte Resultat nicht ergaben. Er eilte nach Hause, nahm seine Rechnungen wieder vor und mit jeder Minute wurde es ihm gewisser, daß das Gesetz der Mondbewegung mit dem fallender irdischer Körper übereinstimme, daß ihm also der Ruhm zugefallen, die universale Natur des Gesetzes der Schwere erkannt zu haben. Seine Aufregung war derart, daß er die Rechnung nicht zu Ende zu führen vermochte und einem eben eintretenden Freunde sich vertrauen mußte, der nun den Griffel zur Hand nahm und sie vollendete. Es ergab sich der vollständige Beweis für die Richtigkeit der Hypothese Newton's.

Und wie diese Hypothese den Umlauf des Mondes um die Erde erklärte, so auch den der übrigen Monde um ihre respectiven Planeten, den der Planeten endlich um die Sonne. Ja alle Unregelmäßigkeiten in diesen Umlaufsbewegungen, alle Abweichungen von der regelmäßigen Ellipse, ergaben sich als bloße Störungen in Folge der gegenseitigen Anziehung der Planeten. Alle Bewegungs-Phänomene im Sonnensysteme waren nun erklärt; es war klar, daß die Eigenschaft der Schwere aller Materie des Sonnensystems zukomme. Dieselbe Eigenschaft der Materie, die auf der Erdoberfläche alle Bewegung bedingt, regelt also auch alle Bewegung innerhalb des Sonnensystems. Jedes materielle Element desselben übt eine Anziehungskraft nach allen Richtungen aus, welche in der Ferne abnimmt, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen. Die Anziehungskraft der Glieder unseres Sonnensystems steht im direkten Verhältnisse zu ihrer Masse, und nach einem weiteren von Newton bewiesenen Gesetze ist die Gesammtwirkung aller materiellen Molecüle einer Kugel dieselbe, wie wenn sämmtliche Molecüle im Mittelpunkte der Kugel vereinigt wären.

Wie bei dem zur Erde fallenden Steine, der mit jeder Secunde schneller fällt, das heißt stärker angezogen wird, so

ist auch das Gewicht eines umlaufenden Planeten nicht von seiner Masse allein abhängig, sondern auch von seinem Abstande vom Centrum des anziehenden Körpers. Die Schwere nimmt ab mit dem Quadrate der Entfernung. Wenn der Mond an sich 154,300 Trillionen Pfund wiegt, so wiegt er in seiner Erdferne nur 43 Trillionen Pfund. Die Erde an sich wiegt 6257 Trillionen Tonnen (zu 20 Centnern), bei ihrem bedeutenden Abstande vom Mittelpunkte der Sonne beträgt aber ihr Gewicht gegen diese nur gegen 4 Trillionen Tonnen. Weit entfernter noch als die Erde umkreist Uranus die Sonne; bei einem absoluten Gewichte von 123,950 Trillionen Tonnen beträgt daher seine Schwerkraft nur $^1/_5$ Trillion Tonnen.

Die Uebertragung also einer gesetzmäßig sich bethätigenden, allen irdischen Dingen zukommenden Eigenschaft auf außerirdische Körper, — dieses ist der Schlüssel zur systematischen Begründung der Astronomie geworden. Unsere Mechanik ist also auch die Mechanik des Planetensystems. Zwar sehen wir die gewaltig schweren Massen der Planeten frei im Raume schweben, während irdische Dinge senkrecht zur Erde fallen; aber wir sehen auch den in horizontaler Richtung geworfenen Stein eine krumme Bahn beschreiben, und wissen, daß er nur darum so bald wieder gegen die Erde sich neigt, weil wir ihm beim horizontalen Wurfe nicht eine centrifugale Kraft zu ertheilen vermögen, die seiner centripetalen Schwerkraft gleichwerthig wäre. Auch die Bewegung der Planeten in gekrümmter Bahn geschieht unter dem gleichzeitigen Einflusse von Centrifugal- und Centripetalkraft, nur daß sich hier diese Kräfte das Gleichgewicht halten und so die mittlere Entfernung der Planeten constant bleiben lassen. Wenn wir eine Hohlkugel, die das gleiche specifische Gewicht wie Wasser hat, in ein Wassergefäß setzen, so sinkt sie weder zu Boden, noch steigt sie an die Oberfläche, sondern schwebt frei im Wasser an dem Orte, wohin sie gestellt wird. Das Wasser hält ihrer Schwere gerade

das Gleichgewicht. Wir haben also Ausgleich, Aequivalenz der Kräfte, bei irdischen wie bei kosmischen Erscheinungen.

Im Unterschiede von irdischen Körpern, deren Bewegungen bald zur Ruhe kommen, sehen wir allerdings die Planeten in unaufhörlicher Bewegung; aber erstere erfahren eben Widerstände — und wäre es auch nur Reibung mit der Atmosphäre — welche bei letzteren fehlen. Auch die beständige Axendrehung der Gestirne können wir an irdischen Objekten nicht experimental versinnlichen, weil eben das Moment der Reibung auch hier nicht zu beseitigen ist, während es bei der Erdkugel fehlt, deren Atmosphäre an der Drehung theilnimmt. Was aber die Richtung der Rotations-Axe betrifft, die bei der Erde beständig nach dem Polarsterne weist und während der ganzen jährlichen Umlaufsbewegung sich parallel bleibt, so können wir in dieser Hinsicht die Identität irdischer und kosmischer Gesetze allerdings darstellen: die frei im Wasser schwebende Kugel behält, wenn sie in Rotation versetzt wird, die gleiche Axe, wie man auch das Wassergefäß wenden mag. Der Satz, daß die Mechanik irdischer Gegenstände auch die Mechanik des Planetensystems ist, behält demnach seine Geltung, wenngleich er nicht in jeder Hinsicht durch das Experiment versinnlicht werden kann.

Die glänzendste Rechtfertigung hat die Entdeckung Newton's in neuerer Zeit erhalten. Es ist bereits erwähnt worden, daß die gegenseitige Anziehung der Planeten Störungen verursacht, die sich durch geringe Abweichungen ihrer Bahnen von der Ellipse zeigen. Der Grad der Störung muß sich nach der Anziehungskraft des störenden Körpers richten, und ist dies ein Hilfsmittel der Astronomen geworden, die Masse der Planeten zu bestimmen. Eine solche Massenberechnung ist besonders dann leicht ausführbar, wenn der gestörte Körper aus leichten Stoffen besteht, und somit recht auffallend auf die Störung reagirt, wie dies zum Beispiel vom Cometen de Vico's gilt, dessen Verhalten in der Nähe des Mars gestattete, die Masse

des letztern der Rechnung zu unterwerfen. Eine solche Abweichung von der regelmäßigen Bahn hatte man schon längst bei Uranus erkannt, eine geringe, periodenweise eintretende Anschwellung seiner Ellipse. Der französische Astronom Leverrier, der dieses zum Gegenstande seiner Untersuchung machte, berechnete hieraus den Ort und die ungefähre Masse desjenigen Planeten, der, außerhalb des Uranus kreisend, vermuthlich diese Störung verursachte. In der That wurde Neptun in der Nähe des angegebenen Ortes entdeckt. So war also gleichsam eine Astronomie des Unsichtbaren eingeleitet und zugleich ein neuer Beweis für die Allgemeingiltigkeit des Gesetzes der Schwere geliefert worden.

Greifen wir nun aber hinaus über das Sonnensystem in die Region der Fixsterne. Auch bei diesen hat man Bewegung nachgewiesen. Geschieht auch diese nach dem irdischen Gesetze der Schwere? Die doppelten und mehrfachen Sterne bestätigen es so sehr, daß aus den Bewegungen des umlaufenden Sternes um den Centralstern sogar die Anziehungskraft des letztern sich berechnen läßt. Trotz der erschreckenden Entfernung solcher Sterne haben wir also ein Mittel, die Masse derselben so zu bestimmen, wie wenn wir sie auf die Wage legen könnten. Der Stern 61 im Schwan hat beispielsweise 0,353 der Sonnenmasse. Erst seit etwa hundert Jahren hat man Doppelsterne beobachtet und sehr verschiedene Umlaufszeiten derselben berechnet, von 37 bis zu 1000 Jahren, so daß also bei mehreren schon ein vollständiger Umlauf gesehen wurde; auch bei ihnen hat sich bestätigt, daß ihre Bewegungen nach den Gesetzen von Kepler und Newton geschehen. Mehr noch: auch bezüglich der Doppelsterne gibt es eine Astronomie des Unsichtbaren. Bessel beobachtete am Sirius und Prochyon Bewegungen, die ihn zur Annahme dunkler Begleitsterne nöthigten; Peters berechnete sogar die Bahn des dunklen Sirius-Begleiters, und als dieser 11 Jahre später entdeckt wurde, ergab sich die vollkommene

Uebereinstimmung der wirklichen Bahn mit der theoretisch gefundenen. Auch die Bahn des Procyon-Begleiters ist bereits berechnet worden, doch hat ihn noch kein Fernrohr gesehen, so daß er wohl als eine bereits erkaltete Sonne zu betrachten ist. Die Masse derselben ist auf 7 Sonnenmassen berechnet worden, während Procyon selbst auf die ungeheuere Größe von 80 Sonnenmassen geschätzt wird. Demnach dürfte auch sein Volumen das der Sonne ungefähr achtzigmal übertreffen; denn sein leuchtender Zustand läßt auf eine geringe Verdichtung seiner Materie schließen, ähnlich der unserer Sonne.

Gehen wir nun von den Fixsternen zu den kosmischen Nebeln über, um vielleicht auch bei ihnen Anhaltspunkte für die Universalität der Schwere zu gewinnen. Von vielen derselben steht es außer Zweifel, daß sie aus Gasen von äußerst geringer Dichtigkeit bestehen. Es ist dies jene Urmaterie, ohne deren Auffindung und qualitative Bestimmung alle Speculationen der Astronomie über die Vergangenheit des Kosmos lediglich Hypothesen wären. Man kennt nun Doppelnebel und mehrfache Nebel, die nach Art der Doppelsterne und mehrfachen Sterne ein System zu bilden scheinen. Indessen ist ihre Entfernung und Ausdehnung so groß, daß wohl Jahrtausende nicht genügen, eine vollendete Umlaufsbewegung zu constatiren, woraus sich auf ihr dem Gesetze der Gravitation entsprechendes Verhalten schließen lassen könnte. Dagegen lassen sich indirekte Beweise hiefür beibringen.

Nach mechanischen Gesetzen ist zu erwarten, daß Dunstmassen von so geringer Dichtigkeit, wenn sie Axendrehung besitzen sollten, nicht sphäroidisch sich gestalten, das heißt mit geringer Abplattung der Pole und geringer Anschwellung des Aequators, sondern linsenförmig, das heißt, daß Abplattung und Anschwellung sehr beträchtlich sein werden. Prüfen wir in dieser Richtung die Nebel, so sehen wir zwar, daß die einen kreisförmig, die andern elliptisch, wieder andere pfriemenartig

gestaltet sind; aber gerade hierin liegt ein Beweis der Giltigkeit unserer mechanischen Gesetze für die Materie der Nebel; denn diese drei Formen sind nur verschiedene Projectionen der Linsenform; — mit andern Worten: die Linse erscheint je nach dem Standorte der Betrachtung in einer der drei angegebenen Formen. Wir haben also bei den kosmischen Nebeln Rotation mit centrifugaler Anschwellung der äquatorealen Theile und Verkürzung der Rotationsaxe durch das Sinken der Pole, gemäß dem Gesetze der Schwere.

Die irdische Schwerkraft ist demnach übertragbar auf jene Urmaterie, aus der wir den Ursprung der Fixsternsysteme und unseres Sonnensystems ableiten.

III.

Die Gleichheit der kosmischen Stoffe.

Die Universalität des Gesetzes der Schwere für alle kosmische Materie, — dies ist das bedeutsame Resultat, zu dem die Astronomie gelangt ist. Bevor wir jedoch zu den eben so bedeutsamen Folgerungen übergehen, die sich daraus ergeben, dürfte es am Platze sein, noch die weitere Frage aufzuwerfen, ob sich vielleicht eine solche Universalität auch noch bezüglich anderer Eigenschaften erweisen läßt, die wir an irdischen Körpern ohne Ausnahme erkennen und deren Uebertragung auf die kosmische Materie uns vielleicht noch andere Phänomene des Himmels erklärbar machen könnte.

Außer den Veränderungen des Ortes bemerken wir an den Gestirnen auch noch gegenseitige Unterschiede und Veränderungen des Lichtes in Bezug auf Farbe, Intensität und physikalische Zusammensetzung, und es erscheint umsomehr geboten, eine Erklärung derselben zu versuchen, als wir bezüglich der Gestirne lediglich auf Veränderungen des Ortes und des Lichtes beschränkt sind, so daß aller Fortschritt in der Astronomie mit dem Fortschritte dieser Untersuchung zusammenfällt.

Aber wie bezüglich der Bewegungs-Phänomene, so haben wir auch bezüglich der Phänomene des Lichtes keinen andern Weg der Erklärung, als den, die Eigenschaften des irdischen

Lichtes vorerst hypothetisch auf das Licht der Gestirne zu übertragen und zu untersuchen, ob unter der Voraussetzung der Universalität dieser Eigenschaften die an Gestirnen bemerklichen Erscheinungen sich derart ableiten lassen, daß sie ohne Rest darin aufgehen. Die Hoffnung, auch in dieser Hinsicht die Identität irdischer und kosmischer Gesetze zu constatiren, scheint sich schon aus dem Umstande zu rechtfertigen, daß wir bei Sonnen- und Mondfinsternissen die Flächen der Schatten und Halbschatten ganz irdischen Vorgängen analog zu bestimmen vermögen.

Es ist nun in der That der modernen Wissenschaft nicht nur gelungen, auch bezüglich des Lichtes die Gleichheit irdischer und kosmischer Gesetze nachzuweisen, sondern es ist auch in dieser erweiterten Untersuchung die Frage nach dem Warum dieser Gleichheit in einer Weise gelöst worden, daß von nun an die Wissenschaft kein Bedenken mehr zu haben braucht, alle diejenigen Eigenschaften, welche irdischen Körpern ausnahmslos zukommen, auf alle Materie des Kosmos zu übertragen.

Die Universalität der Schwere, aus der auch die Universalität aller aus der Schwerkraft ableitbaren mechanischen Principien folgt, gibt uns noch keinerlei Aufschluß über die materielle Beschaffenheit der Himmelskörper; denn die Schwere ist ganz allein abhängig von der Masse, und nicht von der Qualität der Materie. Quantitativ gleiche Massen üben die gleiche Anziehungskraft aus, mögen sie aus welchen Stoffen immer bestehen, aus Luft, Wasser, Metall ꝛc. Ein Pfund Wolle ist eben so schwer wie ein Pfund Eisen; die Gewichtsbestimmung besagt demnach nichts über die Natur der Körper. Welche andere Mittel haben wir nun noch, hierüber Aufklärung zu erlangen?

Die einzige Sprache der Sterne für uns ist ihr Licht, das noch aus unberechenbar weiter Ferne zu uns dringt, aber gleichwohl, wie die Schwere, mit dem Quadrat der Entfernung

abnimmt. Dieses Verhältniß der Abnahme muß eben jeder Kraft eigenthümlich sein, die, von einem Punkte ausgehend, nach allen Seiten geradlinig wirkt; auf immer größere Räume sich vertheilend, muß sie nothwendig eine solche Abschwächung erfahren. Wenn aber trotz dieser Abschwächung und trotz ihrer ungeheueren Entfernung die Fixsterne uns dennoch leuchten, so können wir in ihnen nur Quellen des intensivsten Lichtes erkennen, deren Anblick die Nerven unseres Auges nur dieser Entfernung wegen nicht verletzt, wie es das Licht der Sonne thut, und die nur darum uns keine fühlbare — wenngleich meßbare — Wärme zusenden, gleich der Sonne, weil eben auch die Wärme mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt.

Licht ist unzertrennlich von Wärme. Aber so alltäglich diese Phänomene sind, so hat doch erst die neuere Wissenschaft sie erklärt. Daß die Wärme nicht, wie man früher annahm, ein materieller Stoff ist, beweist ein einfaches Experiment: Ein in Sauerstoff verbrannter Metallkörper ist nach der Verbrennung genau um den gleichen Betrag schwerer, als der Sauerstoff an Gewicht verloren hat; er hat sich also nur mit dem Gase verbunden, aber nicht etwa noch weiter mit einem Wärmestoffe. Stoff zu Stoff gethan gibt immer mehr Stoff, und da alle kosmische Materie die Eigenschaft der Schwere besitzt, muß eine Vermehrung des Stoffes wägbar sein. Der hypothetisch angenommene Wärmestoff aber würde in unserem Experimente unwägbar sein; also ist Wärme keine Materie.

Wärme ist Bewegung. Sie ist nichts Anderes als eine lebhafte Erschütterung der kleinsten Theile einer Materie, eine lebhafte Bewegung ihrer Molecüle. Es ändern sich also im Zustande der Wärme nur die räumlichen Beziehungen der atomistischen Einheiten des Körpers, der allgemeine Schwerpunkt der Masse dagegen bleibt in Ruhe, das heißt der Körper ändert nicht seine räumliche Beziehung zu außerhalb befindlichen Gegenständen. Je schneller die moleculare Bewegung der Einheiten

eines Körpers, desto größer die Wärme; bei hinlänglicher Geschwindigkeit dieser Bewegung aber wird die Wärme als Licht empfunden. Objektiv genommen ist also der Vorgang bei Wärme wie Licht der gleiche, und die durch die Natur des aufnehmenden Körpers bedingten Unterschiede sind subjektiver Art.

Wärme dehnt aus, das heißt erwärmte Körper ändern ihren Aggregatzustand, wie etwa die Quecksilbersäule des Thermometers, wenn wir die warme Hand an den Kolben legen. Was wir aber subjektiv als Licht empfinden, ist eine so lebhafte Bewegung der kleinsten Theile eines Körpers, daß derselbe nicht nur seinen Aggregatzustand ändert, sondern auch noch das Band der chemischen Attractionskräfte gelockert wird. Wärme, die mit Lichtentwicklung verbunden ist, muß demnach so bedeutend sein, daß Auflösung chemischer Verbindungen dabei stattfindet. Je größer die Wärme, je stärker also das Licht, desto mehr chemische Verbindungen lösen sich auf, die bei geringerer Wärme noch widerstanden haben. Es muß uns also das Licht Aufschluß geben über die chemischen Attractionskräfte, das heißt über die chemische Beschaffenheit des Körpers, von dem es ausgesendet wird.

Der Lichtstrahl erscheint farblos und würde eine uns unverständliche Sprache reden, hätten wir es nicht in der Hand, ihn in seine Bestandtheile zu zerlegen und hienach die chemische Qualität der Lichtquelle zu bestimmen. Diese Zerlegung geschieht durch das Prisma. Wie der ins Wasser getauchte Stock uns gebogen erscheint, weil Lichtstrahlen, welche durch Wasser hindurchgehen, in anderer Richtung abgelenkt werden, als in der Luft, so findet auch eine Ablenkung von der ursprünglichen Richtung statt beim Uebergang eines Strahles aus der Luft durch Glas, weil Licht durch die Luft schneller als durch Glas sich bewegt. Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung ist bei jedem Durchgangsmedium verschieden, und das Verhältniß

der Geschwindigkeiten in verschiedenen Medien bestimmt den Brechungsbetrag beim Uebergange. Qualitativ verschiedene Lichtstrahlen oder Bestandtheile eines Lichtstrahles werden aber in verschiedenem Betrage abgelenkt, und zwar derart, daß die Reihenfolge der Regenbogenfarben — Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violet — zugleich die Reihenfolge in der Stärke der Ablenkung bezeichnet. Mit der Richtungsänderung eines Lichtstrahles ist demnach sein Zerfall in die prismatischen Farben verbunden. Rothe Strahlen erfahren die geringste, violette die stärkste Ablenkung. So kommt es, daß ein Lichtstrahl, wenn er ein Prisma passirt, eine andere Richtung gewinnt, und nicht mehr als einfache helle Linie erscheint, sondern als eine gegen die frühere Richtung verschobene ausgebreitete Fläche von verschiedenen Farben.

Dieses Farbenbild nennt man Spectrum. Qualitativ verschiedene Lichtstrahlen erzeugen aber verschiedene Spectra, und während also der verbundene Strahl eines Sternes für uns stumm ist, redet der zerlegte eine sehr verständliche Sprache. Wir brauchen nur die Farbenbilder der Lichtstrahlen der Gestirne mit jenen irdischer Stoffe zu vergleichen, so wissen wir auch, ob die ausstrahlenden Körper chemische Elemente gemeinsam haben, oder nicht.

Die Spectra der irdischen chemischen Elemente sind sehr verschieden, das heißt sie zeigen in der Zerlegung eine verschiedene Anzahl von Linien an. Während zum Beispiel Eisen mehr als 600 Linien zeigt, zerfällt der Strahl von erhitztem Lithiondampf nur in die Linien Roth und Orange und gibt Natrondampf nur Eine helle gelbe Linie. Anzahl, Lage und Farbe dieser Linien sind aber für jede Substanz charakteristisch verschieden und unveränderlich. Bei der Untersuchung der Spectra der Gestirne hat sich übrigens herausgestellt, daß manche derselben in den verschiedenen Farben sehr feine, dunkle, verticale Linien zeigen, über deren Bedeutung Kirchhoff

uns Aufschluß ertheilt hat. Läßt man nämlich einen Lichtstrahl der Sonne durch einen Spalt auf das Prisma fallen, so jedoch, daß der Strahl unterwegs, zwischen Spalt und Prisma, eine Lithionflamme passiren muß, so erscheint im Spectrum eine dunkle Linie mehr, als sonst im Sonnenspectrum zu finden ist; sperrt man sodann den Sonnenstrahl ab, so daß der Lithionstrahl allein das Prisma passirt, so zeigt sich die helle Lithionlinie genau an derselben Stelle, wo vorher die dunkle Linie lag. Der Sonnenstrahl verliert also, durch Lithion hindurchgehend, eben den im Lithion liegenden Bestandtheil. Das Durchgangs-Medium eines Lichtstrahles absorbirt von diesem die Strahlen von der gleichen Brechbarkeit, die es selbst hat, also eben jene Bestandtheile, welche das Medium, wenn erhitzt, selber ausstrahlt. Dunkle Linien im Allgemeinen zeigen also das Vorhandensein eines Durchgangs-Mediums an, und durch die Lage und Vertheilung der dunklen Linien deutet der Strahl gleichsam mit dem Finger darauf, daß dieses oder jenes Element im Medium enthalten sei.

Diese sogenannten Frauenhofer'schen Linien werden also durch Gase erzeugt, die entweder in der Atmosphäre der Sonne oder in der unserer Erde vorhanden sein müssen. Die Vergleichung irdischer Spectra mit dem der Sonne hat nun ergeben, daß die dunklen Linien des letzteren zusammenfallen mit den Linien von Natron, Eisen, Titan, Magnesium ꝛc. — Elemente, die sich in unserer Atmosphäre nicht finden, im leeren Raume, der uns von der Sonne trennt, schon wegen des Mangels der für ihr gasförmiges Auftreten nothwendigen Temperatur nicht vorhanden sein können, welche demnach in der Atmosphäre der Sonne liegen müssen. Diese Atmosphäre besitzt also eine so hohe Temperatur, daß Eisen darin bis zur Gasform verflüchtigt wird.

Eine andere Verschiedenheit der Spectra besteht darin, daß bei manchen die Farben ganz allmählig ineinander übergehen, also ein continuirliches Spectrum bilden, worin nur je nach den Durchgangs-Medien dunkle Linien vertheilt sind, während andere nicht continuirlich sind, sondern aus einzelnen hellen Linien bestehen. Erstere gehören festen oder glühend flüssigen Körpern an, letztere verdünnten glühenden Gasen. Das Spectroskop verräth uns also nicht nur die chemischen Elemente des ausstrahlenden Körpers, sondern auch den Aggregatzustand desselben. Die Sonne gibt ein continuirliches Spectrum, d. h. sie ist als ein glühender, starrer oder flüssiger Körper zu betrachten; da aber dieses Spectrum von zahlreichen dunklen Linien senkrecht durchzogen, d. h. ein sogenanntes Absorptionsspectrum ist, so muß dieser glühende Körper umhüllt sein von glühenden Dämpfen. An sich würden dieselben helle Linien erzeugen; indem aber diese Dämpfe die correspondirenden Strahlen des Centralkörpers, d. h. jene von gleicher Brechbarkeit, also Qualität, absorbiren, werden ihre hellen Linien in dunkle verwandelt.

Als dagegen Huggins im Jahre 1864 den Nebel 4374 des Herschel'schen Katalogs um seine Bestandtheile befragte, erhielt er von diesem ein kurzes und bündiges Farbentelegramm: drei helle Linien auf dunklem Grunde. Die erste Linie deutete durch ihre Lage Stickstoff an, die zweite Wasserstoff, während die dritte mit keiner von irdischen Elementen zusammenfiel, also einen uns unbekannten Stoff verrieth. Wenn Stickstoff und Wasserstoff durch Elektricität glühend gemacht werden, zeigen sich nun allerdings noch andere Linien, als welche im Spectrum dieses Nebels sichtbar waren; aber der Versuch hat dargethan, daß diese Linien nach und nach verschwinden, je weiter man diese Gase von der Spalte des Spectrums entfernt, und daß schließlich nur diejenigen beiden Linien übrig bleiben, die auch im Spectrum des erwähnten Nebels sich zeigten. Es

war dieses Spectrum ein nicht continuirliches; das Telegramm enthielt also die Nachricht, daß der Nebel im Zustande der Gasform sich befinde. Damit aber war jene Urmaterie, welche die Astronomen bis dahin nur hypothetisch vorausgesetzt hatten und deren Auffindung als empirischer Beleg für die Richtigkeit der Nebularhypothese erhofft wurde, nun wirlich entdeckt. Kant und Laplace dachten sich das Sonnensystem entstanden aus einem ursprünglichen Gasballe, und die Spectralanalyse hat den Beweis geliefert, daß in anderen Regionen solche Gasbälle in der That vorhanden sind, die sich nach mechanischen Gesetzen in Sonnensysteme verwandeln müssen.

Die Resultate, die wir dem Spectroskope noch verdanken werden, lassen sich gar nicht absehen. Schon jetzt, nachdem man kaum begonnen, sich dieses ebenso einfachen, wie merkwürdigen Instrumentes zu bedienen, hat es uns bereits so bedeutende Dienste geleistet, daß wir über die chemische Beschaffenheit der Gestirne besser orientirt sind, als über ihre Bewegungen. Es hat sich herausgestellt, daß unsere irdische Atmosphäre fast gar keinen absorbirenden Einfluß auf das Licht der Fixsterne ausübt, und daß diese, bei großer chemischer Verwandtschaft mit der Sonne, gleich letzterer aus einem glühenden Kerne bestehen, dessen Licht durch ihre Atmosphäre theilweise absorbirt wird. Ihre Spectra zeigen je nach der Himmelsregion, der sie angehören, große Uebereinstimmung unter sich, so daß also räumliches Nebeneinander der Gestirne auch auf bedeutendere stoffliche Verwandtschaft schließen läßt, während die geringen wirklichen Verschiedenheiten derselben aus der verschiedenen Zusammensetzung und Tension ihrer respectiven Atmosphäre entspringen. Aber auch Veränderungen in den Spectren der Gestirne sind nachgewiesen worden, welche nur sehr heftigen physikalischen oder chemischen Vorgängen auf denselben entsprechen können.

Die Anwesenheit von Stickstoff und Wasserstoff in den gasförmigen Nebeln, und verschiedener anderer Stoffe in den Fixsternen, begründet also die stoffliche Verwandtschaft derselben mit der Sonne und der Erde. Um nur an einzelnen Beispielen die Resultate derartiger Untersuchungen anzuführen, so findet man im Spectrum von Beteigeuze (α Orionis) Eisen, Wismuth, Wasserstoff, Natrium, Calcium, Thallium, Stickstoff, Gold, Magnesium; in Arktur (α Bootis) wurden nachgewiesen: Wasserstoff, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen und Chrom; Aldebaran (α Tauri) zeigt an: Wasserstoff, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, Wismuth, Tellur, Antimon und Quecksilber; Pollux (γ geminorum) enthält: Wasserstoff, Calcium, Magnesium, Natrium und Eisen.

Es ist bereits erwähnt worden, daß die Anwesenheit von Stickstoff und Wasserstoff in den Spectren gasförmiger Nebel nicht aus dem diesen Stoffen entsprechenden vollständigen Farbenbilde erkannt wird, sondern nur aus je einer Linie derselben, während die übrigen Linien wohl nur darum unsichtbar bleiben, weil sie zu schwach sind, um vom dunklen Grunde sich abzuheben. So kann es aber auch sein, daß andere Stoffe ihre Anwesenheit gar nicht verrathen, weil ihr Licht entweder zu geringe Kraft besitzt oder bei so ungeheuerer Wanderung uns gar nicht mehr erreicht, das heißt in der Fortpflanzung durch den Raum absorbirt wird, wobei jedoch nicht alle Bestandtheile des Strahles die gleiche Absorption erfahren. Es fällt also wohl in keinem Spectrum die Anzahl der sich kundgebenden Stoffe mit der wirklichen Anzahl derselben zusammen. Wenn daher viele Fixsterne große Gemeinsamkeit der Stoffe mit der Sonne nachweisen, so ist daraus auf Abwesenheit der übrigen Sonnen-Elemente noch nicht zu schließen; denn die Vollständigkeit des Spectrums entspricht der optischen Intensität des Glanzes, die ihrerseits abhängig ist von der räumlichen Entfernung des Gestirns und seiner wirklichen Emissionskraft

Die hellen Linien im Farbenbilde der gasförmigen Nebel sind vielleicht nur die lichtstärksten Linien derselben, und mit schärferen Instrumenten lassen sich möglicherweise noch andere Stoffe vom dunklen Grunde des Spectrums ablesen. Es scheint zudem auch die Tension der Gase von Einfluß auf ihr Spectrum zu sein; denn ihre Linien verbreitern sich bei höherem Drucke, und verlieren dabei ihre scharfe Begrenzung, so daß das Fehlen mancher Linien vielleicht nur einem zu geringen Drucke der Gase zuzuschreiben ist.

Aus alledem geht hervor, daß wir wahrscheinlich nur der relativen Nähe der Sonne den Reichthum ihres Spectrums zu verdanken haben, so daß eine überraschende Zahl irdischer Elemente sich darin nachweisen läßt, während die bezügliche Armuth in den Spectren anderer Fixsterne, bei welchen mit zunehmender Ferne die Anzahl der Linien sich zu verringern scheint, nur als Unvollständigkeit der Bilder zu deuten sein möchte.

Man hat im Spectrum der Sonne über 5000 dunkle Linien gezählt, und zwar unabhängig von dem Stoffe, aus welchem das Prisma besteht; manche früher für einfach gehaltene Linien haben sich bei Anwendung stärkerer Instrumente als doppelte und mehrfache ergeben, und Cooke, der einen großen Apparat von 9 Kohlenstoffprismen anwendete, fand so viele Linien, daß er ihre Anzahl nicht zu schätzen wagte. Erinnert man sich nun, daß dunkle Linien dann entstehen, wenn ein Lichtstrahl eine Atmosphäre passirt, welche gleiche Bestandtheile enthält, und daß, da die Farbenreihe eine ganz bestimmte ist, durch die bloße Lage einer dunklen Linie gleichsam der Stoff benannt wird, der im ausstrahlenden Körper und in seiner Atmosphäre gleichzeitig vorhanden ist, so erhellt, daß dunkle Linien ebenso bezeichnend sind, wie farbige. Ja es sind dunkle Linien insoferne sogar belehrender, als wir durch dieselben gleichzeitig über die Natur der Sonne und ihrer Atmosphäre

instruirt werden, während farbige Linien uns nur einseitigen Aufschluß geben. Freilich ist auch noch die irdische Atmosphäre als Durchgangs-Medium für den Sonnenstrahl anzusehen, und sie scheint nicht ganz ohne Einfluß zu sein. Manche dunkle Linie erscheint um so schwärzer, je tiefer die Sonne am Himmel steht, d. h. je länger der Weg ist, den ihr Strahl durch die irdische Atmosphäre zurückzulegen hat. Gleichwohl ist dieser Einfluß kein bedeutender, und ist es auf keinen Fall gestattet, alle dunklen Linien im Sonnen-Spectrum der irdischen Atmosphäre zuzuschreiben; wäre nämlich diese die Ursache, so müßten alle Spectra der Fixsterne in Anzahl und Lage dunkler Linien übereinstimmen, was nicht der Fall und nur daraus zu erklären ist, daß die Fixsterne verschiedene Atmosphären besitzen. Dies aber ist ein wichtiger Beleg dafür, daß die Sterne in verschiedenen Stadien der Entwicklung sich befinden.

Für die Uebereinstimmung irdischer und kosmischer Stoffe hat die Spectral-Analyse durch Untersuchung des Sonnenballes sehr gewichtige Beweise geliefert. Es ist in unserer Sonne nachgewiesen worden die Anwesenheit von Eisen, Magnesium, Chrom, Nickel, Kobalt, Barium, Kupfer, Zink, Mangan, Wasserstoff, Titan, Calcium, Schwefel, Cer, Natrium, Strontium, Erbium, Lanthan, Rubidium, Iridium, Cadmium, Uran, Blei ꝛc. Dagegen fehlen Gold, Silber und Queckfilber. Vielleicht läßt sich aus diesem Mangel der Schluß ziehen, daß diese Elemente zusammengesetzter Natur sind, wie es das ganze Mittelalter hindurch geglaubt wurde, und daß die Bedingungen für die chemische Verbindung ihrer Bestandtheile in der heißglühenden Sonnen-Atmosphäre fehlen, während das Vorhandensein der übrigen chemischen Elemente die einfache Natur derselben wenigstens als wahrscheinlicher erscheinen läßt. Vielleicht würde sogar die Mehrzahl der chemischen Elemente, die wir als einfache Stoffe betrachten, bei Temperaturen, welche zu erzeugen wir nicht im Stande sind, in ihre Bestandtheile zerlegt

werden; ja man kann sich des Gedankens kaum erwehren, daß die Anzahl ihrer Bestandtheile mindestens der ihrer Farbenlinien im respectiven Spectrum gleichkommen müsse. Denn daß in der That bei außerordentlichen Temperaturen Stoffe verflüchtigt und zerlegt werden, die bei geringerer Temperatur chemische Verbindungen eingehen, wird durch die Thatsache bestätigt, daß, wenn das Spectroskop auf Sonnenflecken gerichtet wird, einzelne Linien eine Verbreiterung erfahren und neue Linien auftreten. Dies kann aber bei der nachweisbar geringeren Temperatur der Flecken nur darin seinen Grund haben, daß in der über denselben liegenden abgekühlteren Atmosphären-Schichte chemische Verbindungen vorübergehend einzutreten vermögen. Die gewaltigen Vorgänge im Sonnenball lassen eben auch bezüglich seines Spectrums zeitenweise Veränderungen erwarten.

Die chemische Verwandtschaft der Sonne mit der Erde ist also so sehr constatirt, daß man bisher nur Eine Substanz im Sonnen-Spectrum gefunden hat, die mit keiner irdischen correspondirt, und den Namen Helium erhalten hat.

So hat also die Spectral-Analyse in alle Erwartung übertreffender Weise die Gleichheit der allgemeinen Eigenschaften der Materie bestätigt, — jene Hypothese, welche zuerst Newton in Bezug auf die Eigenschaft der Schwere aufzustellen gewagt hat. Bis in die Region der Fixsterne und Nebelflecke ist diese Gleichheit irdischer und kosmischer Stoffe begründet worden. Wir sind demnach berechtigt, nun auch die Gleichheit der Gesetze gerade so weit auszudehnen, als diese aus der Gleichheit der Stoffe folgt; denn die besondere Art gesetzmäßiger Wirksamkeit einer Materie ist unmittelbarer Ausfluß aus ihrer chemischen Beschaffenheit.

Bisher mußten wir zugestehen, daß astronomische Forschungen nur im Falle der Universalität irdischer Gesetze von Erfolg begleitet sein können, und es ergab sich, daß wir nicht anders können, als bei allen Erscheinungen des Himmels

wenigstens hypothetisch eine Eigenschaft irdischer Materie zu Grunde zu legen und sodann zu versuchen, die Erscheinungen daraus abzuleiten. Nun aber, da wir die Universalität der chemischen Stoffe erkannt haben, aus der ihr gleichmäßiges Wirken unmittelbar folgt, nun stellt sich heraus, daß, wenn es sich um Erklärung der Phänomene der Gestirne handelt, wir nicht anders dürfen, als eine entsprechende Eigenschaft irdischer Materie zu Grunde zu legen; denn das gesetzmäßige Wirken der Materie ist dieser keineswegs nur äußerlich angeklebt und unabhängig von ihrer Qualität, sondern entspringt aus ihrer Wesenheit, aus ihrer chemischen Natur; gleichmäßige moleculare Beschaffenheit zieht gleichmäßige Kräfte unmittelbar nach sich. Die Qualität der Stoffe bestimmt ihr Verhalten zu einander, und dieses spricht sich eben in den Gesetzen auf eine bestimmte Weise aus. Die Gesetze und die Stoffe des Kosmos können daher nur begrifflich getrennt werden.

Gleichheit der Stoffe bedeutet demnach Gleichheit der Kräfte, die allüberall in gesetzmäßiger Weise sich äußerlich kundgeben. Wie den Bewegungen der Gestirne müssen wir also auch ihren Licht-Phänomenen irdische Kräfte zu Grunde legen.

Alle elementaren Kräfte sind nach den Anschauungen der modernen Physik bewegende Kräfte. Auch das Phänomen der Farbe, ein lediglich subjectives, von der Beschaffenheit unserer Sinne abhängiges Phänomen, beruht, objectiv genommen, auf schwingenden Bewegungen. Wie der Schall auf Schwingungen der Luft, so beruht das Licht auf Schwingungen des Aethers Und wie das Ohr eingerichtet ist, die ihm zukommende Empfindung durch eine unbewußte causale Function auf eine bestimmte Anzahl von Luftschwingungen zu beziehen und hienach Höhe und Tiefe der Töne zu unterscheiden, so empfindet das Auge die wechselnde Anzahl der Aetherschwingungen in gleichen Zeiten als Farbenunterschiede. In der Reihe der Regenbogenfarben — Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violet —

nimmt die Schnelligkeit, womit die Schwingungen aufeinanderfolgen, von Roth bis Violet ungefähr gleichmäßig zu und ist bei Violet ungefähr noch einmal so groß als bei Roth. Schwingungen, welche langsamer geschehen, als bei Roth, oder schneller, als bei Violet, werden vom Auge nicht mehr wahrgenommen, gleichwie auch das Ohr nur innerhalb bestimmter Grenzen der Schwingungszahlen Töne wahrnimmt. Das Ohr empfindet Luftschwingungen als Ton, wenn deren mindestens 20 und nicht mehr als 30—40 Tausend in der Secunde stattfinden. Aetherschwingungen, von welchen 470—760 Billionen auf die Secunde treffen, wirken auf den Sehnerven; bei beträchtlich kleinerer Schwingungsanzahl wird nur das Gefühl der Wärme hervorgerufen, bei beträchtlich größerer noch chemische Wirkung auf photographisches Papier erzielt.

Es bedarf wahrlich nicht mehr, als der Vorstellung, daß der Lichtstrahl eines entlegenen Fixsternes, wenn er nach jahrtausendlanger Wanderung die Netzhaut unseres Auges trifft, durch Uebertragung seiner Bewegung auf diese Netzhaut sie erregt, um den innigen Zusammenhang aller Erscheinungen des Kosmos und die Gleichmäßigkeit gesetzmäßigen Wirkens aller Materie zu erkennen.

Das Spectroskop scheint bestimmt zu sein, sogar eine rein astronomische Aufgabe zu lösen, welche auf anderem Wege zu lösen kaum gelingen wird, nämlich die Berechnung der Eigenbewegung der Fixsterne. Die astronomische Beobachtung kann solche Eigenbewegung nur für solche Gestirne constatiren, welche an unserem Auge vorüberziehen, d. h. deren Bewegung in einer zur Gesichtslinie ungefähr senkrechten Richtung geschieht, nicht aber für Gestirne, welche in der Richtung dieser Gesichtslinie selbst sich bewegen, sei es gegen uns, oder von uns weg. Aber eben diese astronomisch uncontrolirbare Bewegung verräth das Spectroskop. Wenn ein Strahl von einer Lichtquelle ausgeht, die nicht in Ruhe, sondern in Bewegung ist, so muß die

Aufeinanderfolge der Lichtschwingungen rascher oder langsamer vor sich gehen, je nachdem sich die Lichtquelle nähert oder entfernt. Da nun der Ablenkungsbetrag durch das Prisma abhängig ist von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, so muß bei beweglicher Lichtquelle die Ablenkung eine andere sein, als bei in Ruhe befindlicher, die Bewegung muß sich durch Verschiebung der Linien kundgeben. Man hat z. B. beobachtet, daß die Linie F des Sonnenspectrums in der Nähe eines Sonnenfleckes nicht, wie die übrigen dunklen Linien, gerade, sondern an einigen Stellen nach rechts oder links ausgebogen, also gewunden erscheint. Diese durch Wasserstoff hervorgerufene Linie zeigt daher die Bewegung des Wasserstoffgases in der Atmosphäre der Sonne an. Hebt sich nun ein solcher Gasstrom gegen die Erde, so kommt dieses in der Wirkung einer Vermehrung, bei Senkungen einer Verminderung der Geschwindigkeit seines Lichtes gleich, es wird somit anders gebrochen. Wenn also diese Linie nach dem Violet des Spectrums ausbiegt, so beweist dieses eine Hebung, biegt sie gegen Roth aus, eine Senkung des Wasserstoffes. Die Größe der Ausbiegung aber verräth den Betrag der Bewegung und hat man in dieser Weise mehrmals eine solche von 8—25 Meilen für den aufsteigenden oder niederstürzenden Gasstrom gefunden; und während für eine bestimmte Stelle des Sonnenrandes das Spectrum einen gegen die Erde gerichteten Gasstrom anzeigte, ergab sich an einer 340 Meilen davon entfernten anderen Stelle des Sonnenrandes ein mit gleicher Geschwindigkeit von der Erde sich entfernender Gasstrom, woraus auf einen gewaltigen Wirbelsturm von 340 Meilen Durchmesser geschlossen werden konnte.

Nach diesem Princip hat Zöllner sein sogenanntes Reversionsspectroskop hergestellt, um die Eigenbewegung der Fixsterne zu bemessen. Bei diesem Instrumente sind zwei Prismensysteme in entgegengesetzter Lage übereinandergelegt, so daß zwei Spectra mit entgegengesetzter Reihenfolge der Farben übereinander er-

scheinen. Hat man nun die Vorrichtung getroffen, daß eine bestimmte Linie des einen Spectrums in der Verlängerung der correspondirenden Linie des anderen Spectrums liegt, so wird bei vorhandener Bewegung des Gestirns diese Linie in dem einen Spectrum nach rechts, in dem anderen nach links rücken und das Maß dieser seitlichen Abweichung enthüllt einen bestimmten Betrag der Bewegung, der leicht zu bestimmen ist, weil sich das Experiment auch an Spectren der Planeten vornehmen läßt, deren Bewegungselemente genau bekannt sind, und weil die ebenfalls bekannte Bewegung der Erde immer in Anschlag gebracht werden kann.

In dieser Weise hat z. B. Vogel den Stern α Lyrae geprüft und eine Bewegungsgeschwindigkeit von 11 Meilen in der Secunde gefunden; deßgleichen ergab sich für α Aquilae eine solche von 10 Meilen. Der Orionnebel verrieth bei gleicher Prüfung eine Geschwindigkeit von 3 Meilen in der Secunde in einer von uns abgekehrten Richtung. Nach Huggins, der ebenfalls die Bewegung der Erde in Abzug brachte, ergibt sich, daß Arktur mit einer Geschwindigkeit von 11, Wega von 10, Daneb von 7,8, Pollux von 9,8 geographischen Meilen sich der Sonne nähern; dagegen entfernt sich Sirius von der Sonne mit einer Geschwindigkeit von 4, Betrigeuze von 4,4, Rigel von 3, Castor von 5, Regulus von 4,5 geographischen Meilen.

Das Zöllner'sche Reversionsspectroskop bietet auch noch den weiteren Vortheil einer genaueren Bestimmung der chemischen Beschaffenheit der Gestirne, indem die tellurischen, von der Atmosphäre der Erde herrührenden Linien vermöge ihres Stillstandes von jenen mit seitlicher Abweichung, die eine Bewegung des Fixsterns andeuten, sich unterscheiden lassen.

Es ist also gegründete Hoffnung vorhanden, daß das Spectroskop mit der Zeit zu einem Instrumente sich entwickeln wird, daß uns gleich werthvolle Aufschlüsse geben wird über die chemische Natur der Himmelskörper, wie über ihre Ortsbewegung.

IV.

Der Kreislauf der Welten.

---

1. Die Verwandlung kosmischer Nebel in Sternhaufen.

Die Gleichheit der irdischen und kosmischen Gesetze, begründet durch die Gleichheit der irdischen und kosmischen Stoffe, — dies ist die aus empirischen Thatsachen gewonnene feste Basis der modernen Astronomie. Mit dieser Erkenntniß ist die Frage, ob die Erscheinungen des Himmels dem Menschengeiste zugänglich sind, und eine wissenschaftliche Erklärung derselben möglich ist, in bejahendem Sinne beantwortet. Es ist damit der Wissenschaft nicht nur die Erlaubniß, sondern die Verbindlichkeit zuerkannt, alle Phänomene des Kosmos nach Analogie irdischer Vorgänge zu erklären. Die Physik der Erde ist damit zur Physik des Kosmos erweitert worden.

Wenn die frühere Astronomie, indem sie die der irdischen Materie zukommende Eigenschaft der Schwere auf die kosmische Materie übertrug, hiedurch nur die Ortsbewegungen der Gestirne zu erklären vermochte, so hat die moderne Astronomie, indem sie die Universalität noch weiterer Eigenschaften der Materie erkannte, hiedurch den Schlüssel zur Erklärung auch der übrigen Veränderungen der Gestirne, abgesehen von ihren Ortsbewegungen, gefunden, und erfreuen sich gerade in

unsern Tagen die Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Gestirne, hauptsächlich seit Entdeckung der Spectral-Analyse, des besten Erfolges. Die Astrophysik, als Vereinigung der Physik und Chemie mit der Astronomie zu höherer Einheit, wird, indem ihr alle Errungenschaften dieser Einzelwissenschaften zugute kommen, mit der Zeit den gleichen Aufschwung erfahren, den diese genommen haben.

Die Erkenntniß von der wesentlichen Gleichheit irdischer und kosmischer Vorgänge ist von der höchsten Bedeutung. Sie bedeutet nicht weniger, als daß die Wissenschaft hiedurch in den Stand gesetzt ist, die Geschichte des Kosmos in Richtung der Vergangenheit, wie der Zukunft, zu construiren, und zwar in einer Weise, daß sich dieselbe weit über die Bedeutung einer bloßen Hypothese erhebt.

Wir sehen die Materie des Himmels in unterschiedlichen Zuständen befindlich; wir wissen, daß sie den irdischen Gesetzen unterworfen ist, und daß hienach ihre Wandlungen bestimmt werden; wir sind demnach berechtigt, die verschiedenen Erscheinungsformen, wie sie räumlich nebeneinander am Himmel sich darstellen, als zeitliche Folgezustände, als verschiedene Entwicklungsphasen anzusehen, welche alle kosmische Materie nacheinander durchlaufen muß. Die uns bekannten irdischen Naturgesetze aber sind es, mit Hilfe welcher wir die Reihenfolge dieser Entwicklungsphasen festzustellen haben. Indem wir also jene Urmaterie, die uns in den kosmischen Nebeln empirisch gegeben ist, zum Ausgangspunkt nehmen für alle weitern Veränderungen, müssen wir versuchen, die ganze reiche Fülle der Erscheinungen des Himmels daraus abzuleiten und derart aneinanderzureihen, daß hieraus eine nach naturwissenschaftlichen Principien mögliche Geschichte des Kosmos, frei von innern, physikalischen Widersprüchen, resultirt. Wenn sich aber sodann aus der einfachen Voraussetzung einer den irdischen Gesetzen unterworfenen Urmaterie theoretisch eine Verfassung der Dinge ableiten läßt,

wie sie beispielsweise durch unser Sonnensystem repräsentirt wird, und wenn zudem in der theoretisch gefundenen Reihenfolge der Zustände der Urmaterie alle Glieder vertreten sind, die als empirische Erscheinungen am Himmel zu erkennen sind, dann verleiht diese Uebereinstimmung der in apriorischer Construction gefundenen Glieder mit den empirisch gefundenen der anfänglichen Hypothese den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit, und wir werden genöthigt, alle unterschiedlichen Erscheinungsformen der kosmischen Materie am Himmel, in die richtige Reihenfolge gestellt, aus einander abzuleiten, so daß dieselben gleichsam als Petrefacte aus der Geschichte unseres eigenen Systems angesehen werden können, oder zukünftige Zustände kundgeben, welchen dieses entgegentreibt.

In den Nebelflecken, Nebelsternen, Sternhaufen, im Auflodern neuer Sterne ꝛc. erzählt uns der Himmel die wichtigsten Capitel aus der Geschichte des großen Fixstern-Systems, dem wir angehören, während die Erscheinung veränderlicher und verschwindender Sterne uns Epochen aus jener fernen Zukunft verkündet, der unser Sonnenball im Raume entgegenrollt.

Die kosmischen Nebel sind von verschiedener Natur. Viele derselben lassen sich nämlich teleskopisch auflösen, das heißt, während sie dem Auge als matter Schein sich darstellen, zerfallen sie, durch das Teleskop gesehen, in ein so dichtes Gewimmel von Sternen, daß bei einem scheinbaren Durchmesser des Nebels von einem Zehntel der Mondscheibe die Zahl der ihn bildenden Sterne annähernd auf 20,000 geschätzt wird. Dagegen ist von andern Nebeln die gasförmige Natur durch die Spectral-Analyse unzweifelhaft festgestellt worden. Nur diese wirklichen Nebel, nicht die blos optischen, sind es, die wir zum Ausgangspunkt unserer Untersuchung nehmen können, und da ihre Materie bis zum höchsten Grade der Verdünnung verflüchtigt erscheint, so ist die einzig zulässige Annahme die, daß wir uns diese Urmaterie allen physikalischen Gesetzen unter-

worfen denken, welche für leicht verschiebbare irdische Materie, sei es gasförmige, oder flüssige, Geltung haben. Indem wir aber sodann bei jeder weiteren theoretisch sich ergebenden Veränderung in der Structur und physikalischen Beschaffenheit auch die Geltung anderer physischer Gesetze in Anspruch nehmen, welche einer so gestalteten Materie entsprechen, und immer jene höchsten Generalisationen und allgemeinsten Erklärungsformeln der Naturwissenschaft in Anwendung bringen, nämlich die Erhaltung der Kraft und die Umwandlung der Kräfte bei irdischen Vorgängen, müssen bei richtiger Anwendung dieser Principien alle Erscheinungsformen der kosmischen Materie aus den gasförmigen Nebeln als ihrem Ursprung sich ableiten lassen.

Die unregelmäßig gestalteten Nebel von unbestimmter Begrenzung, die runden und linsenförmigen Nebel, die von Ringen umgebenen Nebel, die Spiral-Nebel, die planetarischen Nebel — das heißt solche, deren Licht bei scharf ausgeprägter Kreisform oder Linsenform gleichmäßig über die ganze Scheibe verbreitet ist —, ferner die Nebelsterne — das heißt Nebel, in deren Centrum ein glänzender Verdichtungskern sich zeigt —, die Nebel mit zahlreichen glänzenden Verdichtungs-Centren und endlich die Sternhaufen, die nur optisch genommen als Nebel zu bezeichnen sind; — alle diese Gebilde repräsentiren nur verschiedene Altersstufen in der Entwicklung der kosmischen Materie, und die Naturwissenschaft hat zu bestimmen, in welcher Reihenfolge diese verschiedenen Gebilde aneinander zur Kette zu fügen sind.

Alle Lehrsätze der Physik über die Bewegung der Körper von leicht verschiebbarer Materie müssen also auf die gasförmigen Nebel angewendet werden, wenn wir die Eigenschaft der Schwere auf die Materie derselben übertragen. Es müssen demnach in diesen Gebilden von außerordentlich geringer Dichtigkeit und schwachem Zusammenhange Bewegungen nach verschiedenen Anziehungs-Mittelpunkten entstehen, während gleich-

zeitig diese Anziehungs-Centren sammt der um dieselben sich anlagernden Materie der Anziehung des gemeinschaftlichen Schwerpunktes unterliegen, wie etwa ein irdischer Nebel, schon während er sich zur Erde senkt, sich zu einzelnen Tropfen verdichtet. Nach mechanischen Gesetzen müssen aber diese Verdichtungskerne, da sie nicht im leeren Raume sich niederschlagen, sondern durch ein widerstehendes Medium sich bewegen, krummlinige Bahnen gegen den allgemeinen Schwerpunkt beschreiben und allmählig in Axendrehung übergehen.

Man braucht nur die verschiedenen Gestalten der Nebel zu betrachten, um zu erkennen, daß auch hier die Principien der Mechanik diese ursprünglich structurlos und chaotisch ausgebreiteten Stoffe allmählig in Gestaltungen von immer ausgeprägterer Bestimmtheit überführen. In manchen Fällen ist freilich die unregelmäßige Gestalt nur eine optische, eine Wirkung der Perspective, indem mehrere Nebel, die für unser Auge in die gleiche Gesichtslinie fallen, mögen sie nun systematisch verbunden oder auch zusammenhanglos sein, in unregelmäßiger Form erscheinen müssen; bei anderen wiederum ist die unregelmäßige Gestalt mit unbestimmter Abgrenzung eine wirkliche. Bei diesen nun muß der langsame Condensations-Proceß eine allmählige Abrundung der Masse herbeiführen; sowohl in Hinsicht auf die äußeren Merkmale wird in Folge der Verdichtung größere Bestimmtheit eintreten, als auch in Hinsicht der Axendrehung, indem aus den anfänglichen Schwankungen in der Rotations-Axe allmählig eine unveränderliche Axe sich fixirt; auch werden die verschiedenen localen Verdichtungs-Centren, die im Beginne des Processes in verschiedenen Ebenen um den allgemeinen Schwerpunkt kreisen, allmählig eine gemeinschaftliche Ebene zu gewinnen suchen. Aus der Unveränderlichkeit der Rotations-Axe aber ergibt sich bei leicht verschiebbaren Materien Abplattung der Pole und Anschwellung des Aequators in um so höherem Maße, in je aufgelockerterem Zustande die Materie

sich befindet, so daß flüssige, in Drehung befindliche Körper die sphäroidische Form annehmen und nach der Erstarrung beibehalten, die wir an Planeten wahrnehmen, während gasförmige Körper bis zur Linsenform sich abplatten, welche — oder deren Projectionen als Kreisform, elliptische Form oder Pfriemenform — wir an den kosmischen Nebeln wahrnehmen

Die sogenannten planetarischen Nebel, jene runden Gebilde mit scharfen Umrissen und gleichmäßig über die ganze Scheibe verbreitetem Lichte, scheinen allein den Principien der Mechanik nicht zu entsprechen, da ja eine gleiche Vertheilung der Materie schon dem Gesetze der Gravitation gemäß ausgeschlossen und nur als Anfangszustand denkbar ist, der aber mit großer Unbestimmtheit der äußeren Form verbunden sein muß; wir müssen daher annehmen, daß auch in diesen Nebeln ein centraler Verdichtungskern von größerer Lichtstärke vorhanden ist, welcher aber die ausgedehnte umgebende Gashülle nicht zu durchdringen vermag, so daß nur das gleichmäßige Licht dieser letzteren uns sichtbar ist, während der Kern optisch für unser Auge verschwindet. Diese planetarischen Nebel müssen daher in Wirklichkeit für Nebelsterne gelten, wenn sie auch erst später, wenn im Verlaufe der Verdichtung die umgebende Dunsthülle sich mehr niedergeschlagen hat, als solche sich darstellen werden. Denn nach dem Gesetze der Schwere muß jede Nebelmasse die Phase des Nebelsternes erreichen; es muß eine centrale Verdichtung eintreten, und indem immer mehr Materie sich anlagert, wird ein großer, glänzender Kern entstehen, dessen Licht die Dunsthülle durchdringt, wenn der Durchmesser derselben bis zu entsprechendem Grade sich verringert hat.

Die Erscheinung der Nebelsterne ist eine sehr häufige; indessen ist auch hier zu bemerken, daß diese Form in manchen Fällen auch nur optisch sein, aus zwei sehr weit von einander entfernten Gebilden bestehen kann, die nur von unserem Standorte aus auf einander sich projiciren.

Wenn schon die Linsenform der meisten kosmischen Nebel auf eine Axendrehung derselben schließen läßt, wobei die kurze Axe des Ellipsoids als Rotations-Axe zu betrachten ist, so verschwindet jeder Zweifel an der Wirklichkeit dieses Vorganges bei der Betrachtung der sogenannten Spiralnebel, welche den überzeugendsten Eindruck der Rotation hervorbringen. Die spirale Structur läßt auf die heftigsten Wirbelbewegungen in diesen Gebilden schließen, wobei die verschiedenen Arme der Spira, nach gleicher Richtung zurückgebogen, unverkennbar anzeigen, daß die gegen den Centralkern gravitirende Nebelmaterie in die Rotation desselben mehr und mehr hineingezogen wird, so daß allmählig durch die Vereinigung der Spira eine schneckenartig gewundene Nebelform entsteht, deren Rotations-Axe senkrecht auf den Armen der Spira liegt. Ist endlich die ganze Materie eines solchen Nebels in die gleichsinnige Drehung gezogen, so wird er die Linsenform annehmen.

Unter der einzigen Annahme also, daß im Raume jene kosmische Urmaterie, deren Anwesenheit in den kosmischen Nebeln die Spectral-Analyse bestätigt, im Zustande chaotischer Zerstreuung vorhanden sei, und daß dieser Materie die Eigenschaft der Schwere zukomme, erhalten wir theoretisch eine Causalreihe allmähliger Veränderungen, welche vollständig übereinstimmt mit den empirisch gefundenen Gestaltungen der kosmischen Nebel. Dieses Resultat aber beweist den hohen wissenschaftlichen Werth der Voraussetzung, in welcher die Eigenschaft der Schwere auf jene kosmische Urmaterie übertragen wurde, und verleiht ihr eine Zuverlässigkeit, die nichts zu wünschen übrig läßt.

Es ist nun weiter zu untersuchen, ob in der Fortsetzung dieser theoretischen Causalreihe, wobei außer Formveränderungen auch noch Aenderungen der Lichtverhältnisse als physikalisch nothwendig eintreten werden, dieselbe Uebereinstimmung mit empirischen Erscheinungen am Himmel sich ergeben wird.

Wenn der Durchmesser eines Nebels durch Verdichtung seiner Materie sich immer mehr verringert, so muß nach mechanischen Gesetzen die Schnelligkeit seiner Rotation in gleichem Verhältnisse sich beschleunigen; bei einem gewissen Grade von Rotationsgeschwindigkeit aber muß an dem äquatorealen Gürtel des Nebels das Phänomen der Abtrennung äußerer Ringe eintreten. Der Nebel im Wassermann und noch andere zeigen nun in der That diese Structur an, für die wir auch in unserem Sonnen-Systeme ein Analogon besitzen: den von concentrischen Ringen umgebenen Planeten Saturn.

Es bedarf dieser Proceß der Ringbildung einer näheren Erläuterung, die umsoweniger übergangen werden kann, als solche Processe sehr deutlich die Uebertragbarkeit der mechanischen Gesetze auf die Himmelskörper beweisen.

Wenn man durch drehende Bewegung der Hand einen an einem Faden hängenden Stein schwingen läßt, so wird derselbe die Tendenz zeigen, sich von der Drehungsaxe zu entfernen; es wird sich dies durch starke Anspannung des Fadens kundgeben, der, ist er nicht fest genug, bei zunehmender Drehungsgeschwindigkeit auch wohl zerreißt. Jede Axendrehung erzeugt also die sogenannte Fliehkraft. Streckt man nun den Zeigefinger der Hand wagrecht aus, so daß sich der Faden des Steines an demselben aufwickelt, so wird der Durchmesser des vom Steine beschriebenen Kreises immer kleiner, und nur wenn bei den kleineren Kreisen eine entsprechende Verminderung der drehenden Kraft in Anwendung käme, würde der Stein auch die kleineren Kreise in der gleichen Zeit beschreiben, wie anfänglich die größeren; wird hingegen die gleiche Kraft der Schwingung beibehalten und auf das Beschreiben der kleineren Kreise verwendet, so geschieht der Umschwung in dem Verhältnisse schneller, als der Kreisdurchmesser abnimmt; der Stein schwingt immer schneller und damit steigert sich auch seine centrifugale Tendenz; der Faden wird immer fester gespannt

und drückt sich in empfindlicher Weise in das Fleisch des Fingers. Die Fliehkraft nimmt also mit der Schnelligkeit der Axendrehung zu, wie jeder Knabe weiß, der sich der Schleuder bedient.

In einer rotirenden Dunstmasse nun haben die Theile eine um so größere Schnelligkeit der Bewegung, je weiter sie von der Drehungsaxe entfernt sind, die Aequatortheile also die größte, da sie am weitesten entfernt sind, und einen größeren Kreis zu beschreiben haben, als näher gelegene Theile in der gleichen Zeit. So haben zum Beispiel die an den beiden Polen des rotirenden Erdballes gelegenen Punkte eine Geschwindigkeit von Null — das heißt sie beschreiben überhaupt keinen Kreis — die am Aequator eine Geschwindigkeit von 1500 Fuß in der Secunde, also von 225 Meilen in der Stunde. Das Phänomen der Fliehkraft muß sich also von den Polen zum Aequator herab immer mehr äußern, daher denn jede rotirende Dunstmasse am Aequator eine bedeutende Anschwellung erleiden wird, während sie sich an den Polen abplattet. Bei zunehmender Verdichtung der Masse und Verkürzung ihres Durchmessers verringert sich nun zwar für die äquatorealen Theile die Größe des zu beschreibenden Kreises, dem Gesetze der Trägheit gemäß aber behalten sie die ursprüngliche Drehungsgeschwindigkeit bei. Die Verdichtung bringt also eine beständige Annäherung der Aequatortheile zuwege und die sich gleich bleibende Rotationskraft derselben wird auf immer kleinere Kreise verwendet, die somit immer rascher durchgelaufen werden. Bei verschiebbaren Massen aber wird dies zur Folge haben, daß die schnellstumlaufenden Aequatortheile ihre Schnelligkeit durch Adhäsion und Reibung an die tiefer gelegenen, langsameren Schichten mittheilen, und in dem allgemeinen Ausgleich dieser Geschwindigkeiten gewinnt allmählig die ganze Masse eine um so größere Rotationsgeschwindigkeit, je mehr die Verdichtung fortschreitet.

Dieser Proceß geht indessen nur bis zu einem gewissen Zeitpunkte in der gleichen Weise fort. Denn da mit jeder

Rotation Fliehkraft verbunden ist, die Vermehrung der Rotationsgeschwindigkeit aber vermehrte Fliehkraft nach sich zieht, so muß diese Fliehkraft schließlich zu einem Betrage anwachsen, daß sie der Schwerkraft der gleichen Theile, also der Anziehungskraft der übrigen Dunstmasse, das Gleichgewicht hält, und gleichwie der, an einem Faden hängende, schwingende Stein schließlich den Faden zerreißen wird, so werden auch die von diesem Gleichgewichte der Kräfte betroffenen äquatorealen Theile ihren Zusammenhang mit der rotirenden Dunstmasse lösen, sie werden rings um den Dunstball ihre Rotation zwar fortsetzen, aber an der weiteren Verdichtung desselben nicht mehr theilnehmen; es wird eine freie Zone zwischen dem Centralkern und den frei umschwebenden Ringen entstehen, — jenes Phänomen, das in der That an manchen Nebeln sich beobachten läßt.

Es versteht sich von selbst, daß nur bei gasförmigen oder flüssigen Körpern eine centrifugale Anschwellung des Aequators und schließliche Abtrennung von Ringen stattfinden kann, nicht mehr aber bei erstarrten Körpern. Wir können also auch aus der Ringbildung bei kosmischen Nebeln den Zustand großer Zerstreuung ihrer Materie erschließen, den schon ihre Linsenform verräth, und den zudem die Spectral-Analyse in unzweifelhafter Weise festgestellt hat. Es ergibt sich ferner auch diese äußere Gestaltung dieser kosmischen Gebilde als eine nothwendige Wirkung der Giltigkeit der mechanischen Gesetze für dieselben.

Wenn endlich die in einem kosmischen Nebel sich bildenden Verdichtungs-Centren die ganze Materie desselben an sich gezogen haben, dann wird sich dieser Entwicklungszustand teleskopisch durch seine Auflösbarkeit in Sterne verrathen. Die weitere Entwicklung eines solchen Sternhaufens zerfällt hiemit vorläufig in die der Einzelgestirne.

Für die Beantwortung der Frage, welche Veränderungen ein Gestirn an sich erfahren wird, besteht nun die einzige zu-

läſſige Annahme wieder darin, daß wir die bis dahin thätig geweſenen natürlichen Geſetze als weiter wirkſam annehmen und zuſehen, ob die theoretiſch ableitbaren Zuſtände übereinſtimmen mit ſolchen Zuſtänden der Geſtirne, die ſich empiriſch wahrnehmen laſſen. In dieſer gegenſeitigen Controle der auf zwei verſchiedenen Wegen erlangten Reſultate iſt allein die nöthige Sicherheit zu gewinnen, und liegt im Falle der Uebereinſtimmung allein die Gewähr für die Richtigkeit der gemachten Vorausſetzungen.

Die im Uebergange von den kosmiſchen Nebeln zu den Sternhaufen ſich bildenden Verdichtungs-Centren, welche die umlagernde Materie mehr und mehr an ſich ziehen und, ihren Zuſammenhang verlierend, zu ſcharf umgrenzten Bällen ſich ſcheiden, werden vermöge ihrer hohen Anfangstemperatur noch in ihre chemiſchen Beſtandtheile getrennt ſein, im glühend gasförmigen Zuſtand verharren, bis ſie durch fortgeſetzte Wärme-Ausſtrahlung in den Raum und weitere Verdichtung chemiſche Verbindungen eingehen, und in den tropfbar flüſſigen Zuſtand übergehen. Es iſt dieſer Uebergang in den flüſſigen Zuſtand für die verſchiedenen chemiſchen Stroffe an beſtimmte Temperaturen gebunden, tritt daher nicht für alle gleichzeitig, aber bei der Annäherung an die entſprechenden niedrigeren Temperaturen ziemlich plötzlich ein. Dieſe Veränderung des Aggregatzuſtandes iſt, abgeſehen von der Verringerung des Durchmeſſers ſolcher Körper, deren Beſtandtheile nur theilweiſe noch in Gasform ſie umgeben, vermöge der geringeren Verſchiebbarkeit flüſſiger Maſſen von einer Verringerung der Anſchwellung des Aequators und der Abplattung an den Polen begleitet. Glühend flüſſige Körper werden alſo die Linſenform ihrer vormaligen Dunſtbälle mit der von faſt kugelförmigen Sphäroïden vertauſchen.

Daß die Mehrzahl der Geſtirne im glühend flüſſigen Zuſtande ſich befindet, hat die Spectral-Analyſe in unzweifelhafter

Weise festgestellt. Nehmen wir nun diesen Zustand als Basis für die weiter eintretenden Veränderungen, so fordert die Theorie nach Analogie irdischer Vorgänge, daß solche Massen bei ihrem größeren Absorptionsvermögen für Licht und Wärme auch eine größere Ausstrahlung von Licht und Wärme entwickeln, und daß der Proceß der Abkühlung solcher Massen im intensiv kalten Raume während dieser Entwicklungsperiode viel rascher vor sich gehen wird.

Was nun die Wärme-Entwicklung der Fixsterne betrifft, so ist dieselbe ungeachtet der ungeheueren Entfernungen derselben direct meßbar, ohne daß jedoch ein directes Verhältniß ihrer Wärme zu ihrer, weil auch von der räumlichen Entfernung abhängigen Helligkeit vorhanden wäre. Ein quadratisches, 100 Grad Celsius warmes Kupferblech von neun Centimeter Seitenlänge würde, in eine Entfernung von 567 Meter gebracht, eine Wärmewirkung hervorbringen gleich der des Sternes Wega (α Lyrae). Die Wärmewirkung Arktur's ist, nach Stone, der gleich, die ein mit siedendem Wasser gefüllter Würfel von drei Zoll Seitenlänge in einer Entfernung von 400 Yards hervorbringt, — also mehr als doppelt so stark, wie die Wega's. Huggins ließ das durch einen achtzölligen Refractor concentrirte Licht von Fixsternen auf eine thermo-elektrische Säule wirken, wobei der durch Licht und Wärme entstehende Strom in der Säule die Nadel des mit dieser verbundenen Galvanometers bei Arktur um $3^1/_4$ Grad ablenkte, bei Regulus um 3, bei Sirius um 2 und bei Pollux um $1^1/_2$ Grad. Es versteht sich, daß so geringe Wärmemengen für unsere Erde um so weniger Bedeutung haben können, als sie durch Wolkenbildungen und Feuchtigkeit der Atmosphäre gänzlich absorbirt werden müssen.

Aus der wirklichen Lichtstärke des Sirius und der Wega hat sich unter Berücksichtigung ihrer respectiven Entfernungen von der Erde ergeben, daß Sirius 63 Mal, Wega 12 Mal

die Lichtstärke der Sonne übertrifft. Die Wärmequantität der Fixsterne ist nun ihrer scheinbaren Helligkeit keineswegs proportional; aber es mag der Wissenschaft vielleicht einst gelingen, wenn ihr diese Beziehungen klar geworden sein werden, aus der vergleichenden Licht- und Wärmestärke der Fixsterne Schlüsse von einiger Wahrscheinlichkeit auf die Altersunterschiede derselben zu machen, wenn es erlaubt ist, für gleiche Volumina gleiche Anfangstemperaturen anzunehmen und die Licht- und Wärmedifferenzen durch Ausstrahlung in verschiedenen Zeitlängen zu erklären.

Anders verhält es sich mit der Wärme des uns nächsten Fixsternes: der Sonne. Nach den Ergebnissen der Spectral-Analyse läßt es sich nicht mehr bezweifeln, daß die Sonne eine in höchster Gluth befindliche Masse ist. Wenn gasförmige Stoffe im Eingehen chemischer Verbindungen die tropfbar flüssige Form annehmen, so erzeugen die stattfindenden Wärme-Entbindungen Temperaturgrade, welche dem Schmelzpunkte dieser Stoffe mindestens entsprechen, bei einzelnen Verbindungen aber die Schmelzhitze weit übersteigen. Aber solche chemische Vorgänge erscheinen ganz ungenügend, die ungeheuere Temperatur unseres Sonnenballes zu erzeugen, welche neuerdings von Secchi durch Vergleichung der Sonnenstrahlung und der Strahlung elektrischen Lichtes auf 170,000 Grad Celsius berechnet wurde. Nach Analogie irdischer Vorgänge ist eine so hohe Temperatur nur erklärlich aus der Lehre von der Umwandlung der Kräfte, indem angenommen wird, daß hohe Beträge von räumlicher Bewegung in moleculare Bewegung, das heißt Wärme, verwandelt wurden. Die Materie der Sonne muß also aus so großer anfänglicher räumlicher Entfernung sich verdichtet haben, als einer so hohen Temperatur nach den Gesetzen von der Aequivalenz der Kräfte entspricht. Die Sonne muß also ursprünglich ein Nebel gewesen sein, dessen Stoffe sich vermöge der Schwerkraft gegen den Mittelpunkt nieder-

senkten, wobei die durch den Widerstand gehemmte räumliche Bewegung in Bewegung der kleinsten Theile sich verwandelte, worin, objectiv genommen, die Wärme besteht. Die im gegenseitigen Widerstande verlorene lebendige Kraft, mechanische Arbeitskraft, hat nur eine andere Form, die der Wärme, angenommen.

Bei dem festen Wechselverhältnisse zwischen Wärme und mechanischer Arbeit läßt sich auch umgekehrt die der Sonnenwärme entsprechende Arbeitskraft berechnen. Man versteht unter Wärme-Einheit diejenige Wärmemenge, welche nöthig ist, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser um 1° Celsius zu erhöhen, und hat gefunden, daß jede ohne Verlust in mechanische Arbeitsleistung umgesetzte Wärme-Einheit 424 Arbeits-Einheiten ergibt. Unter letzterem Ausdruck versteht man diejenige Kraft, welche nöthig ist, ein Kilogramm auf die Höhe eines Meters zu heben, daher die Arbeits-Einheit auch als Kilogramm-Meter bezeichnet wird. Die der Erde in jeder Minute von der Sonne zugesendete Wärmemenge repräsentirt aber, in mechanische Arbeitskraft verwandelt, 952.665,114.016,000.000 Arbeits-Einheiten. Denkt man sich diese Arbeit durch 2000 große Dampfmaschinen von je 100 Pferdekräften geleistet und nimmt an, daß ein Pferd bei mittlerer Leistung in jeder Secunde 75 Kilogramm auf die Höhe eines Meters heben kann, so daß eine Pferdekraft 75 Kilogramm-Metern oder Arbeits-Einheiten entspricht, so ergibt sich nach Forster, daß, wenn diese Dampfmaschinen ihre Arbeit zur Zeit von Christi Geburt begonnen und ohne Unterbrechung fortgesetzt hätten, ihre Aufgabe noch immer nicht erfüllt wäre, daß sie vielmehr noch bis Mitte August 2012 fortarbeiten müßten. Dies mag ungefähr eine Vorstellung geben von der Wärmemenge, welche die Erde in jeder Minute von der Sonne empfängt. Nun ist aber noch zu bedenken, daß die Sonne ihre Strahlen nach allen Richtungen des Raumes gleichmäßig entsendet, so daß, wenn sie

im Mittelpunkte einer großen Hohlkugel stünde, deren Aequator mit der Erdbahn zusammenfiele und — da die Erde 20 Millionen Meilen von der Sonne entfernt ist — einen Durchmesser von 40 Millionen Meilen hätte, jeder Oberflächentheil dieser Hohlkugel die gleiche Wärmemenge empfangen würde. Diese Oberfläche wäre aber 2300-millionenmal größer, als die bestrahlte Erdoberfläche; die Wärme-Ausgabe der Sonne in jeder Minute ist demnach 2300-millionenmal größer, als der Theil, welchen die Erde empfängt.

Da wir nun diese hohe Temperatur der Sonne nicht anders entstanden uns denken können, als durch gehemmte Bewegung und Verwandlung räumlicher Bewegung in moleculare Bewegung — welche eben Wärme ist —, endlich aber alle Umwandlungen der Kräfte in gleichwerthigen Beträgen geschehen, so muß der dieser Temperatur zu Grunde gelegene Betrag an räumlicher Bewegung ein ungeheuerer gewesen sein, die Materie der Sonne muß aus ungeheueren Entfernungen sich verdichtet haben. Den ganzen Raum bis zu jenen gleichwerthigen Entfernungen aber konnte die Sonne nur in Gasform erfüllt haben. Das Sonnensystem war demnach uranfänglich ein kosmischer Nebel.

2. Die veränderlichen Sterne.

Wenn räumliche Bewegung gehemmt wird, so entsteht unsichtbare Bewegung der kleinsten Theile, d. h. Wärme. In unbewußter Anwendung dieses Gesetzes entzündet der Indianer Holz durch Reibung, stoßen wir die Füße auf den Boden und reiben die Hände aneinander, wenn wir in der Kälte stehen. Eine aus dem Laufe geschossene Flintenkugel, wenn sie, von einer Mauer aufgefangen, zu Boden fällt, wird derart erhitzt, daß wir nicht vermögen, sie in die Hand zu nehmen. Bei jeder Verlangsamung der Bewegung, wie bei gänzlicher Aufhebung derselben, ist der daraus entstehende Wärmebetrag dem

Verluste gleichwerthig. Das Maß der Wärme verräth also den Betrag an verlorener Bewegung, aus der sie entstanden ist.

Die hohe Temperatur der Sonne erklärt sich demnach aus dem Ursprung selbst der Sonne, aus der Verdichtung ihrer Bestandtheile, welche, ehemals bis zu ungeheuerer Ausdehnung verflüchtigt, in ihrer gegenseitigen Annäherung sich hemmten, wobei der Bewegungsverlust in Wärme umgewandelt wurde. Man hat berechnet, daß, wenn der Sonnenball ursprünglich selbst nicht weiter ausgedehnt gewesen wäre, als bis zur Entfernung des äußersten und ersten Planeten, der sich von ihr abtrennte — Neptun —, und wenn sodann in Folge der intensiven Kälte des Raums diese Masse sich zusammenzog, und Verdichtung gegen den allgemeinen Schwerpunkt eintrat, den die Sonne noch einnimmt, hiedurch eine Temperatur von 500 Millionen Grad entstehen mußte. Dieses also ungefähr mußte die Anfangstemperatur der Sonne gewesen sein, so daß ihre gegenwärtige Temperatur nur als ein geringer Restbetrag derjenigen anzusehen ist, welche die Gravitation ihrer Stofftheile erzeugte. Die Sonne muß demnach einen starken Abkühlungsproceß erfahren haben, wie einen solchen — die Universalität irdischer Gesetze vorausgesetzt — die Theorie für jeden frei im kalten Raume schwebenden Körper erfordert.

Da nun die Fixsterne in Bezug auf stoffliche Zusammensetzung sehr viel Verwandtschaft mit der Sonne verrathen, und die Spectral-Analyse den Nachweis führt, daß auch bei ihnen das Licht von einem glühend flüssigen Kerne ausstrahlt und — die dunklen Linien im Spectrum beweisen das — zum Theile von einer Atmosphäre absorbirt wird, so besitzen wir alles Recht, das Entwicklungsstadium der Sonne als ein solches anzusehen, welches alle Fixsterne ohne Ausnahme entweder vor sich oder bereits hinter sich haben. Die an den Fixsternen, wie an der Sonne, wahrnehmbaren Erscheinungen und Veränderungen sind demnach anzusehen als verschiedene Capitel in

der allen Gestirnen gemeinsamen Geschichte, und wenn es unternommen wird, diese Geschichte zu construiren, — wobei wiederum nur von der Universalität irdischer Gesetze ausgegangen werden darf — so müssen in der theoretisch sich ergebenden Reihenfolge von Veränderungen die empirisch wahrnehmbaren Zustände enthalten sein; die Unterschiede der Gestirne müssen sich als bloße Altersunterschiede erweisen, manche müssen als jünger, andere als älter, denn die Sonne, angesehen werden.

Die kosmischen Nebel verwandeln sich in eben so viele Gestirne, als von der ursprünglich vorhandenen Anzahl von Verdichtungscentren indirekte ausgelesen wurden, indem diejenigen Nebelballen ineinander flossen, deren gegenseitige Beziehung einen mechanischen Widerspruch im Systeme bildete. Aus gasförmiger Materie also haben sich alle Fixsterne verdichtet, und sie können diesen gasförmigen Zustand lange beibehalten haben; denn nach Regnault's Versuchen können gesättigte Dämpfe bei hohem Drucke fast so dicht sein, als die Flüssigkeit, in welche überzugehen sie bereit sind, ohne daß sie doch bei dem diesem Zustande der Compression entsprechend hohen Wärmegrade die Gasform verlassen. Die Wärmeausstrahlung in den Raum nimmt aber ihren Fortgang, und so muß schließlich jene niedrigere Temperatur erreicht werden, welche chemische Verbindungen und den Uebergang in die tropfbar flüssige Form zuläßt.

Auf diesen unzweifelhaften Vorgang der Abkühlung, den jeder glühende, kosmische Körper im kalten Raum erfahren muß, lassen sich in der That die an Fixsternen wahrnehmbaren Erscheinungen der Art zurückführen, daß sie verschiedenen Stadien der Abkühlung, also bloßen Altersunterschieden, entsprechen. Die Spectral-Analyse eignet sich dabei vorzugsweise zur Controle der Uebereinstimmung der theoretisch abgeleiteten Entwicklungszustände mit den empirisch wahrnehmbaren. Vogel stellt nach den Spectren der Fixsterne drei vorzüglich geschiedene

Typen auf, welche verschiedenen Abkühlungsstadien derselben entsprechen. Er unterscheidet weiße, gelbe und rothe Sterne. Bei ersteren erzeugt der Zustand höchster Weißglühhitze eine so hohe Temperatur, daß die in den Atmosphären enthaltenen metallischen Dämpfe nur eine geringe Absorption ausüben, so daß entweder keine oder nur äußerst zarte Linien im Spectrum erscheinen. Hieher gehören Sirius, Wega, dann β in der Leyer und γ in der Cassiopeja, bei welchen die Wasserstoff-linie hell erscheint, und im Orion die Sterne β, γ, δ und ε, welche keine Wasserstofflinien zeigen. Bei gelben Sternen kündigen sich die in den Atmosphären enthaltenen Metalle durch kräftige Absorptionslinien im Spectrum an; hieher gehören Aldebaran, Arktur, Capella und unsere Sonne, deren Atmos-phären durch Wärmeverluste dichter und kühler geworden. In den rothen Sternen endlich ist die Glühhitze soweit erniedrigt, daß Associationen der Stoffe in der Atmosphäre eintreten können; die durch mehr oder weniger breite Absorptionsstreifen, dunkle Banden, angezeigt werden: α im Herkules, α im Orion und β im Pegasus.

Die bloße Sichtbarkeit der Gestirne auf unmeßbar große Entfernungen beweist hinlänglich ihre großartige Lichtentwick-lung. Licht und Wärme aber sind untrennbar. Die im Ver-dichtungsprocesse durch Verwandlung lebendiger Bewegung in Molecularbewegung erzeugte Wärme muß anfänglich einen be-ständigen Ueberschuß über jene ergeben, die in den Raum aus-gestrahlt wird. Gleichwie aber Verdichtung der Materie nur bis zu einem gewissen Grade denkbar ist, so auch die Zunahme der daraus entstehenden Wärme. Jedes Gestirn muß demnach einmal einen Höhepunkt seines Glanzes erreichen. Vorerst wird dann ein Gleichgewichtszustand zwischen Wärmeeinnahme und Wärmeausgabe eintreten, welcher, kosmisch genommen, nur kurze Zeit sich erhalten kann. Wir Menschen freilich, die wir das Miniaturmaß historischer Zeitlängen an kosmische Perioden

legen, sind leicht geneigt, unveränderliche Zustände anzunehmen, wenn wir beispielsweise erfahren, daß bei der Sonne eine Störung dieses Gleichsgewichts, eine Abnahme ihrer Temperatur, sich seit 2000 Jahren nicht nachweisen läßt. Aber der ursprünglich auf Seite der Einnahme bestehende Ueberschuß muß nothwendig mehr und mehr nach der Ausgabeseite verrückt werden, und für jedes Gestirn muß der Tag anbrechen, von welchem an es nur mehr vom Capital seiner Wärme zehrt und dem Schicksale entgegengeht, das mit solchem Verfahren verbunden ist.

Irdischen Processen analog muß jede Abkühlung von Veränderungen in der Intensität und Farbe des Lichtes begleitet sein, und wie für alle uns bekannten Stoffe muß auch für die Gestirne beim Uebergange aus dem glühenden Zustand in den nichtglühenden, vom Anfangsstadium der Weißgluth zum Endstadium des Verlustes der Leuchtkraft, das Stadium der Rothgluth in der Mitte liegen. Da nun im Zustande der Rothgluth nothwendig die Bildung von Schlacken eintreten muß, die bei einem rotirenden Weltkörper abwechselnd sich uns zukehren, und je nach den jeweilig zugekehrten Oberflächentheilen eine veränderliche Lichtstärke erzeugen müssen, so ergibt sich der Theorie gemäß ein Phänomen, welches wir am Himmel in der That wahrnehmen: die veränderlichen Sterne; und zwar ist es für die Richtigkeit der Theorie von hoher Bedeutung, daß die Mehrzahl veränderlicher Sterne von rother Farbe ist. Indem wir also ausgehen von der Universalität der irdischen Gesetze und der Gleichheit der kosmischen Stoffe ergibt sich die Geschichte der Gestirne als ein wesentlich gleicher Abkühlungsproceß, aus diesem in einem bestimmten Stadium die Schlackenbildung, und hieraus für rotirende Weltkörper die periodische Veränderlichkeit, hauptsächlich für rothe Sterne, ein empirisch gegebenes Phänomen.

Bekanntlich zeigt auch unsere Sonne sogenannte Flecken,

in welchen wohl nur die Anfänge der Bildung von Schlackenfeldern gesehen werden können. Diese Schlacken, welche häufig die Oberfläche unserer Erde an Ausdehnung übertreffen, schwimmen unter zeitweiliger Auflösung auf dem flüssigen Kern der Sonne herum. Sie allein sind es, auf deren Beobachtung sich die Berechnung der Axendrehung der Sonne innerhalb etwa 25 Tagen gründet; doch verrathen sie außer dieser relativen Bewegung noch eine Eigenbewegung, die sich aus ihrer veränderlichen gegenseitigen Entfernung nachweisen läßt, und welche heftige Strömungen auf der Oberfläche des Kerns anzeigt. Freilich muß für die veränderlichen Fixsterne eine Ausdehnung ihrer Schlackenfelder angenommen werden, welche die der Sonne weit übertrifft.

In so ferne nun für unsere Sonne maximale und minimale Perioden in der Bildung von Flecken bestehen, muß auch sie als ein periodisch veränderlicher Stern angesehen werden. Man hat bei ihr eine kürzere Periode von $11^1/_6$ und eine längere von 67 Jahren gefunden. Wenn aber diese Schlackenfelder gegenwärtig noch in der allgemeinen Gluthmasse zeitweilig sich auflösen, wenn sie in Folge gewaltiger Strömungen an wärmere Stellen getrieben werden, so werden sie doch mit der Zeit bei fortgesetzter Abkühlung immer mehr anwachsen, ein Zusammenhang zwischen ihnen und eine Anstauung an bestimmten Oberflächentheilen wird eintreten, wie bei den Eisschollen eines Gewässers, und wenn sie schließlich ihre Eigenbewegung ganz verloren haben werden, wird die Sonne aus Fixsternweite einem veränderlichen Sterne von kurzer, regelmäßiger Periode gleichen. Solche Gestirne übertreiben daher nur jenes Phänomen, das wir gegenwärtig an der Sonne wahrnehmen. So lange dagegen solche Schlackenfelder noch keinen Zusammenhang und noch keine feste Stellung gewonnen haben, kann die beständige Verschiebung die Periodicität in so fern modificiren, als die zwischen Maximal- und Minimal-

zuständen verstreichenden Zeitlängen einem Wechsel unterliegen. Veränderliche Sterne von unregelmäßiger Periode lassen sich in der That beobachten; bei einigen tritt eine Verkürzung, bei anderen eine Verlängerung der Periode ein, je nachdem der leuchtende Oberflächentheil nach der Rotationsrichtung oder nach der entgegengesetzten Richtung verschoben wird. Aber auch die Bewegung solcher Fixsterne von der Erde weg, oder gegen die Erde, kann Verkürzung oder Verlängerung der Periode bewirken. Wenn z. B. bei β in der Leyer jede Periode des Lichtwechsels um $^7/_{10}$ Secunde länger ist, als die vorhergehende, so würde eine solche Verlängerung als nur optisch anzusehen sein, wenn diesem Sterne eine von uns abgewendete Bewegung von 28000 Meilen innerhalb 12 Tagen und 22 Stunden zukäme, indem alsdann sein Licht, diese verlängerte Strecke zu durchlaufen, um $^7/_{10}$ Secunde mehr Zeit nöthig haben würde. Ebenso kann eine Verkürzung der Periode bei Sternen eintreten, welche sich in der Richtung gegen die Erde bewegen.

Aber auch das merkwürdige Phänomen veränderlicher Sterne, welche gleichzeitig ihren Glanz und ihre Farbe ändern, erklärt sich ungezwungen aus der Abkühlungstheorie: Wenn Schlackenfelder einen glühend flüssigen Theil der Oberfläche vollständig einschließen, so daß derselbe keinen Temperaturaus=tausch mit der übrigen Gluthmasse eingehen kann, so muß ein solcher Oberflächentheil rascher abkühlen und früher in den Zustand der Rothgluth übergehen.

Nicht alle veränderlichen Sterne sind roth, und dieses allein schon muß uns abhalten, die Veränderlichkeit aus dem Einen Erklärungsprincip der Schlackenbildung abzuleiten. Da nun die Universalität irdischer Gesetze und die Gleichheit kos=mischer Stoffe uns nöthigen, den Entwicklungsgang der Sonne als typisch für alle Fixsterne anzusehen, so müssen wir inner=halb des Sonnensystems nach Erscheinungen forschen, welche, wenn auch nur optische, Veränderlichkeit des Sonnenglanzes

herbeiführen können. Im Großen ist eine solche Erscheinung gegeben in den Sonnenfinsternissen, wenn der dunkle Mondkörper zwischen uns und die Sonne sich schiebt; die Vorübergänge des Merkur und der Venus dagegen sind als analoge Erscheinungen in kleinerem Maßstabe anzusehen.

Auch die Fixsterne trennen Planeten ab. Die Theorie nöthigt uns zu dieser Folgerung, da wir wissen, daß die Fixsterne, aus rotirenden Nebelballen entstehend, selbst rotiren müssen; die Erfahrung bestätigt diese Folgerung durch das Phänomen der periodischen Veränderlichkeit rother Sterne, für welche die Schlackenbildung auf der Oberfläche erst im Zusammenhange mit ihrer Rotation eine genügende Erklärung bietet, und diese Rotation muß bei allen Sonnen mit Abtrennung planetarischer Begleiter verbunden sein. Wir können also schließen, daß zeitweilig dunkle Begleiter zwischen uns und jene fernen Sonnen sich einschieben und, indem sie eine Art Sonnenfinsterniß für uns herbeiführen, uns ihr Licht schmälern, und das Phänomen periodischer Veränderlichkeit erzeugen. Bedenken wir aber, daß beispielsweise die an der Sonnenscheibe vorübergehende Venus nur als schwarzer Punkt erscheint, so dürfte die Veränderlichkeit von Sternen, die sich nicht im Zustande der Rothgluth befinden, wohl besser durch dunkle, oder wenigstens für uns unsichtbare, Nebensonnen sich erklären, mit welchen sie zu einem Binarsystem sehr enge verbunden sind. Hieher gehört wohl der Stern Algol im Medusenhaupte, der jährlich 127 Perioden, jede von etwa 69 Stunden durchläuft, und hiebei zwischen 2. und 4. Größe schwankt. Auch der Stern Mira Ceti mit einer Periode von 331 Tagen und 20 Stunden ist vielleicht hieher zu rechnen, der zwischen 2. und 11. Größe schwankt, und etwa 4 Monate mit bloßem Auge sichtbar bleibt, ohne daß er jedoch die Extreme seines Glanzes in jeder Periode erreicht. Dieß und der Umstand, daß Mira Ceti von rother Farbe ist, dürfte vielleicht

seine Veränderlichkeit durch das combinirte Phänomen der Schlackenbildung und des Vorüberganges eines dunklen Körpers erklären.

Wenn aber manche Fixsterne sowohl in ihrer Schlackenbildung, wie im Vorübergange eines dunklen Begleiters, Erscheinungen des Sonnensystems nur in vergrößertem Maßstabe darstellen, so erklärt sich doch hiedurch nur die periodische Veränderlichkeit solcher Gestirne, nicht aber der empirisch zu beobachtende, sehr unregelmäßige Lichtwechsel mancher Sterne, der nur Vorgängen entsprechen kann, die auf der Oberfläche selbst sich ereignen, und welche, wenn erst durch sie die Sichtbarkeit des Gestirns herbeigeführt werden sollte, uns das Phänomen neuer Sterne bewirken müßten.

3. Das Auflodern neuer Sterne.

Wenn wir die bedeutenden Entfernungen der Fixsterne bedenken und uns vergegenwärtigen, daß das Licht des uns nächsten Fixsternes, α Centauri, $3^1/_2$ Jahre bedarf, um zu uns zu gelangen, aber die äußersten, doch innerhalb der Milchstraße noch gelegenen, Gestirne eine Lichtzeit von 3541 Jahren haben, so liegt es auf der Hand, daß solche Lichtveränderungen, die weder durch abwechselnd sich uns zukehrende Schlackenfelder, noch durch den Vorübergang dunkler Körper erzeugt werden, nur kosmischen Ereignissen von außerordentlicher Wichtigkeit entsprechen können. Wenn diese Weltkörper, die trotz ihres erstaunlichen Umfangs uns selbst teleskopisch nur wie Punkte erscheinen, ihren Glanz sogar auffallend ändern, so kann solcher Wechsel nur durch Umwälzungen auf ihnen erklärbar sein, die, je nach der Differenz des maximalen Lichtzustandes vom normalen, mehr oder minder gewaltig sein müssen. Solche liegen nun unzweifelhaft vor bei jedem plötzlichen Lichtwechsel bekannter, und beim Auflodern neuer Sterne. Diese beiden Phänomene

sind wohl identischer Natur und nur quantitativ unterschieden; denn der Beginn teleskopischer Sichtbarkeit eines Gestirns kann so wenig eine Neubildung bedeuten, als das Aufhören dieser Sichtbarkeit, das teleskopische Verschwinden, eine Vernichtung, und mancher neue Stern mag nur wegen der Schwäche seines Glanzes der Beobachtung früher entgangen sein.

Wenn die Theorie von der allmähligen Erkaltung der Gestirne richtig ist, so muß sie auch die seltene Erscheinung des Aufloderns von Gestirnen zu erklären vermögen, und muß sich diese mit innerer, physikalischer Nothwendigkeit aus dem spectralanalytisch bewiesenen feurig-flüssigen Zustande derselben ergeben. Nach Analogie irdischer Vorgänge aber können wir so bedeutende Wärme- und Lichtentwicklungen nur erklären entweder aus dem Herabsturze einer gewaltigen Körpermasse, deren räumliche Bewegung, indem sie gehemmt wird, nach physikalischen Gesetzen in Atombewegung, d. h. Wärme und Licht, sich umsetzt, — wobei es zunächst liegt, an einen Planeten zu denken —, oder durch innere Umwälzungen, Explosionen innerer Gase oder Eruptionen der inneren Gluthmasse, welche die bereits gebildete Kruste sprengen und überfluthen.

Solche Phänomene werden bei der großen Entfernung der Fixsterne in den allermeisten Fällen nur teleskopisch wahrzunehmen sein. Es bedarf daher des ganzen Ansehens eines Tycho, wenn wir seinem Berichte Glauben schenken, daß im Jahre 1572 in der Cassiopeja ein Stern plötzlich und so auffallend aufleuchtete, daß er sogar einen Zusammenlauf von Menschen erregte, durch den Tycho selbst erst darauf aufmerksam gemacht wurde. Der Stern überstrahlte alle übrigen der Art, daß er Nachts selbst durch mäßige Wolken und sogar bei Tage bequem gesehen werden konnte. Er schien später ganz verschwunden zu sein und erst 1840 hat man an seiner Stelle einen Stern, jedoch von nur 10. Größe, gefunden. Auch wegen seiner Farbenänderung ist dieser Stern merkwürdig. Der

Theorie nach ist nämlich anzunehmen, daß Gestirne, welche im Begriffe sind, sich mit einer Kruste zu überziehen, in um so röthlicherem Lichte erscheinen müssen, je schwächer ihr Licht wird. Bei der langen Dauer ihrer Entwicklungsperioden ist aber nicht anzunehmen, daß solche Farbenänderungen innerhalb historischer Zeiten sich nachweisen lassen; wohl aber treten im Falle von Katastrophen Umstände ein, bei welchen der Uebergang aus dem glühenden Zustand in den nichtglühenden ungleich schneller vor sich gehen muß, wie dieses bei dem erwähnten Sterne der Fall war. Aus der genauen Beschreibung, welche Tycho gegeben hat, ist in der That zu entnehmen, daß der Stern in um so röthlicherem Lichte erschien, je mehr seine Helligkeit abnahm.

Bei der Eintheilung der Fixsterne in Größenklassen gilt nicht ihre, nur in seltenen Fällen bestimmbare, wirkliche Größe als maßgebend, sondern lediglich ihr Glanz, der in keinem direkten Verhältnisse zur Größe steht. Prüfen wir nun mit diesem Maßstabe das Phänomen des Aufloderns in einem concreten Falle aus neuerer Zeit. Im Mai 1866 loderte im Sternbilde der Krone ein Stern auf, den man anfänglich für einen neuen hielt, bald aber als einen schon bekannten Stern von 9.—10. Größe bestimmte. In der Nacht vom 12.—13. Mai durchlief sein Glanz zunehmend innerhalb weniger Stunden drei Größenskalen, d. h. er wuchs vom Sterne 5. Größe zu 2. Größe, welches einer Vermehrung seines Glanzes mindestens um das Sechzigfache gleichkommt. Die spectralanalytische Untersuchung ergab ein glühendes, von heißen Dämpfen umwalltes, Licht — vermuthlich des Kerns — und hochglühende Gasmassen. Die Lichtabnahme dauerte bis Anfang Juli fort, zu welcher Zeit der Stern seine normale Helligkeit wieder erreicht hatte. Man hat in verschiedener Weise versucht, dieses großartige Phänomen in Einklang zu bringen mit der eingewurzelten Ansicht von der ungestörten Ordnung in der Sternenwelt; aber

die Gesammtheit der Wahrnehmungen läßt es als wahrscheinlich erscheinen, daß der Herabsturz eines Planeten die Katastrophe herbeiführte, die aber, auch wenn ihr ein anderes Ereigniß zu Grunde gelegen sein sollte, doch in ihren Wirkungen auf die Planetenwelt jener Sonne sich erstrecken mußte; denn eine plötzliche Vermehrung des Lichtes und der damit verbundenen Wärmestrahlung unserer Sonne würde die verderblichsten Folgen für unsere Erde nach sich ziehen.

Es ist bemerkenswerth, daß, wie beim Sterne in der Krone, so überhaupt bei den sogenannten neuen Sternen das Auflodern gewöhnlich plötzlich geschieht, während die Abnahme des Lichtes, wie es ganz einer Katastrophe entspricht, sehr langsam vor sich geht, so daß die Dauer der Sichtbarkeit solcher Sterne, die sehr verschiedene Grade von Helligkeit erreichen, zwischen wenigen Wochen und vielen Jahren schwankt.

Daß nun das Herabstürzen der Planeten gegen ihre Sonnen nicht nur im Bereiche der Möglichkeit liegt, sondern unvermeidlich eintreten muß, wird eine spätere Untersuchung ergeben. Daß aber auch innere Umwälzungen eines Gestirns Katastrophen herbeiführen können, ergibt sich unter der Voraussetzung der Abkühlungstheorie mit physikalischer Nothwendigkeit.

Der Proceß der Schlackenbildung bei erkaltenden Sonnen muß naturgemäß dahin führen, daß allmählig der ganze Körper mit einer Außenrinde sich umgibt, die, noch bevor sie ihre Leuchtkraft ganz verloren, das optische Verschwinden des Sternes für uns zur Folge haben wird. So lange diese Rinde in teigartigem, zähflüssigem Zustande sich befindet, wird sie vermöge ihrer Schwere jeder weiteren Verdichtung der inneren Gluthmasse folgen, ja sogar, da sie bedeutendere Wärmeverluste erleidet, also bedeutendere Contraktionen erfährt, einen Druck auf die Centralmasse ausüben, in der Reaction gegen welchen von der nach Maßgabe ihrer Erstarrung ihre Nachgiebigkeit verlierenden Rinde in unregelmäßigen Perioden größere oder

kleinere Theile gesprengt und von der feurigflüssigen Masse wieder überschwemmt werden müssen. Dadurch werden diese Rindentheile nicht nur selbst wieder leuchtend, sondern auch ihre chemischen Verbindungen müssen theilweise wieder zersetzt werden, so daß großartige, mit Licht- und Wärmeentwicklung verbundene, Verbrennungsprocesse eintreten. Die Erscheinung veränderlicher Sterne von unregelmäßiger Periode findet so ihre naturgemäße Erklärung, und wenn der normale Glanz für die Sichtbarkeit nicht mehr genügend war, so müssen solche Sterne, optisch genommen, als neue Sterne erscheinen.

Jeder erkaltende Weltkörper muß früher oder später in diese Entwicklungsphase eintreten; denn bei jedem wird die innere Gluthmasse durch die umgebende Rinde vor Ausstrahlung geschützt, muß also eine viel langsamere Verdichtung erfahren, als die Rinde selbst, die in beständiger Berührung mit dem kalten Raume bleibt und daher in Folge rascherer Contraktion einen immer stärkeren concentrischen Druck auf die in ihrem Flüssigkeitszustande wenig comprimirbare innere Gluthmasse ausübt. Dieser Druck von Außen und die außerordentliche Expansivkraft der bei eintretenden chemischen Verbindungen des Inneren freiwerdenden Gase werden im Stande sein, selbst eine erstarrende Kruste zeitweilig wieder zu zersprengen. Sind solche Eruptionen nur lokaler Natur, so wird ein neuaufloderner Stern sichtbar werden, der zugleich, mit Rücksicht auf seine Rotation, veränderlich ist; bei großartigen Katastrophen dagegen wird die ganze Oberfläche des Sterns überfluthet werden, und kann dabei eine um so intensivere Lichtentwicklung stattfinden, wenn unter dem Einflusse einer längeren Abkühlung die Atmosphäre aus solchen Gasen besteht, welche in der Berührung mit den hervorquellenden glühenden Metallmassen sehr lebhafte Verbrennungsprocesse bewirken. Da aber mit zunehmender Erkaltung immer neue chemische Verbindungen des Inneren eintreten, und Gasmengen von gewaltiger

Expansivkraft frei werden, so werden solche Katastrophen noch lange nach der Krustenbildung sich immer wieder erneuern.

Auch hier können wir einen Seitenblick auf die Sonne werfen, um von der Gewalt solcher Vorgänge eine Vorstellung zu gewinnen. Die Flammensäulen, welche von der Sonne emporgeworfen werden, Protuberanzen genannt, erreichen oft eine Höhe von 10, ja 20 und 35 Tausend Meilen, und züngeln mit einer Schnelligkeit von 50—60 Kilometern in der Secunde empor, als Zeugen von der furchtbaren Gewalt des Kampfes, den die Gravitation mit der Wärme im Inneren der Sonne führt, indem die Gravitation die Masse zu immer stärkerer Verdichtung zwingt, während die dadurch noch gesteigerte Wärme sie wieder zu verflüchtigen sucht. Aber während die Wärme fortwährende Verluste durch Ausstrahlung in den Raum erleidet, bleibt die Gravitation ungeschwächt, und nur ihr kann der Sieg zufallen. Gerade jene Orte, über welchen diese riesenhaften Wasserstoffgasflammen emporlodern, sind es, an welchen in Folge des bedeutenden Wärmeverlustes die Sonnenflecken entstehen, wie es die Theorie erfordert und die Erfahrung bestätigt.

Aber auch noch in einer späteren Periode, wenn die Außenrinde in Folge wiedereingetretener Abkühlung als dunkle Masse den Kern bedeckt, und in Erstarrung übergegangen ist, können noch Rückfälle eintreten. Denn diese Erstarrung muß schließlich einen Betrag erreichen, daß die Cohäsion der Rindentheile ihrer Schwerkraft das Gleichgewicht hält, so daß sie der weiteren Verdichtung des Kerns nur mehr in seltneren Senkungsbewegungen folgen; der Stern wird nicht mehr die regelmäßige Gestalt eines Rotationssphäroids haben, sondern Hohlräume werden zwischen Kern und Rinde entstehen, die sich längere oder kürzere Zeit erhalten können. Hauptsächlich in den Polarzonen werden solche unregelmäßige Nachsenkungen eintreten, nicht nur weil die Schwere bei denselben beträchtlicher ist, als

bei den mit Centrifugalkraft behafteten Aequatortheilen, sondern bei Planeten, die ja die gleiche Entwicklung durchlaufen, auch aus dem Grunde, weil die Polarzonen ihre Wärme schneller an den Raum abgeben, während in den Aequatorbreiten die Erstarrung durch eingestrahlte Sonnenwärme verzögert wird. Die Unregelmäßigkeit in den Senkungsbewegungen folgt demnach ganz nothwendig aus der ungleichen Schwere der Rindentheile und aus der Ungleichheit äußerer Einflüsse. Bei fortschreitender Erstarrung werden solche Hohlräume im Widerstande gegen die Schwere immer länger sich erhalten, indem die Rindentheile sich wechselseitig stützen und eine natürliche Kuppel bilden. Je beträchtlicher aber die verticale Ausdehnung der darunter liegenden Hohlräume durch die weitere Verdichtung der Kernmasse wird, desto stärker wird auch die Krümmung und Spannung der Kuppel werden, und muß schließlich einen Betrag erreichen, der den plötzlichen Einbruch nach sich zieht, so daß der Stern, der die veränderliche Lichtstärke der vorhergehenden Entwicklungsphase längst nicht mehr gezeigt, und optisch längst verschwunden war, abermals überfluthet wird, und als ein neuer Stern aufleuchtet.

Die Weltkörper werden demnach als Nebelballen und in der späteren feurigflüssigen Form die regelmäßige Gestalt von Rotationssphäroiden haben, in der Erstarrung aber mehr oder weniger davon abweichen. Dieses wird empirisch bestätigt durch die Gestalt der Erde, welche auf unregelmäßige Senkungsbewegungen ihrer Rinde deutet. Der Polardurchmesser ist um $^1/_{289}$ kürzer, als der am Aequator; vom Pole zum Aequator fortschreitend erhält man daher eine regelmäßige Verlängerung des Durchmessers, und läßt sich dieser für jeden Ort berechnen, wie er bei regelmäßiger Gestalt der Erde sein müßte. Aber nach den neuesten Tiefseeforschungen stimmen die theoretisch sich ergebenden Längen des Durchmessers mit den wirklichen nicht überein: die Form des Meeresbodens entspricht nicht ganz

derjenigen einer um $^1/_{289}$ abgeplatteten Kugel, und zeigt im 45. Grade, nördlich, wie südlich vom Aequator, eine wulstartige Anschwellung; deßgleichen ist der Halbmesser der Erde vom Mittelpunkte zum Aequator an der östlichen Küste Afrikas um 7—800 Meter länger, als an den Mündungen des Amazonenstroms. Es läßt sich dieses wohl nur aus den früheren unregelmäßigen Senkungsbewegungen der Erdrinde erklären, wobei geringe Hohlraumbildungen erhalten blieben.

Da die Rotation gasförmiger oder flüssiger Körper es ist, welche Abplattung der Pole und Anschwellung des Aequators herbeiführt, so muß der Betrag der Abplattung und Anschwellung unter sonst gleichen Umständen im directen Verhältnisse zur Rotationsgeschwindigkeit stehen. Diese Uebereinstimmung scheint bei unseren Planeten fast regelmäßig vorhanden zu sein: der Abplattung der Erde um $^1/_{289}$ ihres Durchmessers entspricht eine Rotationszeit von fast 24 Stunden; Jupiter dreht sich innerhalb nahezu 10 Stunden um seine Axe, aber seine Abplattung erreicht auch $^1/_{14}$ seines Durchmessers, während Saturn bei einer Rotationszeit von etwas mehr, als 10 Stunden, um $^1/_{10}$ abgeplattet ist. Wenn aber schon hieraus ersichtlich ist, daß die aus den Umdrehungsgeschwindigkeiten abgeleiteten Beträge der Abplattung nicht ganz genau mit den wirklichen übereinstimmen, so erklärt sich dieses aus den verschiedenen Dichtigkeiten der Planeten, indem ein um seine Axe rotirender Körper um so mehr die Linsenform annehmen wird, je lockerer seine Materie ist, dagegen um so näher der Kugelform kommen wird, je dichter er ist.

Aber auch noch ein anderer Umstand ist zu erwähnen, aus welchem individuelle Unterschiede der Planeten sich ergeben müssen: die Verschiedenheit der Schwere auf ihren Oberflächen. Die Anziehungskraft eines Körpers ist abhängig von seiner Masse, und wirkt nach einem Gesetze Newtons bei der Kugelform der Art, als ob die ganze Masse in seinem Mittelpunkte

vereinigt wäre. Da nun ferner die Anziehungskraft proportional mit den Quadraten der Entfernung vom Mittelpunkte sich vermindert, die Schwere des angezogenen Körpers also abhängig ist von seinem Abstande vom Mittelpunkte des Planeten, so müssen die Gewichtsverhältnisse auf der Oberfläche jedes Planeten diesem eigenthümlich sein, da die Begleiter unserer Sonne sowohl in Hinsicht ihrer Massen, wie der Längen ihrer Halbmesser, sehr verschieden sind; es läßt sich also das Gewicht eines Körpers auf der Oberfläche eines bestimmten Planeten berechnen, indem man die Masse des Planeten durch das Quadrat seines Halbmessers dividirt. Die Schwere ist daher keine unveränderliche Eigenschaft der Dinge, und ein irdischer Körper, auf die Oberfläche eines anderen Planeten versetzt, würde auch ein anderes Gewicht annehmen. Pendelmessungen haben sogar ergeben, daß auf der Erde selbst eine Abnahme der Schwere von den Polen bis zum Aequator eintritt, da die Länge des Halbmessers der Erde, also der Abstand der Oberfläche vom Mittelpunkte, von den abgeplatteten Polen aus bis zum Aequator wächst. Es beschreibt zudem ein Körper auf der Oberfläche innerhalb einer Axendrehung der Erde einen um so größeren Kreis, besitzt demnach eine um so größere Centrifugalkraft, je näher er dem Aequator liegt; es muß demnach auch aus diesem Grunde die Schwere von den Polen bis zum Aequator abnehmen.

Es erhellt daraus, daß die bedeutenden Unterschiede der Planeten in Bezug auf ihre Masse und die Länge ihrer Halbmesser auch ihre Rindenbildung beeinflussen müssen. Bei kleineren Planeten erfahren nicht nur die Centrifugalkräfte an der Schwere der Rindentheile einen geringeren Widerstand, sondern auch in einer späteren Periode entwickeln die explosiven und eruptiven Kräfte des Inneren eine bedeutendere Wurfkraft; wenn ferner unter der erstarrten Rinde in Folge der weiteren Verdichtung der Kernmasse Hohlräume entstehen, so können

dieselben um so leichter zu abnormer Größe anwachsen, und um so länger sich erhalten, je geringer die Schwere der Rindentheile auf dem betreffenden Planeten oder Monde ist, dagegen sie um so früher zerstört werden müssen, je bedeutender die Schwere ist, welche das betreffende Gestirn vermöge seiner Anziehungskraft den Theilen der überlagernden Kruste ertheilt. —

Glänzende Sterne von unveränderlichem Lichte, veränderliche Sterne von langer, sodann von kurzer Periode bei beständig abnehmender Helligkeit, die unregelmäßig eintretenden Lichtveränderungen, und schließlich das optische Verschwinden von Sternen, welches sich constatiren läßt aus der Vergleichung älterer Kataloge mit neueren in Bezug auf die Anzahl der in den Sternbildern vorhandenen Gestirne: — in diesen Phänomenen erzählt uns also der Himmel in großen Zügen die Geschichte, welche alle Weltkörper durchlaufen müssen. Der Forschung obliegt es nur, das räumliche Nebeneinander dieser Erscheinungen in ein zeitliches Nacheinander zu verwandeln, d. h. die Reihenfolge dieser Capitel in der kosmischen Entwicklungsgeschichte zu bestimmen; aus der Universalität der irdischen Gesetze ergibt sich aber von selbst, daß diese Aufeinanderfolge eine natürliche Causalreihe darstellen muß. Die Richtigkeit dieses Verfahrens erhellt aber mit Evidenz daraus, daß — die Ergebnisse der Geologie beweisen das — die kosmischen Entwicklungsphasen sowohl hinsichtlich ihres Charakters, wie ihrer Reihenfolge vollständig übereinstimmen mit jenen, welche unser eigener Planet durchlaufen mußte, um seine gegenwärtige Gestalt und Beschaffenheit zu erwerben. —

Das Verzeichniß sogenannter neuer Sterne ist ein sehr geringes. Aber wenn wir bedenken, daß Lichtveränderungen in der Regel nur teleskopisch sich beobachten lassen, und geringe Umwälzungen für uns überhaupt nicht bemerklich werden können, sondern nur die gewaltigsten, deren Wirkung in langandauernden abnormen Zuständen sich äußert, so erscheint der Schluß nicht

mehr gewagt, daß manche Katastrophen in der Region der Fixsterne sich ereignen mögen, von welchen wir niemals Kunde erhalten.

Die Annahme von Katastrophen im Weltall widerspricht nun allerdings unseren liebgewordenen Ansichten über die Sternenwelt so sehr, daß wir nur ungern in unserer Vertrauensseligkeit uns erschüttern lassen. So würden aber auch wohl die allfälligen Bewohner solcher Sterne, deren ehemals feurigflüssiges Innere bereits erhärtet ist, es unglaublich anhören, wenn man ihnen berichtete, daß auf unserer Erde noch Umwälzungen stattfinden, wobei Tausende von Menschenleben zu Grunde gehen; Erdbeben, wie jenes, welches 1755 Lissabon zerstörte, und das sich über mehr, als den zwölften Theil der Erdoberfläche erstreckte, über Frankreich und Deutschland nach Schweden, Island und Grönland und über die Meere bis nach Afrika und Amerika; oder jenes von 1868 in Südamerika, dessen Ausdehnung als noch größer geschätzt wird.

Es widerstrebt unseren Gefühlen, uns die Natur von solcher Gleichgültigkeit gegen das Wohl und Wehe ihrer Bewohner zu denken, daß sie ganze Weltkörper der Vernichtung preisgeben sollte, — wobei es übrigens noch dahingestellt bleibt, ob nicht schon vorher ihrer Bewohnbarkeit eine Grenze gesetzt wurde; — aber doch können wir Erscheinungen, die sich nur quantitativ davon unterscheiden, jederzeit auf unserer eigenen Erde beobachten. Die Natur ist weder grausam, noch liebevoll, weder gütig, noch hartherzig; sie ist einfach gesetzmäßig, und im ganzen Weltall bewegt sich nicht Ein Atom anders, als gesetzmäßig, und würde selbst in Folge einer einzigen Atombewegung der ganze Kosmos in seinen Angeln erschüttert werden. Es wird nachgerade Zeit, daß wir uns daran gewöhnen, der Natur ins Antlitz zu schauen, statt uns ein idealisirtes Bild von ihr zu entwerfen, wobei unsere Wünsche den Pinsel führen. Nie wird der Absolutismus der Natur sich in jenen Constitu-

tionalismus verwandeln, zu dessen Herstellung wir als Mandatarен der Wünsche unseres Herzens ein transcendentes Wesen über sie gestellt haben.

4. Die Verwandlung der Sternhaufen in kosmische Nebel.

Jene Sonnen des Himmels, welche ihre Leuchtkraft verloren haben, sind für uns stumm geworden. In seltenen Fällen nur verkündigen sie dem Astronomen noch ihre Existenz. Wenn sie nämlich einem Systeme von Doppelsternen angehören, dann läßt sich aus den Bewegungen des noch leuchtenden Begleiters das Vorhandensein eines unsichtbaren Sternes erschließen, ja sogar seine Stellung und seine Masse berechnen. Aber die Entwicklungsgeschichte solcher ausgelöschter Weltleuchten ist für uns abgeschlossen und würden sie nur in dem Einen Falle wieder zu uns reden, wenn ihre Special-Geschichte wieder einmünden sollte in den allgemeinen Strom der Geschichte jenes Sternhaufens, dem sie angehören; vorausgesetzt natürlich, daß hiebei wieder Phänomene des Lichtes eintreten sollten, in welcher Sprache allein die Sterne zu uns reden können.

Da wir für alle Fixsterne den gleichen Verlauf der Entwicklung anzunehmen genöthigt sind, so folgt daraus allerdings vorerst, daß in unermeßlichen Zeiten auch Sternhaufen so gewiß optisch verschwinden müssen, als Einzelgestirne. Freilich ist es auch dann noch eine lange Reihe von Veränderungen, welche die Gestirne eines solchen Sternhaufens zu durchwandern haben; aber die Untersuchung über den Kreislauf der Welten muß diese weiteren Phasen überspringen, und kann die Geschichte erkalteter Sonnen erst an dem Punkte wieder aufnehmen, wo sie mit der Geschichte des Sternhaufens als Ganzen sich wieder vereinigt. Einer späteren Untersuchung mag es vorbehalten bleiben, auch von den hier zu übergehenden Entwicklungs-Phasen zu reden, wobei der Vergleich mit uns näher gelegenen er-

kalteten Gestirnen, den Planeten, uns leiten soll, welche, Dank dem auf sie fallenden Sonnenlichte, uns sichtbar bleiben, und weitere Entwicklungszustände uns verrathen.

Das allein kann hier mit Sicherheit vorausgesetzt werden, daß die erkalteten Sonnen ihre gravitirende Bewegung im Raume fortsetzen werden; denn hiefür ist es ohne allen Belang, ob sie im Zustande des Leuchtens sich befinden, oder nicht.

Wohin führt nun diese gravitirende Bewegung? Für die Materie eines Sternhaufens so gut, wie für die eines Einzelgestirnes, bedeutet Gravitation Verdichtung, allmählige Annäherung und schließliche Vereinigung; und wie für die Materie eines Gestirnes muß auch für die eines Sternhaufens diese Vereinigung Bewegungsverluste und Verwandlung lebendiger Bewegung in Molecularbewegung, in Wärme und Licht, nach sich ziehen.

Mit dem hieraus entstehenden physischen Lichte wird aber auch wieder Licht in die Geschichte des Sternhaufens kommen, der unberechenbare Zeiten hindurch verschwunden war.

Aber dieser rein theoretischen Folgerung, so unabweislich sie auch ist, steht keine empirische Wahrnehmung unterstützend zur Seite; es muß daher versucht werden, dem Probleme von anderer Seite beizukommen.

Entsprechend dem Worte Goethe's, daß der Mensch nicht geboren sei, das Problem der Welt zu lösen, sondern zu suchen, wo das Problem angeht, wurde oben in der Frage nach dem Anfangszustande des Kosmos von den kosmischen Nebeln ausgegangen, und wurde die weitere Frage, woher denn diese Nebel entstanden seien, vorerst von der Hand gewiesen. Indessen hat sich im Verlaufe der Darstellung wenigstens so viel ergeben, daß, welche Erscheinung immer am Himmel sichtbar sein mag, wir keine andere Erklärung derselben uns erlauben dürfen, als die nach irdischen Gesetzen; denn die Universalität derselben ist für die Wissenschaft über jeden Zweifel erhaben. Indem also die Frage nach dem Ursprunge der kosmischen Nebel, aus

welchen alle übrigen Erscheinungen des Himmels abgeleitet wurden, hier wieder aufgenommen wird, erfährt sie zugleich die Antwort, daß wir uns denselben nur nach Analogie irdischer Vorgänge denken dürfen.

Die Materie der kosmischen Nebel befindet sich aber im Zustande denkbar größter Zerstreuung; diese Urgebilde sind aufgelöst in die einfachsten ihrer chemischen Elemente, und wir dürfen wohl annehmen, daß diejenigen Stoffe, welche uns das Spectrum der gasförmigen Nebel anzeigt, in der That als einfache Elemente anzusehen sind, während die Mehrzahl der für einfach geltenden irdischen Elemente nur eines entsprechenden Temperaturgrades bedürfen, um sich als Verbindungen darzustellen, — eine Temperatur, die wir mit allen unseren Hilfsmitteln, selbst unter Anwendung elektrischen Lichtes, nicht herzustellen vermögen.

Kosmische Nebel sind also ausgedehnte Materie. Ausdehnung aber und Trennung chemischer Verbindungen ist für uns nur denkbar als Wärmewirkung, als Resultat jener zweiten Grundkraft, die als Umwandlungsform der Gravitation mit dieser in Widerstreit tritt.

Die Kräfte sind unzerstörbar, aber sie sind wandelbar. Alle irdischen Erscheinungen lassen sich zurückführen auf Erhaltung und Umwandlung der Kraft. Wo immer eine Kraft scheinbar verschwindet, muß sie in anderer Form wieder auftauchen. Bewegung, Wärme, Licht, Magnetismus, Elektricität, chemische Affinität gehen ineinander über, sind nur verschiedene Gestalten einer und derselben Urkraft, und jede kann, wenn nicht direct, so doch indirect, in die alte Form zurückverwandelt werden, von der sie ausgegangen ist.

Grove hat einen interessanten Versuch gemacht, um dieses Verwandtschaftsverhältniß der Kräfte darzulegen, bei dem sich zeigt, daß es nur der entsprechenden Umstände bedarf, damit eine Kraftform gleichzeitig in alle übrigen Formen sich um-

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MÜNCHEN

wandelt. Es ist dieses Experiment so instructiv, daß es jede weitere Erörterung des Themas entbehrlich macht, daher es gestattet sei, es hier anzuführen: „Eine präparirte Daguerreotyp-Platte wird in einen mit Wasser gefüllten Kasten gebracht, dessen eine Seite aus einer Glaswand besteht, aber von einer Schieblade verschlossen ist. Zwischen dieser Glaswand und der Platte befindet sich ein rostförmiges Silberdrahtgeflecht, und die Platte ist mit dem einen Ende der Umwicklungen eines Galvanometers, der Drahtrost mit einem Ende einer Breguet'schen Spirale verbunden — einem zierlichen Instrumente, bestehend aus zwei zu einer Spirale geformten zusammengelötheten Metallen, deren Ungleichheit in der Ausdehnung die geringsten Temperaturwechsel erkennbar macht; endlich verbindet ein Draht die beiden andern Enden des Galvanometers und der Spirale. Die Nadeln sind auf Null gebracht. Sobald man nun einen Lichtstrahl, sei es Tageslicht oder Hydrooxygenlicht, durch das Heben der Schieblade auf die Platte fallen läßt, werden die Nadeln sofort abgelenkt. So erhalten wir aus dem Lichte, als anfänglicher Kraft, chemische Thätigkeit auf der Platte, Elektricität durch die Drähte fließend, Magnetismus in den Umwindungen des Galvanometers, Wärme in der Spirale und Bewegung in den Nadeln."

Kräfte sind unzerstörbar, und ihre Verwandlungen geschehen in gleichwerthigen Beträgen; aber es ist bisher der Wissenschaft nicht gelungen, die sich entsprechenden Beträge von Wärme, Licht, Elektricität, Magnetismus und chemischer Kraft zu bestimmen; dagegen ist das Aequivalent zwischen Bewegung und Wärme — womit wir in kosmologischen Problemen es allein zu thun haben — festgestellt: die Wärme, welche 1 Kilogramm Wasser um 1° Celsius erhitzt, vermag 1 Kilogramm auf die Höhe von 424 Metern zu heben. 424 Kilogramm-Meter sind demnach der Betrag an mechanischer räumlicher Bewegung, in welche der erwähnte Wärmebetrag sich verwandeln

kann; umgekehrt aber wird sich dieser Bewegungsbetrag, wenn er durch Hemmung verloren geht, in Wärme von der eben angegebenen Temperatur verwandeln.

Wie wir nun die außerordentliche Temperatur der Sonne und der übrigen Fixsterne nur erklären können aus der Umwandlung der Kraft, indem das Gravitiren ursprünglich zerstreuter Stofftheile räumliche Bewegung erzeugte, welche in der Verdichtung verloren ging, und in den gleichwerthigen Betrag von Wärme sich verwandelte, so läßt sich umgekehrt der Zerstreuungszustand kosmischer Nebel nur erklären aus einer Bewegungsgröße, der ein äquivalenter Betrag von Wärme zu Grunde liegen mußte. Die Wärme, die wir für eine so außerordentliche Verflüchtigung von Materie voraussetzen müssen, ist nun freilich eine ungeheuere; sie muß weit bedeutender sein, als die von der Sonne gegenwärtig ausgestrahlte Wärme, da selbst diese es nicht vermag, die Materie der Sonne in den nebeligen Zustand zu verflüchtigen.

Wenn aber die Wärme, welche hinreichen soll, einen Nebel zu erzeugen, weit bedeutender, als die Sonnenwärme, sein muß, dann muß sie auch aus weit bedeutenderen Verlusten an räumlicher Bewegung entstanden sein, als welche bei der Sonnenbildung verloren ging, das heißt weit mehr Stofftheile, als welche zur Sonne sich verdichtet haben, müssen bei der der Bildung von Nebeln vorausgehenden Wärme-Entwicklung ihre Bewegung eingebüßt haben. Wenn aber die Materie Einer Sonne nicht hinreicht, solche Bewegungsverluste zu erklären, dann müssen wir eben ganze Complexe von Sonnen zur Erklärung heranziehen und einen Proceß voraussetzen, bei welchem diese Complexe von Sonnen ihre Bewegung verloren.

Die kosmischen Nebel müssen daher aus Sternhaufen entstanden sein, und zwar unter einem Processe, wobei alle Glieder dieser Sternhaufen ihre gravitirende Bewegung verloren. Dies konnte aber

nur geschehen, indem die gesammte Materie solcher Sternhaufen zu einem Ganzen vereinigt wurde.

Gleichwie wir also die Sternhaufen mit ihrer kaum annähernd zu schätzenden Anzahl von Gestirnen, deren jedes unvorstellbare Mengen von Licht und Wärme entsendet, nur ableiten konnten aus Verdichtung kosmischer Materie durch Umwandlung gravitirender Bewegung in Wärme — und jede der hiebei zu durchwandernden Entwicklungsstufen ist durch entsprechende Gebilde am Himmel empirisch belegt worden — so können wir auch umgekehrt die kosmischen Nebel nur wieder ableiten aus den Sternhaufen durch Verwandlung der in ihrer letzten Entwicklungsstufe erzeugten Wärmemenge in zerstreuende Bewegung. Freilich fehlt uns für diesen umgekehrten Schluß die empirische Bestätigung; aber er ist nicht minder sicher als jener, da bei beiden die gleichen Gesetze vorausgesetzt werden. Wärme und Bewegung sind die beiden Factoren, woraus wir die Geschichte des Kosmos construiren müssen. Diese beiden Factoren bedingen sich gegenseitig. Wo Wärme vorhanden ist, muß Bewegung vorhergegangen sein, wo Bewegung, Wärme.

Obwohl es daher eine rein theoretische Folgerung ist, der keine empirische Wahrnehmung zur Seite steht, so steht es doch wissenschaftlich fest, daß, da jede Gravitation Verdichtung bedeutet, auch das Gravitiren der ungezählten Gestirne eines Sternhaufens zu ihrer Vereinigung führen muß, und daß die damit verbundene Vernichtung centripetaler Bewegung moleculare Bewegung erzeugen muß. Das Axiom von der Aequivalenz der Kräfte, nach welchem die Umwandlung derselben immer in gleichwerthigen Beträgen geschieht, zwingt uns zu der Folgerung, daß die durch den Zusammensturz von Welten erzeugte Wärmemenge gerade so groß sein muß, daß sie ihrerseits wiederum dieselbe Bewegungsgröße erzeugte, durch deren Vernichtung sie entstanden ist. Mit andern Worten: Die

Vereinigung der Materie eines Sternhaufens muß eine Wärmemenge erzeugen, welche hinreicht, diese Materie wieder eben so stark zu zerstreuen, als sie es ursprünglich war, sie eben so weit in den Raum wieder hinauszutragen, als sie hergekommen ist. Nun ist die kosmische Nebelform die letzte, bis zu der wir die Materie des Himmels zurückverfolgen können; es muß also, wenn Sternhaufen verflüchtigt werden, die Zerstreuung ihrer Materie in demselben Betrage geschehen, daß diese Nebelform wieder erreicht wird.

Damit fällt nun allerdings wieder Licht in die Geschichte jener Sternhaufen, die nach der Verfinsterung ihrer Sonnen für uns plötzlich abbrach; aber diese ihre Geschichte erweist sich zugleich als ein ewiger Kreislauf. Wir kommen damit zur niederschlagenden Erkenntniß, daß die Erforschung der Geschichte des Kosmos weder nach Seite der Vergangenheit noch der Zukunft, und mögen wir auch noch so große Fortschritte in dieser Erforschung machen, geeignet werden kann, uns Aufschlüsse zu geben über das alte Räthsel der Welt, das, indem es uns zum Bewußtsein kommt, uns als Fremdlinge in dieser Welt fühlen läßt, und zur Erforschung ihrer Geschichte uns antreibt. Nur in einem Endziele, dem die Welt entgegenginge, könnte vielleicht eine Aufklärung über ihre Bedeutung für uns liegen; im Kreislaufe der Welten dagegen verbirgt sich uns das Geheimniß für immer. Aber die Wissenschaft hat nichts zu fragen nach dem praktischen Werthe ihrer Resultate, und der Kreislauf des Geschehens, dem wir nicht entrinnen können, ist wenigstens an sich vorstellbar, während andererseits der philosophisch wie naturwissenschaftlich gleich unvorstellbare Anfang der Schöpfung zu jenen Dingen gehört, die — um mich eines Wortes Shakespeare's zu bedienen — zwar „gezungt" werden können, aber nicht „gehirnt".

So führt uns also die moderne, exakte Naturwissenschaft mit unerbittlicher Consequenz vor den ewigen Kreislauf der

Welten, vor das *πάντα ῥεῖ* des alten Epheſiers; ſie mündet ein in jene uralten Ahnungen des Menſchengeſchlechtes, die ſchon einmal im fernen Hindoſtan durch Cakhya-muni zum religiöſen Syſtem erhoben wurden, — durch jenen Buddha, der mit den Worten ſeinen Geiſt aufgab: „Alles iſt dauerlos!“

Von Nebelflecken durch Concentration zu Sternhaufen, von Sternhaufen durch Verflüchtigung zu Nebelflecken, vom Nirvana zur Sanſara und wieder zurück in's Nirvana: ſo athmet der große Pan auf und nieder. Kein finaler Zuſtand der Dinge kann je eintreten. Schon Gründe der Logik verbieten uns die Annahme eines ſolchen; ſie widerſpricht der Form ſelbſt unſeres Denkens, da ja der regressus in der Zeit ein regressus in infinitum iſt, alſo der finale Zuſtand ſchon längſt eingetreten wäre, wenn er überhaupt möglich wäre.

Schließlich tritt aber noch eine Frage an uns heran, die ihres hohen Intereſſes wegen unterſucht zu werden verdient, ſo gering auch die Ausſicht iſt, daß ſie nach dem gegenwärtigen Stande unſerer Kenntniſſe eine genügende Antwort erfahren werde; die Frage nämlich: Innerhalb welcher Zeiten vollzieht ſich der Kreislauf der Welten, und in welchem Stadium deſſelben befindet ſich der große Complex von Fixſternen, dem wir angehören?

Bei derartigen Fragen müſſen wir uns vor Allem abgewöhnen, das Miniaturmaß hiſtoriſcher Zeitlängen an ſie zu legen. Daſſelbe erweiſt ſich als unangemeſſen ſchon für die geologiſche Geſchichte unſerer Erde, und doch iſt, wie die Erde, räumlich genommen, nur ein verſchwindend kleines Atom in dem Gewimmel der Sterne iſt, ſo auch ihre Geſchichte zeitlich nur ein kurzer Augenblick des großen Kreislaufes. Redtenbacher hat die Anfangs-Temperatur der Erde auf 55,200 Grad Celſius berechnet, und Biſchof hat gefunden, daß eine Abkühlung derſelben nur von 2000 Grad auf 200 Grad Celſius eine Zeit von 350 Millionen Jahren erfordert. Nach Klein müſſen etwa

2000 Millionen Jahre verflossen sein, seitdem die Erde zu erkalten begann, und mit jener Außenrinde sich überzog, die gegenwärtig eine Dicke von ungefähr sieben Meilen besitzt. Damit ist jedoch über die noch entlegenere Zeit, da die Erde in Ringform von der Sonne sich abtrennte, noch nichts ausgesagt; dieser Abtrennung der Erde mußte aber in unberechenbaren Zeiten die der äußeren Planeten vorhergehen, und wieder jene Zeit, da das noch in Gasform zerstreute Sonnen-System sich zu verdichten begann.

Der Kreislauf der Welten bedeutet Wiederverwandlung der Sternhaufen in kosmische Nebel. Da nun diese Wiederverwandlung nur aus der schließlichen Vereinigung der Gestirne resultiren kann, so müssen wahrnehmbare Beträge an Ortsveränderung uns als Maßstab der Annäherung an die Schlußkatastrophe dienen. Demnach sind die Fragen zu untersuchen, ob die Fixsterne Eigenbewegung haben und welcher Betrag an Ortsveränderung innerhalb historischer Zeiten wahrnehmbar wurde.

Die Fixsterne haben Eigenbewegung. Jede frei im Raume schwebende Kugel muß eine in Ansehung des Centrums seitliche Bewegung haben, andernfalls vermöge der Universalität der Schwere nur ein gerader Sturz gegen das Centrum denkbar wäre, und eine Vereinigung der Materie unseres Sternhaufens längst eingetreten sein müßte. Dieses Gravitiren der Gestirne in elliptischen oder Kreisbahnen um den allgemeinen Schwerpunkt ist aber nur erklärlich aus der Axendrehung des ursprünglichen Nebels, die sich auch in der linsenförmig abgeplatteten Form der kosmischen Nebel verräth, und wobei die mit jeder Axendrehung verbundene Fliehkraft Abtrennung jener äußeren Schichten veranlaßt, bei welchen die Fliehkraft bis zu einem der Schwerkraft gleichwerthigen Betrage jeweilig angewachsen ist. Aber so wenig, als bei unseren Planeten, kann bei Fixsternen dieses Gravitiren in krummen Bahnen ein ewiges sein;

auch sie bewegen sich in jenem widerstehenden Medium, dem kosmischen Aether, dessen Widerstand die jeder seitlichen Ortsbewegung zu Grunde liegende Kraft allmählig aufzehren, und die elliptischen Bahnen in Spiralbahnen verwandeln muß. Nach Aufzehrung jener Kraft aber bestimmt allein noch die Schwerkraft die Bewegung, die alsdann nur mehr in gerader Linie gegen die Centralgruppe gerichtet sein kann. Die der Centralgruppe nächstliegenden Gestirne müssen es sein, welche zuerst mit derselben materiell vereinigt werden, wobei ihre Bewegungsgröße in den gleichwerthigen Betrag von Wärme verwandelt wird, und ihre Verflüchtigung eintritt, während die entfernteren Sterngruppen vorerst noch ihre Bewegung um den alsdann gasförmigen Kern fortsetzen, der durch die räumliche Ausdehnung seiner Materie an Anziehungskraft natürlich nichts eingebüßt hat.

Der Uebergang eines Sternhaufens zum kosmischen Nebel geschieht demnach von innen nach außen. Indem aber dieser Centralkern verflüchtigt wird, stellt auch er für die nächstliegenden Schichten ein widerstehendes Medium dar, das den Aetherwiderstand noch verstärkt, und die spiralförmige Annäherung der Gestirne an das Centrum zu einer noch entschiedeneren machen muß. So muß diese Verstärkung des die seitliche Bewegung hemmenden Widerstandes für jede nächstfolgende Sternschichte größer werden. Von innen nach außen also, und in immer beschleunigterem Tempo, geschieht die Umwandlung eines Sternhaufens in den kosmischen Nebel.

Die nach mechanischen Gesetzen nothwendige Eigenbewegung der Fixsterne ist übrigens für mehr als 3000 derselben auch empirisch constatirt und — wie schon erwähnt — wird in Zukunft die Spectral-Analyse ein viel feineres Hilfsmittel für diesen Nachweis sein, als es eine wahrnehmbare Ortsveränderung der Gestirne am Himmel sein kann.

Unsere Sonne besitzt eine Eigenbewegung von 1.2 Meilen

in der Secunde. Wenn aber unser Sonnensystem auch als Ganzes im Raume fortrückt, dann muß geschehen, was bei irdischen Ortsveränderungen, die wir vornehmen, geschieht: die Gegenstände hinter uns rücken mehr und mehr zusammen, die vor uns treten auseinander, und die zur Seite weichen zurück. Wenn wir im Eisenbahnwaggon sitzen, ändert sich die perspectivische Lage der äußeren Gegenstände rascher oder langsamer, nach Maßgabe ihrer Entfernung. Die Telegraphenstangen des Dammes weichen im Nu zurück, während am Horizonte liegende Berge nur langsam sich verschieben. So entfernte Gegenstände aber, wie die Fixsterne, können in der, kosmisch genommen, so kurzen historischen Zeit trotz der Bewegungsgeschwindigkeit der Sonne fast gar keine Verschiebung erfahren haben, das heißt: die Sternbilder müssen den Anschein der Unveränderlichkeit haben. Die Vergleichung derselben mit dem vor hundert Jahren angefertigten Kataloge Bradley's, worin möglichst viele Sterne mit genauester Bezeichnung ihres Ortes aufgeführt wurden, ergibt nur für sehr wenige Sterne eine Veränderung desselben; selbst die größten Beträge erreichen aber kaum die Hälfte der scheinbaren Breite der Sonnenscheibe.

Seit der Gründung Roms hat Sirius seinen Standort am Himmel nur etwa um $1^1/_2$ Vollmondbreiten verändert, und man hätte niemals darauf verfallen können, die Fixsterne nach Sternbildern zu ordnen, und die wegen der Nähe der Planeten und der Sonne weit bedeutenderen alltäglichen Verschiebungen derselben auf jene Bilder zu beziehen, wenn diese nicht in der That vom Standpunkte historischer Zeitlängen unveränderlich wären. Das südliche Kreuz, das Trapez, der Triangel und andere Sternbilder, die sich vermöge ihrer geometrischen Form besonders zur Vergleichung eignen, haben seit historischen Zeiten dieselbe nicht eingebüßt, und noch heute zeigt der große Bär die charakteristische Form wie in den Tagen

Homer's. So wenig, ja fast unmerklich, haben die Sterne ihren Standort geändert, daß dieselben Sternbilder — deren Form natürlich nur Wirkung der Perspektive ist, ohne daß ihre Einzelgestirne systematisch verbunden wären, d. h. in einem gegenseitigen Gravitationsverbande stünden — welche Hipparch zeichnete, auch von uns noch gezeichnet werden; ja schon Hiob spricht vom Sternbilde des Orion und der Plejaden.

Und doch muß einst ein Tag kommen, da das südliche Kreuz in seine Einzelgestirne zerfallen, das Trapez zum Trapezoiden verschoben sein wird, und endlich ein Tag, an welchem die Gluckhenne ihre Küchlein gesammelt haben wird, das heißt die Sterne unserer centralen Plejadengruppe als solche aufgehört haben werden zu sein. Dieser letztere Tag aber ist es, an welchem die Rückverwandlung unseres Sternhaufens in einen Nebel ihren Beginn genommen haben wird.

5. Die Zeichen des Verfalls am Himmel.

Die anscheinende Unveränderlichkeit der Sternbilder beruht allein auf ihrer großen Entfernung. Trotz der in Wirklichkeit sehr beträchtlichen Ortsveränderung der Fixsterne ist doch eine Aenderung in der gegenseitigen perspectivischen Lage derselben so wenig bemerklich, daß man sie bis in die neuere Zeit für unbeweglich hielt. Selbst bei einer täglichen Bewegung von mehreren tausend Meilen kann doch ein Fixstern innerhalb eines Jahrhunderts sich nur um eine anscheinende Fingersbreite verrücken; in dieser Zeit aber beschreibt er nur einen verschwindend kleinen Theil des großen Kreises, auf dem er um den Centralpunkt umläuft. Von der Sonne wissen wir beispielsweise nur, daß ihre Bewegungsrichtung gegen das Sternbild des Herkules weist; aber dieses ist lediglich die Richtung der Tangente jenes Kreises, den sie beschreibt, und viele Jahrtausende müssen vergehen, bis in Folge der Annäherung die Gestirne des Herkules auseinandertreten werden, und bis dann

weiter eine kleine Abweichung in der Richtung einer neuen Tangente gegen die frühere sich bemerklich machen wird. Denn wie wir etwa räumlich, selbst auf hohen Bergen stehend, eine Krümmung der Erdoberfläche nicht wahrnehmen, sondern eine Ebene zu sehen glauben, weil der Krümmungsbetrag der übersehenen Fläche zu gering ist, so verräth auch die Sonnenbahn zeitlich seit Beobachtungszeiten noch keine Krümmung, weil die seither durchwanderte Strecke zu gering ist.

Ein merklicher Krümmungsbetrag, der aber erst nach vielen Jahrtausenden erreicht werden kann, würde uns in den Stand setzen, den ganzen Kreis der Sonnenbahn zu construiren, und das Centrum desselben zu bestimmen. Wenn aber, wie es in hohem Grade wahrscheinlich ist, dieses Centrum in der Plejadengruppe liegt, so könnte die Sonne bei der ihr verliehenen Bewegungsgröße nur etwa in 22 Millionen Jahren einen Umlauf vollenden.

Der Betrag an Bewegungsverlust, den in Folge des Aetherwiderstandes jedes Gestirn erleiden muß, ist nur bei wenigen Cometen merklich; bei den Planeten dagegen haben vermöge der größeren Massen derselben die mittleren Entfernungen von der Sonne noch keine berechenbare Abnahme erfahren, kein sichtbares Anzeichen ihrer spiralförmigen Annäherung an die Sonne hat sich noch gezeigt. So würden aber auch die noch viel massenhafteren Fixsterne, wenn das Menschengeschlecht Umläufe derselben um die Centralgruppe schon erlebt und beobachtet hätte, gleichbleibende mittlere Entfernungen bisher gezeigt haben. Kurz, so gewiß es ist, daß die Fixsterne sich bewegen, so läßt sich doch keine Vorstellung davon gewinnen, innerhalb welcher Zeit sie ihre Umläufe vollenden, wie viele Umläufe nöthig sind, um einen merklichen Bewegungsverlust herbeizuführen, und welche Zahl von Aeonen vergehen muß, bis sie mit der Materie ihrer Centralgruppe vereinigt sein werden.

Gleichviel: das Gesetz der Schwere gilt im ganzen Bereiche des Kosmos, und daraus folgt nothwendig allmählige Concentration der Materie. Es müssen Ansammlungen der Gestirne stattfinden, und diese Ansammlungsgruppen wiederum müssen einander näher und näher gebracht werden. So ist der südliche Himmel weit concentrirter, weit sternreicher, als der nördliche. In ersterem wiederum können wir vielleicht die sogenannten „Magellanischen Wolken" als diejenige Region ansehen, wo der Concentrations-Proceß am weitesten vorgeschritten ist; die größere dieser Wolken bedeckt 42, die kleinere 10 Quadratgrade des Himmels, während rings um dieselben die „Kohlensäcke", schwarze, sternlose Räume, sich dehnen. John Herschel hat in der größeren Wolke gefunden: 291 Nebelflecke, 46 Sternhau fen und 582 einzelne Sterne; in der kleineren zählte er 37 Nebel, 7 Sternhaufen und 200 einzelne Gestirne. Die sternlose Wüste, in deren Mitte sie schweben, beweist es, daß sie entstanden sind aus der ursprünglich darin vertheilten Materie. Daß aber in der Umgebung solcher Ansammlungen, die uns als kosmische Nebel erscheinen, nur wenige Sterne zu finden sind, ist eine so constante Regel, daß, wenn Herschel durch sein unbewegliches Riesenteleskop sah, an welchem die Axendrehung der Erde immer neue Regionen des Himmels vorüberführte, er beim Vorüberziehen sternloser Räume seinem Secretär immer zu sagen pflegte: „Machen Sie sich bereit, zu notiren; nun werden wieder Nebelflecke erscheinen."

So sind also die wahrnehmbaren Ortsveränderungen der Gestirne ganz und gar unzulänglich, uns Aufschlüsse zu geben über die unvorstellbaren Zeiten, innerhalb welcher der Kreislauf der Welten geschieht; und sollte auch die Spectral-Analyse der Zukunft uns über die im Spectrum controlirbaren Bewegungen der Fixsterne besser instruiren, als es eine selbst in Jahrhunderten kaum bemerkliche Verschiebung thun könnte, so bleibt doch die Berechnung der Umläufe allein abhängig von

einer wahrnehmbaren Krümmung der beobachteten Bahnstrecken.

Aber auch für die weitere der oben aufgeworfenen Fragen, in welchem Stadium des Kreislaufes unser Fixstern-Complex sich befindet, sind kaum bessere Anhaltspunkte der Beantwortung zu finden.

Wenn die Abkühlungs-Theorie Zöllner's richtig ist — und in keine andere lassen sich die Lichterscheinungen des Himmels so ungezwungen einrangiren — so zerfällt die Geschichte eines Fixsterns in zwei Perioden, die des Leuchtens und die der Verdunklung, deren Dauerunterschiede nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse nicht zu bestimmen sind. So viel nur ist sicher, daß individuelle Verschiedenheiten der Gestirne in Bezug auf die Abkühlungszeiten vorhanden sind, und nur so ist es zu erklären, daß Gestirne von annähernd gleicher Entstehungszeit in so verschiedenen Entwicklungs-Phasen sich befinden können, wie etwa Sonne und Planeten, oder wie jene Doppelsterne, deren einer noch intensiv leuchtet, während der andere optisch verschwunden ist. Bei der durchschnittlichen qualitativen Gleichartigkeit der Gestirne läßt sich im vornherein vermuthen, daß die Abkühlungszeiten von der Quantität, das heißt vom Volumen, bestimmt werden, wie es die Theorie erfordert und das Sonnen-System bestätigt: die kleineren Planeten sind erstarrt und reflectiren nur Sonnenlicht, die größeren sind weit weniger verdichtet, ja Jupiter, als der größte, verräth noch Spuren von Selbstleuchten, während die Sonne noch große Mengen von Licht und Wärme entsendet.

Die Entfernung der Fixsterne ist nun allerdings zu bedeutend, als das sie, selbst durch das Teleskop gesehen, anders, denn als leuchtende Punkte, sich darstellen könnten; für die Größenschätzung derselben sind wir daher auf die Berechnung angewiesen. Aber zu dieser Methode geben uns nur die Doppelsterne Gelegenheit. Man kennt gegenwärtig etwa 6000 Doppel-

sterne, von welchen aber wohl die meisten nur optisch verbunden sind, indem sie in die gleiche Gesichtslinie fallen; von etwa 650 derselben ist aber die Bewegung um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt nachgewiesen worden, der seinerseits wieder die Centralgruppe umkreist. Die relative Kleinheit der von ihnen um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt beschriebenen Kreise läßt schon innerhalb weniger Jahre eine Krümmung ihrer Bahn wahrnehmen, welche die Berechnung derselben gestattet. Die Größen der zu Binar-Systemen verbundenen Sterne ist nun sehr verschieden; Sirius zum Beispiel ist auf 13.76, sein Begleiter auf 6.71 Sonnenmassen berechnet worden; dem Procyon wird die stärkste der bisher bekannten Massen zugeschrieben; man schätzt ihn auf 80, seinen Begleiter auf 7 Sonnenmassen. Aber auch ohne weitere Kenntnisse von Doppelsternen zu haben, muß es sich als ein Gesetz aussprechen lassen, daß dunkle Begleiter immer eine geringere Masse haben müssen, als die leuchtenden Hauptsterne, andernfalls sich die ersteren nicht rascher abgekühlt haben könnten; bei geringeren Größenunterschieden wird der Hauptstern eines dunklen Begleiters veränderlich sein, bei noch geringeren Differenzen sind beide leuchtend, oder beide veränderlich, oder beide dunkel. Wenn nun aber die Abkühlungszeiten der Gestirne von ihren Größenunterschieden bestimmt werden, dann beweist schon die Gleichzeitigkeit von leuchtenden und dunklen Sonnen, daß bedeutende Größenunterschiede vorhanden sei müssen.

Würden wir die Anzahl der dunklen Sonnen kennen, so hätten wir einen sicheren Anhaltspunkt für die Frage nach dem Entwicklungsstadium unseres Sternhaufens. Aber wir kennen diese Anzahl nicht; nur wenn der exceptionelle Fall eines Doppelsternes gegeben ist, ist die Existenz einer dunklen Nebensonne eventuell nachzuweisen; unter den Doppelsternen aber ist wiederum die Anwesenheit eines dunklen Begleiters als Ausnahmsfall zu betrachten, die meisten Binar-Systeme bestehen

aus leuchtenden Sonnen. Wenn aber bei Doppelsternen Verdunklung nur ausnahmsweise vorkommt, gilt es vielleicht auch für Fixsterne im Allgemeinen, und daraus wäre zu folgern, daß die Verdunklung unseres Sternhaufens kaum erst begonnen hat, und derselbe noch im aufsteigenden Aste der Entwicklung sich befindet.

Zieht man von der Centralgruppe unseres Sternhaufens, den Plejaden, eine gerade Linie gegen unsere Sonne, und denkt man sich diese Linie als den Halbmesser einer Hohlkugel, in deren Mitte die Plejaden lägen, so wäre dadurch ein Raum eingeschlossen, in welchem selbst mit den besten Instrumenten nur etwa zwei Millionen Sterne sichtbar sind, während die Gesammtmasse der in dieser Hohlkugel schwebenden kosmischen Materie von Mädler auf 118 Millionen Sonnenmassen geschätzt wurde. Zieht man hieraus die Folgerung, daß in diesem Raume sehr viele dunkle oder für uns zu schwach leuchtende Sonnen schweben, so würde hieraus im Gegensatze zu dem Resultate, zu dem uns die Doppelsterne führen wollten, ein schon weit fortgeschrittener Zustand der Abkühlung unseres Sternhaufens sich ergeben. Aber es läßt sich aus der Mädler'schen Berechnung auch die andere Folgerung ziehen, daß die in dieser Hohlkugel schwebenden Sonnen unsere Sonne an Masse bedeutend übertreffen, wobei allerdings das sich ergebende Durchschnittsgewicht von 59 Sonnenmassen für jeden Stern uns wieder sehr geneigt machen muß, an das Vorhandensein dunkler Körper zu glauben.

Somit sind wir für die Frage nach dem Entwicklungsstadium unseres Sternhaufens an die leuchtenden Gestirne verwiesen. Dabei werden uns vielleicht in Zukunft vergleichende Wärmemessungen werthvolle Aufschlüsse ertheilen; vorläufig aber müssen wir aus den leuchtenden Sonnen wiederum diejenigen herausgreifen, welche bereits im Uebergangsstadium zur Verdunklung sich befinden; sie nur können uns Aufschlüsse

ertheilen. Das erste Symptom der Verdunklung, die Fleckenbildung, wird aber erst dann wahrnehmbar — unsere eigene Sonne bei ihrer relativen Nähe kann nicht als maßgebend betrachtet werden, und dürfte aus Fixsternweite kaum mehr als veränderlich erkannt werden — wenn es jenen hohen Betrag erreicht hat, der uns das Phänomen der Veränderlichkeit bietet. Aus einer späteren Periode aber noch reden die neu auflodernden Sterne zu uns.

Die Häufigkeit oder Seltenheit veränderlicher und neu auflodernder Sterne kann nun als ein ziemlich sicherer Maßstab bezüglich des Abkühlungsstadiums unseres Sternhaufens angesehen werden, und die wirkliche Seltenheit dieser Phänomene scheint für den aufsteigenden Ast der Entwicklung zu sprechen. Da bei gleichem Alter kleine Gestirne rascher erkalten, als große, so müssen die Sonnen vom geringsten Volumen zuerst von Erkaltung betroffen werden. Im Verlaufe der Jahrtausende würde aber eine regelmäßige Vermehrung des Phänomens der Veränderlichkeit und des Aufloderns sich nur dann ergeben können, wenn Minimum und Maximum der Fixsterngrößen durch sehr viele Zwischengrößen regelmäßig verbunden wären; fehlen dagegen solche Uebergänge, so würde während langer Zeiten die Anzahl veränderlicher Sterne stationär bleiben, und, optisch genommen, würde eine sprungweise Entwicklung unseres Sternhaufens sich bemerklich machen.

Es ist nur etwa bei hundert Fixsternen das Phänomen der Veränderlichkeit nachgewiesen worden, und weitere Entdeckungen dürften vorerst noch keineswegs als objective Zunahme solcher Sterne gedeutet werden. Desgleichen ist das Auflodern neuer Sterne seit historischen Zeiten nur etwa zwanzigmal beobachtet worden. Wenn nun auch diese Beobachtungen keineswegs die wirkliche Anzahl der Phänomene erschöpfen können, — dieß gilt besonders von der Veränderlichkeit, da ein mit Schlacken bedeckter, rotirender Fixstern nur dann seinen Glanz

ändern kann, wenn seine Rotationsaxe nahezu senkrecht zu unserer Gesichtslinie steht —, so kommen wir doch auch auf diesem Wege zu dem Resultate, daß unser Sternhaufen erst begonnen hat, in seine allmählige Verdunklung überzugehen; denn die weitaus überwiegende Mehrzahl der Gestirne strahlt in unverändertem Glanze fort. Es wird dieser Schluß nur noch unterstützt durch die äußerst geringe Anzahl derjenigen Sterne, welche, in den Katalogen des Ptolemäus und Abdurrhaman-Suphi verzeichnet, seither optisch verschwunden sind, wobei zudem Fehler in den Katalogen zu Irrthümern Anlaß geben können, oder auch als Fixsterne fälschlich eingetragene Sterne, die nun fehlen, mit später entdeckten Planeten identisch sein können.

In den letzten drei Jahrhunderten genauerer Beobachtung ist das Auflodern neuer Sterne achtmal verzeichnet worden. Ein entschiedenes Anzeichen absteigender Entwicklung unseres Sternhaufens würde erst dann vorliegen, wenn eine überwiegende Mehrzahl in rothem Lichte leuchtender Sterne uns andeuten würde, daß diese Mehrzahl im Erkaltungsprocesse schon das Stadium der Rothgluth erreicht hätte, wenn ferner das Phänomen des Aufloderns ebenso häufig wäre, als es derzeit selten ist, und wenn endlich die jetzt noch geringe Anzahl veränderlicher Sterne eine bedeutende Zunahme erfahren hätte. Eine genauere Aufzeichnung von Thatsachen, als sie mit Ausnahme der letzten Jahrhunderte bisher stattgefunden hat, würde uns alsdann im Verlaufe vieler Jahrtausende auch noch in den Stand setzen, die Regionen des Himmels, von welchen aus diese abwärts gehende Entwicklung geschieht, sowie die Richtung, in der sie fortschreitet, zu bestimmen. Die bisherigen, freilich ganz unzulänglichen, Beobachtungen scheinen dafür zu sprechen, daß zwischen den Sternbildern des Adlers und des Scorpions der Erkaltungsproceß begonnen hat; denn dort ist das Auflodern neuer Sterne am häufigsten beobachtet worden. Es gibt ferner Regionen des Himmels, in welchen

rothe Sterne, deren Gesammtzahl auf gegen 300 geschätzt wird, häufiger vorkommen, als in anderen, und — da fünf Sechstel der veränderlichen Sterne rothe Farbe haben — das Phänomen der Veränderlichkeit häufiger ist, als in anderen Gegenden.

So muß es also der Zukunft vorbehalten bleiben, genauere Aufschlüsse zu geben, als es derzeit geschehen kann, über den Kreislauf der Welten, den die Fülle der in systematische Verbindung gebrachten Erscheinungen des Himmels predigt. Aufgabe der Naturwissenschaft wird es auch fernerhin sein, die empirischen Erscheinungen ohne Rücksicht darauf zu verzeichnen, ob die beobachteten Thatsachen schon jetzt zu verwerthen sind, oder nicht. Denn selbst scheinbar unwichtige und wissenschaftlich werthlose Erscheinungen gewinnen Bedeutung, sobald ihnen ihr Platz angewiesen ist in jenem begrifflichen Systeme, an welchem, als einem vollkommenen Abbilde des kosmischen Systems, der Menschengeist arbeitet. Früher oder später wird es immer gelingen, selbst weit auseinander liegende Beobachtungen in systematische Verknüpfung zu bringen — eine Aufgabe, zu welcher die Natur-Philosophie unserer Tage nicht mehr die früheren Ikarusflügel anlegt, sondern die Einsicht mitbringt, daß sie nur von der Basis gesicherter Thatsachen ausgehen darf. Andrerseits ist die Masse des empirisch angesammelten Materials schon so groß, daß schon jetzt sich das Bedürfniß kundgibt, auf die Vermehrung von Beobachtungen keine unütze Zeit zu verwenden, sondern vielmehr das bereits vorhandene Material in induktiven Verallgemeinerungen systematisch zu verbinden, und jene Folgerungen daraus zu ziehen, welche implicite darin liegen. Denn daß es für den Fortschritt der Wissenschaften nicht so fast auf die Menge des Beobachtungsmaterials ankommt, als auf die logische Schärfe der Verstandesoperationen, durch welche ein, wenn auch geringes, Material ausgenützt wird, das beweisen die großen Entdeckungen eines Keppler,

Newton und Kant, welche aus einem so geringen Materiale von Beobachtungen so großartige Schlüsse zogen, mit den geringsten Mitteln die größten Leistungen vollbrachten.

So suchen denn auch gegenwärtig gerade die bedeutendsten Vertreter der Naturwissenschaft den Anschluß an die Philosophie, aber freilich so, daß sie als einzig berechtigte regula philosophandi die hinstellen, welche Buffon mit den Worten aussprach: „Réunissons des faits, pour avoir des idées.“

V.

Entwicklungsgang des Sonnensystems.

---

1. Die Planeten.

Als ein unzweifelhaftes Resultat früherer Untersuchungen hat sich der ursprünglich nebelartige Zustand des Sonnensystems ergeben. Dieser kosmische Nebel kann aber nur angesehen werden als einer der überlebenden jener Nebelballen, welche in großer Anzahl aus der zerstreuten Materie unseres Fixsternsystems sich verdichtet haben mußten; denn der große Urnebel dieses Systems bestand nicht aus homogenen und gleich vertheilten Stoffen, es konnte daher kein Zustand des absoluten Gleichgewichts dieser Stoffe vorhanden sein, und mehrfache unregelmäßig vertheilte Verdichtungscentren mußten sich bilden. Die zweckmäßige Gruppirung und Bewegung dieser Nebelballen kann aber nur angesehen werden als das Resultat indirekter Auslese, wobei die einen ineinander flossen, andere ihre Bahnen änderten; nur die überlebenden dieser Nebelballen sind es, die sich mit der Zeit noch weiter verdichteten, und die wir nun als Fixsterne wahrnehmen.

Erst wenn durch den Proceß indirekter Auslese aus der ursprünglich großen Anzahl mehr oder minder chaotisch geordneter Nebelballen eine geringere Anzahl zweckmäßig vertheilter hervorgegangen war, welche bei beträchtlichen gegenseitigen

Abständen sich nicht mehr störten, so daß selbst ihre später abgetrennten Begleiter — mit Ausnahme vielleicht der sehr excentrischen — dem Einflusse der Nachbarsonnen entzogen blieben, erst dann waren die ausgelesenen Nebelballen einer ungestörten Weiterentwicklung überlassen. So finden wir denn die Fixsterne durch weite leere Zonen von einander getrennt, welche von aller störenden Materie gereinigt sind, da alle darin ursprünglich vertheilten Stoffe dem Zuge der einen oder anderen Sonne gefolgt sind. Die Sonnensysteme können daher fast als von einander isolirt betrachtet werden; denn die Schwerkraft wirkt zwar in die Ferne, nimmt aber mit dem Quadrate der Entfernung ab, und durch den Proceß der Auslese wurden eben solche Entfernungen erzielt, wobei die gegenseitigen Störungen nicht mehr zu einem Betrage anwachsen, der Katastrophen nach sich ziehen könnte.

So erklären sich die ungeheueren Abstände, welche die Fixsterne von einander trennen, und von welchen nur solche Gestirne eine Ausnahme machen, die als Doppelsterne oder Gruppensysteme eine Gleichgewichtslage gefunden haben. Auch dort, wo optisch ein dichtes Gewimmel von Sternen erscheint, wie in der Milchstraße, sind solche Abstände vorhanden; denn die Täuschung eines Gewimmels entsteht lediglich dadurch, daß in unserem linsenförmig gestalteten Fixsternsysteme die überwiegende Mehrzahl der Sterne nahezu in gleicher Ebene (analog den Planeten) hinter einander liegt, nach der scharfen Kante jener Linse perspektivisch zusammengedrängt ist, und das Hintereinander vom Auge in ein Nebeneinander ohne Unterschiede der Tiefendimension verwandelt wird.

So erklären sich aber auch die ungeheueren Volumina der Sterne, die als Verdichtungsprodukte der ganzen in den nun leeren Zonen einst zerstreuten Materie anzusehen sind.

Unser ganzes Sonnensystem ist gleichsam nur ein Punkt in dem Raume, der es rings von den nächsten Fixsternen

trennt. Neptun, der äußerste Planet, hat einen Sonnenabstand von 744 Millionen Meilen, während α Centauri, der nächste Fixstern, $4^1/_2$ Billionen Meilen entfernt ist; das Licht des Neptun erreicht uns in 4—5 Stunden, das des nächsten Fixsterns in $3^1/_2$ Jahren. Wenn wir aber selbst die Cometen berücksichtigen, und sogar den Cometen I. 1850 in Anschlag bringen wollen, welcher mit einer Umlaufszeit von 28,800 Jahren dem Sonnensysteme noch zugesprochen wird, so finden wir auch dann noch, daß der Halbmesser des Sonnensystems (37,000,000,000 Meilen) doch nur etwa $^1/_{120}$ der Entfernung des nächsten Fixsterns beträgt. Dieser könnte somit, bei gleicher Größe mit unserer Sonne, auf die Planeten doch nur etwa den 40millionsten Theil der Anziehung der Sonne ausüben. Da ein solcher Einfluß nur unmeßbare Störungen bewirken könnte, und in der That unsere Planetenbewegungen sich erklären lassen, ohne daß meßbare Einwirkungen der Nachbarsonnen nachzuweisen wären, so können wir unser System als eine Welt für sich betrachten.

In gleicher Weise ist das Heer der Fixsterne nach allen Seiten durch noch größere leere Zonen von jenen entlegenen Sternhaufen und Nebelflecken geschieden, die sich selbst dem Teleskope nur als schwacher Schimmer verrathen. So sind z. B. auch die Magelhanischen Wolken, jenes merkwürdige Aggregat von Nebeln, Sternhaufen und einzelnen Sternen, welches als lichter Schimmer, ähnlich unserer Milchstraße, den Südpol des Himmels umkreist, von den nächsten siderischen Systemen durch weit gedehnte, sternlose Wüsten getrennt, welche im Contraste mit diesem Schimmer schwarz erscheinen, und deren Leerheit anzeigt, daß aus der Anhäufung der einst über diese „Kohlensäcke" zerstreuten Materie die Magelhanischen Wolken entstanden sind. —

Wir wissen nun einerseits, daß das Sonnensystem ursprünglich ein kosmischer Nebel war, andrerseits, daß im ganzen

Kosmos die irdischen Gesetze Geltung haben. In der Verbindung dieser beiden Resultate aber muß sich uns die Frage lösen, welche Veränderungen das Sonnensystem erfahren hat von dem Zeitpunkte an, da es seiner ungestörten Entwicklung überlassen blieb. Indem wir die irdischen Gesetze, vor Allem das Gesetz der Schwere, übertragen auf die weit zerstreute, leicht verschiebbare Materie des ursprünglichen Sonnensystems, werden wir die Entwicklungsgeschichte des letzteren theoretisch construiren können, wobei sich verschiedene Entwicklungsphasen ergeben werden; findet sich aber in der theoretisch abgeleiteten Reihenfolge derselben eine solche, welche mit der empirisch wahrnehmbaren gegenwärtigen Anordnung des Sonnensystems übereinstimmt, so erhalten die gemachten Voraussetzungen hiedurch eine neue Bestätigung. Auch hier also soll die Controle geschehen durch Vergleichung des theoretischen Resultates mit der empirisch gegebenen Erscheinung.

Die Formveränderungen der kosmischen Nebel überhaupt müssen gemäß der Universalität der Schwere auch die des Sonnennebels gewesen sein, der demnach vermöge der gegenseitigen Anziehung seiner Theile die unbestimmt begrenzte Gestalt verlieren, in der eintretenden Axendrehung allmählig eine unveränderliche Richtung der Axe, damit aber auch scharf gezeichnete Umrisse seiner Linsenform erwerben mußte. Berechnet man nämlich die Dichtigkeit der Materie des Sonnensystems für jene Zeit, da es noch nebelartig in jenem Raume zerstreut war, der vom äußersten Planeten umschrieben wird, so ergibt sich, daß viele Millionen Kubikmeilen erst 1 Gran wägbarer Materie enthalten konnten. Bei so starker Verdünnung und Verschiebbarkeit dieser Materie mußte daher mit eintretender Axendrehung die Linsenform stark ausgeprägt werden. Es dürfte sich aber freilich schon hier der Zweifel regen, ob denn in der That in dem von der Neptunbahn eingeschlossenen Raume ehedem nicht mehr Materie vorhanden war, als welche

derzeit in den sichtbaren Gliedern des Sonnensystems sich verdichtet findet.

In der zunehmenden Verdichtung der Nebelmasse mußte ihr Volumen sich beständig verringern, die Schwerkraft bewirkte eine Annäherung der Theile; da aber mit jeder Rotation untrennbar Centrifugalkraft verbunden ist, welche die herumschwingenden Theile von der Axe zu entfernen strebt, so kann die Gestalt des Nebels nur die Resultante aus den beiden Kräften sein. Die verschiedenen Schichten einer rotirenden Nebelmasse haben aber eine verschiedene Rotationsgeschwindigkeit, also Centrifugalkraft, und zwar eine um so größere, je weiter sie von der Axe abliegen; ein Punkt am Aequator beschreibt innerhalb einer Axendrehung einen größeren Kreis, als ein näher den Polen oder zwischen Aequator und Centrum gelegener Punkt. Es muß also der Durchmesser von Pol zu Pol sich verkürzen, der Aequator dagegen anschwellen.

Indem aber der Proceß der Verdichtung seinen Fortgang nimmt, kommen die sich senkenden Aequatorschichten mit einer größeren Geschwindigkeit in ihre neue Lage, als dieser entspricht, theilen durch Adhäsion und Reibung den tiefer liegenden, daher langsamer umschwingenden, Schichten ihre größere Geschwindigkeit mit, und diese Mittheilung pflanzt sich bis zur Axe fort. Der allmählige Ausgleich dieser verschiedenen Geschwindigkeiten muß also für die Gesammtmasse eine Beschleunigung der Rotation herbeiführen. So wird etwa auch ein Rad, das durch eine bestimmte Kraftmenge in Drehung versetzt wird, um so mehr Schwingungen erfahren, je kürzer die Axe ist.

Zunehmende Verdichtung einer Nebelmasse, Verkürzung der Drehungsaxe, bedeutet demnach zunehmende Rotationsgeschwindigkeit; im gleichen Verhältnisse muß aber auch die Centrifugalkraft der am schnellsten umschwingenden Aequatorschichte anwachsen, und muß schließlich einen Betrag erreichen, daß sie der Schwerkraft das Gleichgewicht hält. Eine solche

Aequatorschichte, innerhalb deren sich die beiden Kräfte ausgleichen, wird alsdann keinen von beiden mehr folgen, d. h. sie wird an der weiteren Verdichtung des Nebels nicht mehr theilnehmen, sondern zurückbleiben.

Jede rotirende Nebelmasse muß also schließlich vom Aequator eine ringförmige Schichte abtrennen, und zwar muß sich dieser Proceß öfter wiederholen, weil für die restirende Kernmasse der Verdichtungsproceß mit allen erwähnten Folgen seinen Fortgang nimmt.

Bei einem bestimmten Grade von Verdichtung wird aber Wärme erzeugt, und auf einer späteren Stufe wird Licht entwickelt. Wir können uns demnach vorstellen, daß das Sonnensystem einst jenen kosmischen Nebeln glich, in deren Mitte ein glänzender Kern wahrzunehmen ist, und daß dieser glänzende Sonnenkern von einer Anzahl concentrischer Ringe umgeben war, — eine Erscheinung, die ebenfalls, wenn auch nicht mit geschlossenen Ringen, an kosmischen Nebeln zu beobachten ist. Die Bahnflächen dieser Ringe mußten zusammenfallen mit der Aequatorebene der Sonne — man denke sich die am Aequator durch die Sonne gehende Schnittfläche nach allen Seiten erweitert —; und ebenso mußten die Mittelpunkte dieser Ringe mit dem Mittelpunkte der Sonne congruent sein.

Freilich dürfen wir uns nicht vorstellen, daß der Proceß so mathematisch genau vor sich gegangen sei, und Kant, wie Laplace, scheinen in ihrer Hypothese von einer etwas idealisirten Wirklichkeit ausgegangen zu sein. Die Sonne besteht nicht aus durchaus homogenen, sondern qualitativ sehr verschiedenen Stoffen, deren Verdichtung von sehr ungleichartigen Bewegungen begleitet gewesen sein mag, während später der Eintritt chemischer Verbindungen gewaltige Umwälzungen herbeiführen mußte. Die Gestaltung der Sonne zum genauen Rotationssphäroid konnte wohl nur annähernd geschehen, und ein Schwerpunkt mußte sich ergeben, der, als veränderlich, mit dem stereometrischen

Mittelpunkte nicht immer zusammenfiel; endlich mußten auch die successive gebildeten Planeten in ihrem Umlaufe fluthartige Anstauungen auf der Oberfläche des restirenden Centralkörpers hervorrufen. Aus allen diesen Gründen konnte eine ungleiche Entfernung der Aequatortheile von der Axe sich ergeben, die von einer ungleichen Rotationsgeschwindigkeit begleitet sein mußte, so daß es auch denkbar ist, daß statt eines geschlossenen Ringes sich lediglich lokal eine mehr oder minder bereits geballte Masse ablöste.

Was mußte nun aus diesen successive abgetrennten Ringen werden? Vorerst ist klar, daß dieselben, vermöge ihres ursprünglichen Zusammenhangs mit dem Centralkörper, in Bezug auf Axendrehung mit diesem und unter sich übereinstimmen müssen. Da aber auch diese Ringe nicht aus homogenen Stoffen bestehen, so ist an eine vollständig gleichartige Vertheilung ihrer Materie kaum zu denken. Die Ringform konnte nicht erhalten bleiben; denn wenn an irgend einer Stelle des Ringes mehr Substanz vorhanden war, so mußte diese als Anziehungspunkt auf die übrige Materie wirken, und — in Anbetracht der Rotationsbewegung des Ringes — mußte die Bewegungsgeschwindigkeit der dem Anziehungspunkte voraneilenden Materie verlangsamt, die der nachfolgenden Materie beschleunigt werden, und eine allmählige Aufzehrung der ganzen Ringmaterie mußte selbst dann eintreten, wenn vorübergehend mehrere Verdichtungsknoten sich gebildet haben sollten. So werden also schließlich an Stelle der ursprünglichen Ringe in den gleichen Zonen Planeten kreisen, welche in Bezug auf die Richtung der Axendrehung und der fortschreitenden Bewegung mit der Sonne und unter sich übereinstimmen. Dieß aber ist in der That der empirisch wahrnehmbare Zustand des Sonnensystems.

Nur in zwei Punkten stimmt die theoretische Folgerung mit der Wirklichkeit nicht überein: die Planeten beschreiben

nicht Kreise um die Sonne, sondern Ellipsen; die Ebenen der Planetenbahnen aber, d. h. die von diesen Ellipsen eingeschlossenen Raumflächen, fallen nicht ganz mit der Aequatorebene der Sonne zusammen, sondern sind gegen diese und gegen einander etwas geneigt. Es erklärt sich übrigens diese Abweichung genügend schon aus dem Umstande, daß die abgelösten Ringe und späteren Planeten nicht nur vom Centralkörper angezogen werden, sondern auch gegenseitig sich anziehen, woraus nothwendig Störungen hervorgehen mußten. Die Erhaltung des ursprünglichen Zustandes, nämlich Kreisform der Bahnen und Gleichheit der Ebenen, wäre nur möglich gewesen bei vollkommen gleicher Einwirkung aller äußeren Kräfte; eine solche ist aber bei der den Gliedern des Systems zukommenden Bewegung nicht gegeben, indem der Wechsel in der gegenseitigen Stellung auch den Betrag der gegenseitigen Anziehung zu einem wechselnden machen muß. Zudem schreitet das Sonnensystem auch als Ganzes im Raume fort, muß demnach eine gravitirende Bewegung gegen ein entferntes Anziehungscentrum haben, das nicht alle Glieder des Systems gleichmäßig beeinflussen kann. Aus beiden Gründen sind die Excentricitäten und Neigungen der Planetenbahnen auch heute noch Schwankungen innerhalb bestimmter Grenzen unterworfen.

Aber schon bei der Umwandlung der Kreisform in die Kugelform mußten die Bahnelemente Aenderungen erfahren. Wenn nämlich die Elemente eines Ringes sich zur Kugel vereinigen, so wird die im Ringzustande vorhandene Entfernung vom Anziehungscentrum für jedes Ringelement geändert, womit auch eine Veränderung der Geschwindigkeit der einzelnen Elemente verbunden ist, wenn auch die Summe der Geschwindigkeiten die gleiche bleibt. Das hiedurch gestörte Gleichgewicht stellten die Planeten durch Umwandlung ihrer kreisförmigen Bahnen in elliptische Bahnen wieder her, der Art, daß der Betrag der Störung den Betrag der Excentricität bestimmte.

Es ist sehr die Frage, ob alle Planeten diese Umwandlung der Ringform zur Kugelgestalt überleben konnten; denn der in der Kreisbewegung gleichmäßige Abstand vom Centralkörper verwandelte sich in der elliptischen Bewegung in einen veränderlichen Abstand mit einer Sonnennähe und Sonnenferne — Perihelium und Aphelium —, und jene Planeten, welche hiebei eine zu große Sonnennähe erwarben, mußten sich in energischen Spiralen mit der Sonne wiederum vereinigen. Es kann übrigens die Frage, ob ehemals vorhandene Begleiter der Sonne in dieser Weise ihre Sonderexistenz wieder einbüßten, und von der Sonne wieder aufgesaugt wurden, hier füglich übergangen werden; denn wir werden gleich sehen, daß noch andere gar nicht abzuweisende Gründe uns dazu nöthigen, die derzeit vorhandene Anzahl der Begleiter der Sonne lediglich als eine in natürlicher, indirekter Auslese erhaltene Restzahl aus einer ursprünglich weit größeren Menge von Weltkörpern anzusehen. Schon die erstaunliche Zweckmäßigkeit in der Mechanik des Planetensystems zwingt uns zu dieser Folgerung; denn die Wissenschaft ist ihrem Begriffe gemäß genöthigt, alle Zweckmäßigkeit in der Natur als das Resultat einer indirekten Auslese zu betrachten. Wenn die Massenvertheilung im Planetensysteme eine so zweckmäßige ist, daß die bei der Fernewirkung der Anziehungskraft unvermeidlichen Störungen sich immer wieder ausgleichen, in bestimmte Grenzen eingeschlossen sind, innerhalb welcher sie zu- und abnehmend sich bewegen, so können wir darin nur ein nach natürlichen Gesetzen sich ergebendes Endresultat eines längeren Entwicklungsprocesses sehen, in welchem zahlreiche unzweckmäßig vertheilte Gebilde eliminirt, und nur wenige zweckmäßig gruppirte indirekte ausgelesen wurden.

Die Eigenschaft der Schwere kommt aller kosmischen Materie zu; es konnte daher mit der Abtrennung einer beliebigen Anzahl sich gegenseitig anziehender Begleiter der Sonne noch kein

definitiver Zustand geschaffen sein, vielmehr mußte sofort das Princip der indirekten Auslese unter den nach Maßgabe ihrer Masse und Entfernung sich störenden Planeten seine Thätigkeit beginnen, und jener Proceß eingeleitet werden, als dessen Resultat die mechanische Vollkommenheit des Systems sich ergab. Wir sind in keiner Weise berechtigt, die zweckmäßige Massenvertheilung als ursprünglichen Zustand anzusehen, und anzunehmen, daß die Sonne gerade Planeten von solchen Massen und in solchen Zeitintervallen, d. h. von solchen gegenseitigen Abständen, abgetrennt habe, daß ein friedliches Zusammenleben derselben möglich war. Nicht immer sind die späteren Kinder einer Mutter mit solchen Eigenschaften begabt, daß die Verträglichkeit mit den früheren Kindern daraus sich ergeben müßte.

Jede Abtrennung eines Ringes von der Sonne muß als ein Fall für sich angesehen werden, der keineswegs in Anpassung an die früheren Fälle geschah, sondern rein durch interne Zustände der Sonne bestimmt wurde, sowohl was die Masse eines solchen Begleiters betrifft, als seinen Abstand vom zuletzt abgetrennten. Die derzeitige harmonische Massenvertheilung der Planeten kann demnach nicht ursprünglich gewesen sein, sondern erst im Verlaufe des Processes sich eingestellt haben.

Jeder unzweckmäßige Zustand ist ein unhaltbarer Zustand. Wie in allen Naturreichen, so gilt dieses auch in der kosmischen Physik. Hier bedeutet Unzweckmäßigkeit einen mechanischen Widerspruch, und es liegt in der Natur der Dinge, daß solche Widersprüche beseitigt werden, und müßte es auch durch Katastrophen geschehen. Die Natur ist ihr eigener Arzt, und gerade in ihrem gesetzmäßigen Wirken liegt ein natürliches Heilverfahren, wodurch das Unzweckmäßige beseitigt wird, so daß, indirekte ausgelesen, schließlich nur mehr das Zweckmäßige übrig bleibt.

Da nun also auch die zweckmäßige Constellation unseres Planetensystems nur angesehen werden kann als das Produkt

einer indirekten Auslese, nur erzielt worden sein kann durch allmählige Beseitigung früher bestandener mechanischer Widersprüche, so ergibt sich daraus unmittelbar, daß die ursprünglich vorhandene Anzahl der Planeten weit größer gewesen sein muß, und daß wir in den derzeitigen Planeten nur die überlebende Restzahl der ursprünglichen Begleiter erkennen können. Wir müssen daher annehmen, daß die Planetenwelt erst nach mehrfachen Umwälzungen, nach wiederholter Auflösung unzweckmäßiger Combinationen den derzeitigen Zustand des Gleichgewichts erreicht hat. Diese logisch nothwendige Folgerung erhält noch eine weitere Stütze durch die Erwägung, daß die Sonne sich ursprünglich bis weit über die Bahn des äußersten Planeten, Neptun, ausdehnte; einer Verdichtung bis zu ihrem jetzigen Volumen, einer so bedeutenden Verkürzung ihres Durchmessers, entspricht aber eine so bedeutende Vermehrung der Rotationsgeschwindigkeit, also Centrifugalkraft, daß die Abtrennung von nur 8 Planeten in hohem Grade unwahrscheinlich erscheint.

Da nun alle Bewegungen der Gestirne nach dem Gesetze der Schwere geschehen, so kann nur dieses als der im Entwicklungsprocesse des Planetensystems thätige, die indirekte Auslese des Zweckmäßigen besorgende Factor angesehen werden, und dieß erscheint um so gewisser, als auch in der geringen Anzahl der überlebenden Planeten noch immer in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung geringe Störungen, Abweichungen von der regelmäßigen Bahn, eintreten, die bei jeder zeitweilig sich ergebenden, mechanischen Unzweckmäßigkeit unvermeidlich sind. Wäre das Gesetz der Schwere lediglich bestimmend für die Sonne als Centralkörper in ihrem Verhältnisse zu den Planeten, so würde jeder derselben genau nach den Gesetzen Kepplers sich bewegen, welche folgendermaßen lauten:

1. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem, gemeinschaftlichen, Brennpunkte die Sonne steht.

2. In gleichen Zeiten beschreibt der radius vector eines Planeten gleiche Sectoren.
3. Die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich, wie die Würfel ihrer halben großen Axen.

ad 1. Steckt man zwei Nadeln in ein mit Papier überzogenes Brett, und verbindet dieselben mit einem Faden, welcher länger ist, als die doppelte Entfernung der Nadeln, zieht alsdann mittels eines Bleistiftes den auf dem Papier immer aufliegenden Faden scharf an, und führt den Stift bei gespanntem Faden ringsherum, so beschreibt er auf dem Papiere eine Ellipse, deren Brennpunkte eben dort liegen, wo das Papier von den Nadeln durchstochen ist. Die Entfernung des Mittelpunktes der Ellipse, der Mitte zwischen den Nadeln, von einem der beiden Brennpunkte heißt Excentricität. Je größer diese Excentricität, desto länger gestreckt ist die Ellipse; je geringer, desto mehr nähert sie sich der Kreisform. Der Kreis kann als eine Ellipse ohne Excentricität betrachtet werden, in der Mittelpunkt und Brennpunkt zusammenfallen.

ad 2. Jede von einem Brennpunkte zu einem Punkt des Umfangs der Ellipse gezogene Linie heißt radius vector, oder Leitstrahl. Diese Linien zeigen die Zuglinie der Schwerkraft für jeden Punkt des Umfangs an. Zeichnet man auf der Bahn eines Planeten seine Standorte ein, die er je nach Ablauf von gleichen Zeitlängen einnimmt, und zieht zu diesen Standorten den Leitstrahl, so entsteht auf diese Weise eine Reihe von Dreiecken, die alle von gleicher Größe, aber von verschiedener Form sind. Der Leitstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume; aber in der Gegend der Sonnennähe sind die Dreiecke kurz mit breiter Grundlinie, in der Gegend der Sonnenferne lang mit kleiner Grundlinie. Aus der Verschiedenheit der Grundlinien, welche je ein Bahnstück sind, geht hervor, daß die Planeten in gleichen Zeiten ungleiche Bahnstücke zurück-

legen. Sie bewegen sich am schnellsten im Perihel, mit abnehmender Geschwindigkeit zum Aphel, mit zunehmender wieder zum Perihel zurück.

ad 3. Als Zeitmaßeinheit nimmt man das Jahr der Erde an, als Entfernungsmaßeinheit die Sonnenweite, d. h. die Entfernung der Erde von der Sonne. Bei jedem Planeten muß die Quadratzahl der Umlaufszeit gleich sein der Kubikzahl seiner Entfernung von der Sonne, wenn jene nach Jahren, diese nach Sonnenweiten bestimmt wird. Da nun die Umlaufszeiten der Planeten direkt aus der Beobachtung ersehen werden können, so läßt sich daraus ihr Sonnenabstand berechnen. Beträgt die Umlaufszeit 8 Jahre, so hat man als Quadratzahl derselben: $8 \times 8 = 64$, welche Zahl als Kubikzahl sich ergibt, wenn man 4 dreimal mit sich selbst multiplicirt: $4 \times 4 \times 4 = 64$. Bei 8jähriger Umlaufszeit beträgt demnach die Entfernung 4 Sonnenweiten. Jupiter vollendet in 11,85 Jahren einen Umlauf. Da nun sowohl $11{,}85 \times 11{,}85$, wie $5{,}2 \times 5{,}2 \times 5{,}2$ das Produkt 140 ergeben, so beträgt Jupiters Entfernung von der Sonne 5,2 Sonnenweiten.

Den innigen Zusammenhang dieser drei Gesetze, das geistige Band, wodurch sie zu einem einzigen verbunden werden, hat erst später Newton entdeckt, indem er sie als Ausflüsse des Gesetzes der Schwere erwies; daher bezeichnete Humboldt das Verhältniß dieser beiden Astronomen zu einander mit den Worten: „Keppler schrieb uns ein Gesetzbuch, Newton aber den Geist der Gesetze.“ Eben darauf aber, daß diese Gesetze aus der Gravitation entspringen, beruht es, daß bei gegebener Mehrzahl von Begleitern nothwendig Abweichungen von diesen Gesetzen sich einstellen müssen. Denn wenn die Eigenschaft der Schwere aller kosmischen Materie zukommt, so müssen die Planeten auch gegenseitig nach Maßgabe ihrer Masse und Entfernung sich anziehen, und es kann in Kepplers Gesetzen nur eine ungefähre Annäherung an die Wirklichkeit liegen.

Diese gegenseitigen Störungen der Planeten, die Abweichungen von der regelmäßigen Bahn, sind aber nicht nur sehr gering, sondern gleichen sich auch periodisch wieder aus.

Viel bedeutender aber mußten diese Störungen bei den zahlreichen, ursprünglichen Planeten gewesen sein, bei welchen noch kein Gleichgewichtszustand, keine harmonische Massenvertheilung vorhanden war; da aber auch diese bedeutenderen Störungen nur nach dem Gesetze der Schwere erfolgen konnten, so ist zu untersuchen, ob die derzeit noch wahrnehmbaren Abweichungen in den Bewegungen der Planeten, wenn wir uns dieselben namhaft vergrößert vorstellen, eine Auflösung mechanischer Widersprüche, also jene Wirkung herbeiführen würden, die als indirekte Auslese des Zweckmäßigen bezeichnet wurde.

Die theoretische Astronomie lehrt, daß dieses in der That der Fall ist:

Die Planeten bewegen sich in krummen Bahnen um die Sonne. Jede krumme Bahn läßt sich aber in zwei geradlinige Bahnen zerlegen; sie ist die Resultante aus zwei Faktoren, aus der gegen den Mittelpunkt des Anziehungscentrums — der Sonne — gerichteten Schwerkraft, und aus der Centrifugalkraft, welche, wenn allein wirkend, den Planeten in der Richtung der Tangente seiner krummen Bahn geradlinig fortführen würde. Ein von zwei, in verschiedenen Richtungen wirkenden, Kräften beeinflußter Körper schlägt keine der beiden Richtungen ein, sondern bewegt sich nach dem Gesetze vom Parallelogramm der Kräfte in der mittleren, diagonalen Richtung. Dieß thun auch die Planeten; aber bei der vorhandenen Mehrzahl derselben kommt auch die störende gegenseitige Anziehung in Betracht, und das in ihren fast kreisförmigen Bahnen sich ausdrückende Gleichgewicht der beiden sie beeinflussenden Kräfte wird hiedurch gestört.

Eine solche Störung kann nun entweder der Centrifugal-

kraft zugutkommen, die den Körper auf seiner Bahn vorwärts treibt, oder der Schwerkraft, die ihn gegen die Sonne zieht. Da nun der Betrag der Centrifugalkraft sich in der Bewegungsgeschwindigkeit der Planeten ausdrückt, so würde eine Vermehrung der ersteren die letztere beschleunigen; dagegen würde eine Störung, welche der Schwerkraft zugutkäme, eine Verlangsamung der Bewegung nach sich ziehen.

In beiden Fällen muß sich die Bahn des von der Störung betroffenen Planeten ändern. Bei eintretender Beschleunigung der Bewegung würde aus der anfänglich fast kreisförmigen Ellipse entweder eine langgestreckte, sehr excentrische Ellipse werden, oder eine Parabel, oder endlich eine Hyperbel, je nach dem Betrage der Beschleunigung. Eine Verminderung der Geschwindigkeit dagegen würde ein Ueberwiegen der Schwerkraft bedeuten, und ein solcher Planet würde in immer engeren Spiralen um sein Anziehungscentrum sich bewegen, und schließlich sich mit demselben vereinigen.

Es kann nunmehr versucht werden, den gegenwärtigen Zustand des Sonnensystems aus dem hypothetisch angenommenen Anfangszustande abzuleiten, bei dem wir eine viel größere Anzahl von Begleitern, aber ohne harmonische Massenvertheilung, voraussetzen, welche darum sehr beträchtliche Störungen gegenseitig herbeiführten:

Die einen Planeten wurden in langgestreckte Ellipsen geworfen, geschlossene Bahnen, bei welchen zwar eine Wiederkehr in die Sonnennähe immer wieder stattfindet, aber die Umlaufszeiten oft Jahrtausende betragen. Solche in langgestreckten Bahnen einhergehende Begleiter der Sonne haben wir nun allerdings; aber es sind nicht Planeten, sondern Cometen. Wir wissen aber auch — und spätere Untersuchungen werden dieß ausführlich darthun — daß die Cometen Bestandtheile von Meteoritenschwärmen sind, und daß der Zerfall in Meteoriten die letzte Entwicklungsstufe von solchen Planeten ist, welche,

nachdem sie ihre Eigenwärme in den Raum ausgestrahlt haben, erstarren und zerfallen, wobei ihre flüssigen Bestandtheile Cometen bilden. Daß aber die in langgestreckte Bahnen geworfenen Planeten ihre Entwicklung rascher durchlaufen mußten, ergibt sich schon daraus, daß sie, die sich so bedeutend von der Sonne entfernen, und nur selten in's Perihel zurückkehren, im intensiv kalten Raume viel rascher erstarren und zerfallen mußten.

Eine weitere Anzahl der ursprünglichen Planeten mußte bei noch beträchtlicheren Störungen in parabolische oder hyperbolische Bahnen gerathen. Da diese Bahnen nicht geschlossen sind, d. h. keine Wiederkehr zur Sonne ermöglichen, so treten solche Planeten in die Region der Fixsterne über, hören auf, Begleiter der Sonne zu sein. Dieser theoretischen Folgerung aus der indirekten Auslese kann demnach keine empirische Wahrnehmung zur Seite stehen; aber andrerseits tauchen am Himmel oft Cometen auf, welche, aus der Region der Fixsterne kommend, in nicht geschlossenen Bahnen um die Sonne umlaufen, um sodann wieder zu verschwinden. Es erklärt sich dieß ungezwungen aus der Annahme, daß auch die Fixsterne Planeten abtrennen, bei welchen gleichfalls eine indirekte Auslese des Zweckmäßigen eintreten muß, und wobei die beträchtlich gestörten Planeten in parabolische oder hyperbolische Bahnen gedrängt werden.

Jene von der Sonne abgetrennten planetarischen Nebel endlich, welche in Folge der Störungen Spiralbahnen gegen ihr Anziehungscentrum einschlugen, können empirisch ebenfalls nicht mehr gegeben sein; sie haben sich mit der Sonne wieder vereinigt.

Es genügen also die natürlichen Gesetze vollkommen, uns die Entwicklung des Sonnensystems aus einem kosmischen Nebel begreiflich erscheinen zu lassen, und wäre nur noch bezüglich der Asteroiden, jener teleskopischen Planeten zwischen

Mars und Jupiter, zu erwähnen, daß dieselben eine Mittelstufe zwischen den großen Planeten und den Meteoriten repräsentiren; ihre fragmentarische Form kennzeichnet sie als Bruchstücke eines Weltkörpers, der in seiner Entwicklung das Stadium des Zerfalls in, vorläufig noch große, Fragmente bereits erreicht hat.

2. Die Monde.

Die aus den Nebelringen gebildeten Planeten mußten nach mechanischen Gesetzen Axendrehung in der gleichen Richtung mit den Umlaufsbewegungen erwerben; auch bei ihnen mußte daher Abplattung der Pole und Anschwellung des Aequators eintreten, und in Folge der mit jeder Axendrehung verbundenen Centrifugalkraft mußte der Proceß der Ringbildung auch bei ihnen sich wiederholen.

Die Planeten mußten also ihrerseits wieder Monde abtrennen.

Aber diese nach den Principien der Mechanik nothwendige Folgerung wird durch die Erfahrung nur zum Theile bestätigt: nicht alle Planeten sind mit Monden versehen. Mehr noch: Der Betrag der den Aequator schwellenden Centrifugalkraft und die Anzahl der abgetrennten Ringe hängen von der Geschwindigkeit der Axendrehung ab; es muß also die Anzahl der Monde im direkten Verhältnisse zur Rotationsgeschwindigkeit der Planeten stehen; — aber auch in dieser Hinsicht stimmt die Erfahrung mit der Theorie nicht überein. Zwar sind die oberen Planeten vermöge ihrer größeren Rotationsgeschwindigkeit — die Tage von Jupiter und Saturn betragen nur etwa $^2/_5$ unserer Tage — am stärksten abgeplattet und am reichlichsten mit Monden versehen; aber Mars z. B. besitzt gar keinen Mond, da er doch der Theorie nach einen haben sollte: die Länge seiner Tage übertrifft nur unbedeutend die Länge des Erdentags, d. h. er dreht sich nur wenig langsamer um

seine Axe als die Erde, muß also eine der irdischen gleichwerthige äquatoreale Centrifugalkraft um so mehr haben, als die entgegenstehende Schwerkraft auf seiner Oberfläche — seiner kleineren Masse wegen — geringer ist, also bereits von einem geringeren Betrage von Centrifugalkraft ausgeglichen wird. Aber auch Merkur und Venus besitzen ungefähr die gleiche Rotationsgeschwindigkeit, wie die Erde; auch sie sollten daher Monde besitzen, und doch konnten solche bisher nicht wahrgenommen werden.

Dieser Mangel an Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung würde uns nöthigen, die Theorie als eine unrichtige aufzugeben, wenn nicht mehrfache Gründe dafür sprechen würden, daß uns die Anzahl der Monde nicht vollständig bekannt ist, und daß zudem die ursprüngliche Anzahl der Monde eine Verminderung erfahren haben muß. In ersterer Hinsicht genügt es, daran zu erinnern, daß die Fragen, ob Merkur und Venus einen Trabanten besitzen, und ob Neptun noch einen zweiten Mond hat, noch immer auf dem Programme der Astronomen stehen;*) in letzterer Hinsicht ergibt sich von unserem hinlänglich erörterten Standpunkte aus, daß die zweckmäßige Massenvertheilung auch bezüglich der Monde nur das Resultat einer indirekten Auslese sein kann, bei der verschiedene Monde ausgeschieden wurden.

Würde Merkur einen Trabanten in der Entfernung unseres Mondes haben, so würde ein solcher durch den mächtigen Sonnenball so bedeutende Störungen erleiden, daß eine Katastrophe nicht ausbleiben könnte. Mancher mag daher eine weise Anordnung darin erblicken, daß Merkur keinen Mond besitzt; aber es ist durchaus nicht einzusehen, warum nicht dieser Planet eben so gut einen solchen abgetrennt haben sollte, wie die Erde, der aber freilich nothwendiger Weise wieder beseitigt werden mußte.

---

*) Vgl. Anmerkung 2 im Anhang.

Das Gleiche gilt von Mars. Auch dieser würde nicht im Stande sein, einen Trabanten von der Entfernung unseres Mondes gegenüber der gefährlichen Nähe des mächtigen Jupiter zu bewahren; und da zudem ein solcher Mond unter dem Schwarme der, zwischen Mars und Jupiter kreisenden, kleinen Asteroiden Störungen der bedenklichsten Art hervorrufen müßte, so ist es in hohem Grade zweckmäßig, daß Mars keinen Mond besitzt; aber die Bedingungen für die Abtrennung eines solchen sind bei ihm gegeben, wie bei der Erde: die Bewegungsgeschwindigkeit der Flecken auf seiner Oberfläche, die er in der Axendrehung abwechselnd uns zukehrt, läßt uns seine Rotationsgeschwindigkeit als eine mit der irdischen fast übereinstimmende erkennen.

Die Universalität der irdischen Gesetze nöthigt uns also zu der Folgerung, bei jenen Planeten, welche in Bezug auf Dichtigkeit und Rotationsgeschwindigkeit mit der Erde so nahe übereinstimmen, wie Merkur, Venus und Mars, die Abtrennung von Monden vorauszusetzen; aber auch bezüglich der Monde gilt es, daß aus einer ursprünglich größeren Anzahl nur die empirisch gegebenen die unvermeidlichen Störungen überleben konnten.

So zeigt sich auch an diesem Beispiele, daß dem gesetzmäßigen Wirken der Natur an sich noch keine Zweckmäßigkeit innewohnt, daß es in der blinden Mechanik der Naturgesetze nicht liegen kann, unzweckmäßige Bildungen zu vermeiden, sondern daß die gleichen Ursachen die gleichen Wirkungen immer, nicht bloß in den Fällen der Bestandesfähigkeit, herbeiführen; es zeigt sich aber auch, daß es allerdings im Wesen der Natur, in dem ihr eigenthümlichen Heilverfahren, liegt, solche Bildungen, die bei vorliegender Besonderheit äußerer Umstände als existenzunfähig sich erweisen, und mechanische Widersprüche im Systeme bilden, gesetzmäßig wieder zu beseitigen.

Indem also vermöge des gesetzmäßigen Ganges der Natur

manche Bildungen nicht nur dann resultiren, wenn sie haltbar sind, sondern auch, wenn sie im Einzelfalle als unzweckmäßig sich erweisen, alsdann aber unvermeidlich wieder ausgeschieden werden, ist zwar im Beginne der Entwicklung die Zweckmäßigkeit dem Mechanismus nicht immanent; aber im Verlaufe der Entwicklung sind Teleologie und Mechanismus in beständiger Annäherung begriffen, und decken sich im Resultate. Jede gesetzmäßige Entwicklung muß im Resultate das Zweckmäßige herbeiführen. —

Da der rotirende Sonnenball Planeten erzeugt, und die rotirenden Planeten Monde abtrennen, so ist noch die Frage zu untersuchen, warum nicht die Monde ihrerseits wieder Ringe abtrennen, die sich zu Kugeln gestalten:

Da die Eigenschaft der Schwere aller kosmischen Materie zukommt, und ganz unabhängig ist von der stofflichen Zusammensetzung derselben, so wird der Mechanismus eines Systems von Gestirnen allein durch die Eigenschaft der Schwere bestimmt, und wenn sich daher in mechanischer Hinsicht so auffallende Unterschiede der Gestirne zeigen, wie daß die Planeten Monde abtrennen, während die Monde ihrerseits steril sind, so müssen solche Unterschiede aus den einfachen Ursachen abzuleiten sein, welche die Schwere bestimmen. Die Schwere eines Körpers ist aber abhängig von seiner Masse und von seinem Abstande vom Anziehungscentrum; sie nimmt ab mit dem Quadrate der Entfernung, d. h. in 2facher, 3facher, 4facher ꝛc. Entfernung wird die Schwere 4 Mal, 9 Mal, 16 Mal ꝛc. schwächer. Nun unterscheiden sich aber die Monde von den Planeten durch geringere Masse und durch geringeren Abstand von ihren Anziehungscentren, sie stehen den Planeten weit näher, als diese der Sonne; also muß die Sterilität der Monde auf diese beiden Ursachen zurückzuführen sein. Die Nebularhypothese aber wird eine neue Bestätigung erhalten, wenn sich diese Sterilität unter der Voraussetzung der ursprünglichen Dunstform dieser Gestirne erklärt.

Wenn die kosmische Nebelmasse der Sonne eine Axendrehung dadurch erwerben mußte, daß ihre gegen das Centrum sich senkenden Theile durch den Widerstand des Mediums, in dem sie sich niederschlugen, krumme Bahnen beschrieben, so muß auch bei den abgetrennten Nebelringen, nachdem sie die Kugelgestalt angenommen hatten, eine solche Axendrehung eintreten. Die Schnelligkeit derselben muß aber abhängig sein von der Fallgeschwindigkeit der sich niederschlagenden Theile, und — da die Schwerkraft, also Fallgeschwindigkeit, mit der Annäherung an das Centrum wächst — so müssen diejenigen Kugeln, deren Theile aus größerer Entfernung herankamen, also mit größerer Geschwindigkeit dem Centrum sich näherten, durch größere Rotationsgeschwindigkeit dieses bemerklich machen; es muß eine Beziehung bestehen zwischen der Größe der Kugeln und der Schnelligkeit ihrer Axendrehung. In der That rotiren die großen Planeten, welche aus größeren Ringzonen sich verdichtet haben, deren Theile demnach die größten Fallräume zu durchwandern hatten, weit schneller, als die kleinen Planeten.

Die Theorie erfordert also für die geringen Mondmassen eine sehr geringe Rotationsgeschwindigkeit, und da diese Geschwindigkeit ihrerseits den Betrag der Abplattung an den Polen und der centrifugalen Anschwellung des Aequators regulirt, so folgt aus der geringen Masse der Monde ihre Sterilität, indem ihre äquatoreale Centrifugalkraft zur Abtrennung von Ringen nicht hinreichte.

Von der geringen Masse der Monde aber abgesehen, ist noch als zweites Merkmal, wodurch sie sich von den Planeten unterscheiden, zu beachten, daß sie ihren respektiven Anziehungscentren — den Planeten — weit näher stehen, als diese ihrem gemeinschaftlichen Anziehungscentrum, der Sonne. Es ist daher zu untersuchen, welche Wirkungen aus diesen geringeren Abständen für dunstförmige Mondkugeln folgen mußten, und ob diejenigen Bewegungserscheinungen, wodurch sich Monde

von Planeten unterscheiden, daraus zu erklären sind. Es wird sich dabei zeigen, daß auch in dieser Hinsicht die theoretischen Folgerungen mit empirisch wahrnehmbaren Erscheinungen vollständig übereinstimmen.

Derjenige Punkt der Mondoberfläche wird von der Erde am stärksten angezogen, der ihr zunächst liegt. So lange daher der Mond in dunstförmigem und späterhin in feurigflüssigem Zustande sich befand, und die Anziehung der Erde auf seine leichtverschiebbare Materie wirkte, mußten die der Erde zunächstliegenden Oberflächentheile eine Erhebung erfahren, und da vermöge der Rotation des Mondes immer neue Oberflächentheile sich der Erde zukehrten, so mußte diese Anschwellung rings um die Mondoberfläche sich fortpflanzen. Dasselbe Phänomen der Fluth, welches der Mond für die leichtverschiebbare Materie der Erde, nämlich für die Atmosphäre und die Meere, erzeugt, muß einst in stark vergrößertem Maßstabe der ungleich mächtigere Erdball auf dem Monde erzeugt haben. Die damit verbundene Reibung muß aber die von Anfang an ohnehin geringe Rotationsgeschwindigkeit des Mondes beständig gehemmt und schließlich aufgezehrt haben.

Der Mond mußte also schließlich der Erde immer dieselbe Seite zukehren. Während er früher innerhalb eines Umlaufes mehrmals um seine Axe sich drehte, verminderte sich die Anzahl dieser Axendrehungen beständig, und nur diejenige blieb schließlich übrig, welche mit seiner Umlaufsbewegung zusammenfällt. Die uns zugekehrte Mondseite verblieb aber sodann unter dem Einflusse der Anziehung der Erde, sie mußte von der Kugelgestalt abweichen, sich eiförmig verlängern, und in dieser Gestalt wurde der Mond schließlich von der Erstarrung betroffen.

Der längste Durchmesser des Mondes ist nun in der That gegen die Erde gerichtet, und wir sehen in der That immer nur die gleiche Mondseite, d. h. der Mond vollendet eine Axen-

drehung während einer Umlaufsbewegung, seine Rotation und seine Revolution fallen zusammen, seine Tage und Nächte dauern je 15 irdische Tageslängen. Endlich sind die gleichen Erscheinungen auch an den übrigen Monden unseres Systems wahrzunehmen, soweit dieselben bezüglich ihrer Bewegungen controlirt werden konnten.

Führen wir aber die Theorie weiter aus, so kommen wir nothwendig zu dem Schlusse, daß auch die Monde ihrerseits die Rotationsgeschwindigkeiten ihrer respektiven Planeten verlangsamen müssen, indem sie die flüssigen Theile derselben fluthartig anstauen; aber die Planeten besitzen sehr bedeutende Rotationsgeschwindigkeiten, es kann daher ihre Drehung nur in unberechenbar langen Zeiten verlangsamt und aufgezehrt werden. Darauf allein beruht es, daß bei unserem Monde die Rotationsgeschwindigkeit längst auf ihre Uebereinstimmung mit der Umlaufsgeschwindigkeit reducirt ist, während die Erde noch 365 Mal während ihrer Revolution um ihre Axe rotirt, daß ferner Jupiter noch 10,000 Mal, Saturn noch 25,000 Mal in einem Umlaufe sich drehen.

Da sich die Erde von West über Süd nach Ost um ihre Axe dreht, während die Fluthwellen die direkt entgegengesetzte Bewegung haben, so muß die durch die Strömung der Gewässer bewirkte Reibung und insbesondere der Druck, den die Fluthwellen gegen die festen Rindentheile der Erde, die Continente, ausüben, die Rotationsgeschwindigkeit beständig, wenn auch in minimalem Grade, gleichsam bremsen. Die Kraft des Widerstandes, den die Rotation durch die Fluth erfährt, ist von Mayer auf 6000 Millionen Pferdekräfte in jeder Secunde berechnet worden. Die Rotationskraft der Erde, welche freilich so bedeutend ist, daß ein Punkt am Aequator in jeder Secunde 464 Meter zurücklegt, erleidet demnach eine, wenn auch relativ geringe, so doch beständige Einbuße, welche innerhalb langer Zeiten einen berechenbaren Betrag erreichen muß. Da nun

Verlangsamung der Rotation Verlängerung des Tages bedeutet, so muß eine solche stattfinden. Andrerseits wirkt aber eine andere Ursache im entgegengesetzten Sinne: In fortgesetzter Abkühlung gibt die Erde — die eingetretene Erstarrung der Rinde beweist das — an den Raum mehr Wärme ab, als ihr Sonnenwärme zugeführt wird; der Erdball muß demnach immer mehr sich zusammenziehen. Nicht bloß die einfache Fortleitung der inneren Wärme durch die Erstarrungskruste hindurch bedingt eine beständige Verminderung des Wärmefonds der Erde, sondern auch die Wasserschichten, welche mehr als $^2/_3$ der Erdoberfläche bedecken, entziehen der Erde um so mehr Wärme, als der Meeresgrund dem inneren Heerde näher liegt; endlich entweichen auch durch die zahlreichen Vulkane, sowohl im Zustande der Ruhe derselben, als hauptsächlich während der Eruptionen sehr bedeutende Wärmemengen. Die Summe dieser Verluste verträgt sich nicht mit der Annahme der Unveränderlichkeit des Erdvolumens, und die Abkühlung der Erde erscheint groß genug, um — da eine Verkürzung des Durchmessers durch Verringerung des Volumens zunehmende Rotationsgeschwindigkeit bedeutet — bei der Frage nicht mehr vernachlässigt werden zu dürfen, ob eine solche Zunahme stattfindet.

Die Fluth bewirkt demnach eine Verlängerung, die Abkühlung eine Verkürzung des Erdentags; es kann demnach nur eine eventuelle Differenz dieser beiden Wirkungen sich zeigen. So lange die Erde noch eine glühende Kugel war, und auf ihrer ganzen Oberfläche Wärme ausstrahlte, mußte ihr Durchmesser sich ziemlich rasch verkürzt, und ihre Rotationsgeschwindigkeit beständig zugenommen haben. Mit der Erstarrung aber trat diese Beschleunigungsursache mehr und mehr zurück, und der verzögernde Druck der Fluthschwellen erhielt nach einer kurzen Periode des Gleichgewichts der entgegengesetzten Wirkungen, das Uebergewicht, die Umdrehungsgeschwindigkeit nahm ab.

Adams und Delaunay haben in der That gefunden, daß seit 2000 Jahren der Tag um $^1/_{84}$ Sekunde zugenommen hat, was einer Verlängerung des Jahres um 4 Sekunden, des Jahrhunderts um 7 Minuten entspricht.

Die äußerste Wirkung, welche die Fluth auf die Rotationsgeschwindigkeit des Erdballs ausüben könnte, wäre nun derjenigen analog, welche ihrerseits die Erde auf den Mond bereits ausgeübt hat, daß nämlich immer derselbe Oberflächentheil der Erde sich dem Monde zukehren würde, die andere Erdhälfte aber mondlose Nächte hätte; der Erdentag wäre alsdann bis auf die Dauer eines Mondumlaufs, eines Monats, verlängert. Wenn aber seit 2000 Jahren der Tag nur um $^1/_{84}$ Sekunde zugenommen hat, so kann der Betrag einer ganzen Sekunde erst in 168,000 Jahren erreicht werden, jene äußerste Wirkung aber vielleicht niemals eintreten, weil wohl schon früher die Meere von der immer weiter gegen das Centrum erstarrenden Kruste aufgesaugt sein werden.

3. Die Nebularhypothese.

Kant und nach ihm, aber unabhängig von ihm, Laplace sind es gewesen, welche zuerst aus der merkwürdigen Gleichheit in der Richtung der Umlaufs- und Rotationsbewegungen der Planeten und Monde auf den einheitlichen Ursprung des Systems schlossen. Sie legten dieser Uebereinstimmung, sowie der annähernden Kreisform aller Bahnen und der annähernden Congruenz aller Bahnebenen eine Ursache unter, welche in der Entstehung des Sonnensystems alle Glieder desselben gemeinschaftlich umfaßte. Im Gesetze der Schwere kann jene Ursache nicht gesehen werden; denn mit diesem ist jede Richtung in der Umlaufsbewegung und Axendrehung, jede Excentricität und jede Bahnneigung vereinbar, und das Sonnensystem hätte daher, vom Standpunkte der Gravitation aus betrachtet, in Hinsicht dieser drei Punkte ganz willkührlich gestaltet werden

können. Es blieb somit — und so entstand die Nebularhypothese — nur die Annahme übrig, daß die Planeten früher in materiellem Zusammenhange mit der Sonne, die Monde in materiellem Zusammenhange mit ihren Planeten, an den Bewegungen derselben unmittelbaren Antheil, und doch schon in ihren derzeitigen Entfernungen, nahmen. Ein unmittelbarer Zusammenhang der Materie eines Centralkörpers mit der von so weit entfernten Begleitern konnte aber nur statthaben, wenn die Materie des Systems in sehr ausgedehntem Zustande den weiten Raum erfüllte, den die Bahn des äußersten Begleiters begrenzt. Die Materie der Sonne erstreckte sich demnach einst mindestens bis zur Entfernung Neptuns, die der Planeten mindestens bis zu ihren äußersten Monden; die jetzigen Glieder des Sonnensystems sind also nur Verdichtungsproducte aus einer einst sehr ausgedehnten Materie.

Indessen ist streng genommen gerade die Gleichsinnigkeit der Bewegungsrichtung es nicht, woraus auf den einheitlichen Ursprung mit Sicherheit geschlossen werden könnte. Denn Laplace selbst, wie Lagrange und Poisson, haben nachgewiesen, daß die dauernde Erhaltung eines Systems abhängig ist von dieser gleichen Bewegung. Bei verschiedener, theils rechtläufiger, theils rückläufiger, Bewegung würden die Planeten sich gegenseitig der Art stören, wie in Wirklichkeit die zum großen Theile rückläufigen Cometen gestört werden, welche nur vermöge ihrer geringen Massen nicht auch ihrerseits die Planeten zu stören vermögen. In einem Planetensysteme dagegen würden bei verschiedener Bewegungsrichtung die gegenseitigen Störungen bald einen Betrag erreichen, daß der ganze systematische Verband sich wieder auflösen würde, oder daß wenigstens durch locale Katastrophen diejenigen Glieder des Systems beseitigt würden, welche immanente mechanische Widersprüche darin bildeten. In einem solchen Systeme könnten daher durch natürliche Auslese die für den Bestand nothwendige Gleichmäßigkeit der Bewegungs-

richtung erzielt werden, indem die rückläufigen Körper nach kurzem Bestande eliminirt würden. Demnach wäre der systematische Verband von in gleicher Richtung sich bewegenden Körpern denkbar, ohne daß hieraus nothwendig auf einen einheitlichen Ursprung zu schließen wäre.

Wie also im biologischen Processe die Anpassung thierischer Organisationen an ihre Feinde noch keineswegs beweist, daß solche in Beziehung stehenden Thierarten gleichzeitig und für einander geschaffen seien, sondern auch solche Thierarten, welche etwa durch die Zufälle einer Wanderung in Beziehung zu einander geriethen, vor die Alternative der Anpassung oder des Untergangs gestellt, im Verlaufe der Zeit wirklich gegenseitig sich anpaßten, indem diejenigen Individuen, welche dem äußeren Zwange nicht nachzukommen vermochten, einfach ausgemerzt wurden, — so könnte auch in unserem Sonnensysteme, angenommen, es seien die Einzelglieder nur durch zufällige Vereinigung in systematische Verbindung gerathen, die in der gleichsinnigen Bewegungsrichtung liegende Anpassung dadurch erreicht worden sein, daß die Störenfriede ausgeschieden wurden, und nur diejenigen überlebten, welche vermöge gleichsinniger Bewegung bestandesfähig waren.

Durch die Betonung der Möglichkeit eines solchen Processes soll jedoch der einheitliche Ursprung des Sonnensystems, für den ja noch verschiedene andere Gründe sprechen, keineswegs in Frage gestellt werden. —

Wenn die Nebularhypothese richtig ist, dann muß auch ein hoher Grad von stofflicher Verwandtschaft zwischen der Sonne als Mutterkörper, den Planeten als Kindern und den Monden als Enkeln vorhanden sein. Der Nachweis einer solchen Verwandtschaft ist jedoch nur bezüglich der Sonne im Vergleiche zur Erde möglich, indem das Spectrum der Sonne die Anwesenheit irdischer Elemente verräth; die Planeten und Monde dagegen sind nicht selbstleuchtend, und senden uns nur

erborgtes Sonnenlicht zu, so daß wir über die ihnen eigenthümlichen Stoffe nicht unterrichtet sind. Indessen bekunden verschiedene Erscheinungen auch bezüglich dieser eine so große chemische Verwandtschaft mit der Erde, daß sogar relativ unbedeutende Erscheinungen ihnen gemeinsam sind: An der Venus ist das Phänomen der Nordlichter wahrzunehmen, an den Meteoriten beobachtet man magnetische Eigenschaften und ein häufiges Vorkommen von Krystallbildungen; endlich haben diese kleinen kosmischen Körper, die einzigen, die uns direkt zugänglich sind, nicht nur sehr viele Stoffe mit der Erde gemeinsam, sondern ihre innere Struktur verräth sogar, daß ihre chemischen Verbindungen in gleichen geologischen Vorgängen eintraten, wie die der irdischen Gesteine und Metalle.

In so ferne, als aus dem gemeinsamen Ursprunge die chemische Verwandtschaft folgt, nöthigt uns die Nebularhypothese, die innere Entwicklungsgeschichte der Erde als typisch für alle Glieder des Sonnensystems anzusehen, der Art, daß die Größenunterschiede der Gestirne nur Unterschiede der Zeitlängen ergeben, innerhalb welcher sich die im Großen und Ganzen für alle Glieder gleiche Entwicklungsgeschichte vollendet. Die Gestirne gehen aber von nebelartigen Zuständen aus, werden in der Verdichtung leuchtend, geben sodann ihre Wärme an den kalten Raum ab und erstarren. Die Dauer der Leuchtperiode eines Gestirns ist aber abhängig vom Verhältnisse seiner Oberfläche, da diese zugleich die Ausstrahlungsfläche ist, zu seinem kubischen Inhalte, welcher die vorhandene Wärmemenge bestimmt. Kleine Kugeln müssen daher schneller erkalten, nicht nur weil sie geringere Wärmemengen enthalten, sondern auch, weil ihre Oberflächen im Verhältniß zum Inhalt relativ größer sind, als bei größeren Kugeln.

Waren demnach alle Gestirne des Sonnensystems einst in glühendem Zustande, dann müssen sie in der Erstarrung um so weiter vorgeschritten sein, je geringer ihr Volumen ist. In

dieser Hinsicht stimmt es ganz mit der Theorie überein, daß der große Sonnenball noch immer in feurigflüssigem Zustande sich befindet, daß man bei den großen Planeten noch immer Spuren des Selbstleuchtens bemerkt, während die kleineren Planeten erstarrt sind, und der Mond in seiner Erstarrung viel weiter vorgeschritten ist, als die Erde.

Aber die Gleichheit der Entwicklungsgeschichte, aus welcher wir die direkt nicht nachweisbare Gleichheit der Planetenstoffe indirekt nachweisen können, erstreckt sich nicht bloß auf die Erstarrungsvorgänge und die hiemit verbundenen eruptiven und vulkanischen Erscheinungen, die wir aus den Protuberanzen der Sonne erschließen, aus der Geschichte der Erde kennen, aus dem Ansehen der etwa mit 50,000 Kratern bedeckten, uns sichtbaren Mondhälfte erkennen, und welche sich in der Struktur der Meteoriten verrathen; — auch bezüglich der meteorologischen Vorgänge ist große Uebereinstimmung vorhanden, wie die Wolkenbildungen in der Atmosphäre der Venus, die regelmäßigen Strömungen in der Atmosphäre Jupiters und der Wechsel der Jahreszeiten auf Mars anzeigen, der sich kundgibt in den wechselnden Umrissen seiner Schneefelder. —

Wie in der Biologie durch das Aussterben der Mittelformen und das Ueberleben der extremen Endformen, die vermöge besserer Anpassung concurrenzfähiger waren, die Verwandtschaft und der gemeinsame Ursprung der letzteren verschleiert wird, und nur durch das theilweise Auffinden der ausgestorbenen Glieder einiges Licht auf die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten fällt, so würde auch trotz aller physikalischen Widerspruchslosigkeit der Nebularhypothese doch die Entwicklung des Sonnensystems von unbestimmt begrenzter Nebelgestalt zu seiner derzeitigen feinen Gliederung, und der gemeinsame Ursprung der Planeten und Monde verschleiert sein, hätten wir nicht an den kosmischen Nebeln die Repräsentanten früherer Zustände, und könnten wir nicht an ihnen die

Erscheinung der Ringbildung beobachten; insbesondere aber ist es wichtig, daß in unserem Sonnensysteme selbst noch ein Exemplar jener entschwundenen Ringformen sich erhalten hat, gleichsam ein Petrefakt aus längstvergangenen Zeiten. Es sind dieß die Ringe des Saturn, deren Entdeckung für die Astronomie den gleichen Werth hat, wie für die Biologie das Auffinden einer wichtigen Zwischenform. Das Ringsystem des Saturn konnte sich im Gegensatze zu allen übrigen Ringen, aus welchen Planeten und Monde entstanden, wohl nur vermöge seiner großen Rotationsgeschwindigkeit, also Centrifugalkraft, und unter dem Einflusse der zahlreichen äußeren Saturnsmonde erhalten, welche ihn mit auffallender Umlaufsgeschwindigkeit umkreisen, so daß die eintretenden Störungen innerhalb sehr kurzer Zeiten im Sinne gegenseitiger Aufhebung aufeinanderfolgen. Der aus theoretischen und empirischen Gründen gefolgerte Flüssigkeitszustand dieser Ringe bedingt zudem eine stärkere Cohäsion seiner Theile, wodurch an sich schon die Ringmaterie gegen äußere Störungen widerstandsfähiger sein muß.

Der flüssige Aggregatzustand der Ringe setzt voraus, daß in ihrem Saturnabstande die von Saturn ausgestrahlte Wärme nur eine solche Temperatur erzeugt, welche der ursprünglich nebelartigen Ringmaterie gestattete, in den tropfbarflüssigen Zustand überzugehen. Nimmt man nun an, es sei diese Materie Wasser, so stimmt damit sehr gut, daß die Dichtigkeit Saturns als eine geringere, wie die des Wassers, nachgewiesen wurde, wie es seiner höheren Temperatur entspricht; andrerseits aber muß diese Condensationsgrenze bei der fortdauernden Abkühlung Saturns diesem immer mehr sich nähern, so daß auch der, wie es scheint, noch gegenwärtig nebelartige Ring, und überhaupt immer mehr Materie in der Richtung gegen den Planeten, ebenfalls mit der Zeit die flüssige Form annehmen, und die Breite des Ringsystems nach Innen beständig zunehmen würde. Struve hat in der That eine solche Verbreiterung des inneren

Ringes in der Richtung gegen den Planeten wahrgenommen, und Zöllner zieht hieraus die Folgerung, daß vielleicht künftige Generationen jenes Schauspiel beobachten werden, welches sich bei der Berührung des inneren Ringes mit der Saturnskugel ereignen wird. —

Wenn die irdischen Gesetze universaler Natur sind, so muß sich die Gliederung des Sonnensystems durch ein anschauliches Experiment zur Darstellung bringen lassen, soweit die Bedingungen wiedergegeben werden können, unter welchen kosmische Körper im leeren Raume fortschreitend und rotirend sich bewegen. In dieser Hinsicht verdient vorzugsweise der sinnreiche Versuch des Physikers Plateau erwähnt zu werden:

Da Olivenöl weniger dicht ist, als Wasser, aber dichter, als Weingeist, so läßt sich aus Wasser und Weingeist eine Mischung bereiten vom specifischen Gewichte des Olivenöls. Mit einer solchen Mischung wird ein Gefäß mit Glaswänden gefüllt, durch dessen Mitte die vertikale Drehungsaxe einer außerhalb befindlichen Kurbel geht, während im Mittelpunkte des Gefäßes um die Axe eine kleine Metallscheibe angebracht ist. Führt man nun in diese Mischung vorsichtig eine Quantität Olivenöl ein, so wird sie sich an der Metallscheibe anlagern, und wird die Kugelgestalt annehmen, da bei der Gleichheit der specifischen Gewichte die Schwere der Oelmasse aufgehoben, und dieselbe der gleichmäßigen Anziehung ihrer Theile überlassen ist. Bringt man nun die Kurbel in Drehung, so wird sich diese durch die Axe auch der Oelkugel mittheilen, dieselbe wird rotiren, an den Polen sich abplatten und am Aequator anschwellen, kurz die Gestalt eines Sphäroids, bei vermehrter Drehung aber die Linsenform annehmen. Bei noch weiter gesteigerter Drehung aber wird sich ein Ring abtrennen, der die Oelmasse in ihrer Rotationsrichtung umkreist, während diese vorerst wieder in die Kugelform zurückgeht. Die in solcher Weise successive abgetrennten Ringe werden aber in der Reihen-

folge ihrer Entstehung zerreißen, und ihre Masse vereinigt sich zu planetarischen Begleitern, bei welchen der gleiche Vorgang als Mondbildung sich wiederholen würde, wenn nicht die Reibung mit der umgebenden Flüssigkeit das allmählige Aufhören der Rotationsbewegung mit sich brächte. Aber auch noch in der Hinsicht gibt das Experiment den Vorgang wieder, den die Nebularhypothese voraussetzt, daß anfänglich größere Begleiter sich abtrennen, und immer kleinere, je kleiner die restirende Delmasse wird, daß ferner die Rotationsgeschwindigkeiten, wie auch ungefähr die Massen, von der äußeren Grenze des Systems nach Innen abnehmen, während die Umlaufsgeschwindigkeiten bei den inneren Massen sich steigern, daß ferner die Begleiter die gleiche Bewegungsrichtung haben, und ihre Bahnebenen mit der Aequatorebene des Centralkörpers zusammenfallen. —

Die Entwicklungsgeschichte des Sonnensystems ist nicht nur an sich von hohem Interesse, sondern auch in so ferne, als die Universalität der irdischen Gesetze und die spektralanalytisch bewiesene Gleichheit der kosmischen Stoffe uns nöthigen, diese Entwicklung als typisch für alle Fixsterne anzusehen. Im Großen und Ganzen ist diese Entwicklung der Fixsterne schon im „Kreislauf der Welten" gezeichnet worden; aber da diese Gestirne nur in der Sprache des Lichtes zu uns reden, so erzählen sie uns nur diejenigen Kapitel aus dieser wesentlich gleichen Geschichte, welche mit wahrnehmbaren Lichtphänomenen verbunden sind, dagegen ihre schließliche Erkaltung für uns Schweigsamkeit bedeutet.

Ungleich reichhaltiger ist für uns die Geschichte des Sonnensystems; denn indem die Planeten auch nach ihrer Erkaltung noch in reflektirtem Sonnenlichte glänzen, fahren sie fort, zu uns zu reden, und sehen wir daher in der Entwicklung des Sonnensystems eine Fortsetzung der Geschichte der Fixsterne, indem uns gerade jene Periode derselben geoffenbart wird,

welche andernfalls in beständiges Dunkel gehüllt bliebe, weil wir vielleicht für immer darauf verzichten müssen, die Begleiter jener entfernten Sonnen, selbst während der Periode ihres Selbstleuchtens, zu sehen.

Die Fixsterne trennen Planeten ab. Die Theorie nöthigt uns zu dieser Folgerung, da wir wissen, daß Fixsterne, aus rotirenden kosmischen Nebeln entstehend, selbst rotiren müssen; die Erfahrung aber bestätigt diese Folgerung durch das Phänomen der periodischen Veränderlichkeit der Sterne, für welche die Fleckenbildung auf der Oberfläche solcher Gestirne erst dann eine genügende Erklärung bietet, wenn Axendrehung damit verbunden ist, wobei abwechslungsweise leuchtende und dunkle Oberflächentheile sich uns zukehren. Aus der Axendrehung aber folgt wiederum nach mechanischen Gesetzen die Abtrennung von Begleitern.

Es ist bei Besprechung der veränderlichen Sterne bereits erwähnt worden, daß die Mehrzahl derselben durch röthliche Färbung sich bemerklich macht, und daß die Fleckenbildung mit Rothgluth verbunden sein muß. Da indessen nicht in allen Fällen die Veränderlichkeit mit Rothgluth sich verbunden zeigt, so genügt die Fleckenbildung nicht, um alle Erscheinungen der Veränderlichkeit zu erklären, z. B. die kurze Verdunklung Algols und anderer Sterne, die keine rothe Farbe haben. Bei diesen läßt sich der Lichtwechsel wohl nur aus dem Vorübergange dunkler Massen erklären, die in unsere Gesichtslinie fallen, seien es nun Meteorströme, oder Planeten, oder eine dunkle Sonne, womit solche Sterne zu einem Binarsystem verbunden sind.

Endlich geschieht aber — und auch dieses beweist die Existenz von Begleitern der Fixsterne — das Auflodern neuer Sterne bisweilen unter Umständen, welche die Erklärung durch den Einsturz von Hohlräumen ausschließen. Dieß ist z. B. der Fall bei jenem Sterne, der im Mai 1866 im Sternbild der

Krone aufloderte, aber schon vor dieser Katastrophe als Stern von 9. bis 10. Größe bekannt war, demnach noch gar nicht zur Erkaltung gekommen sein konnte. Die ungemein rasche Zunahme seines Lichtes, die langsame und schließlich unregelmäßige Abnahme, das Herabsinken vom Sterne 2. Größe zu 9. Größe innerhalb zweier Monate, die Besonderheit des Spektrums, welches eine glühende Lichtquelle und die Entwicklung hochglühender Gasmassen verrieth, ohne daß doch der Stern vorher zu den dunklen gehörte, — alle diese Umstände vereinigen sich zu der Erklärung, daß der Herabsturz eines Begleiters stattgefunden habe, dessen Umlaufsbewegung, durch den Widerstand des Aethers besiegt, zur centripetalen Bewegung wurde, und im Aufprall in Licht und Wärme sich umsetzte.

Wie Töne auf Schwingungen der Luft beruhen, so das Licht auf Schwingungen des Aethers. So weit also Gestirne uns sichtbar sind, muß auch der Raum erfüllt sein mit der das Sehen vermittelnden Materie. Mag nun auch der Aether im Zustande äußerster Verdünnung sein, so ist er doch als ein widerstehendes Medium für die Bewegung der Gestirne anzusehen; und wie er bereits die Umlaufszeiten des Enke'schen Cometen in so beträchtlicher Weise verkürzt, daß derselbe in relativ naher Zukunft in die Sonne stürzen wird, so muß er auch die Bewegung der Planeten unserer und anderer Sonnen beständig hemmen, d. h. jene Centrifugalkraft allmählig aufzehren, vermöge welcher sie der Anziehungskraft ihrer Sonne widerstehen.

Wenn aber alle Fixsterne Planeten abtrennen, so erweitert sich auch das Phänomen des Lebens zu einem kosmischen Phänomene. Nicht auf den ungezählten, leuchtenden Sonnen kann es sich regen, wohl aber auf ihren Begleitern, wenn dieselben zu entsprechender Abkühlung gelangt sind, und so lange ihnen noch von ihren Sonnen Licht und Wärme gespendet wird. Auf den Fixsternen selbst aber, wenn ihr Licht erloschen ist,

kann das Leben nur durch Wärme erhalten werden. Nur während jener Zeitspanne, in der ihre Oberflächen noch durch die inneren Gluthmassen erwärmt sein werden, wie es einst in der Steinkohlenperiode die Oberfläche der Erde war, können auch auf diesen Sternen Wesen auftreten. Aber gerade auf diesen Sonnen, welche ihren Begleitern den Tag brachten, wird das Leben in beständiger Nacht verfließen.

VI.

Die kosmische Zweckmäßigkeit.

In einer Welt mit erkennenden Wesen muß unter allen Umständen bewundernswerthe Harmonie der Systeme und der Einzelglieder der Systeme anzutreffen sein; denn der biologische Proceß auf den einzelnen Sternen wird ja so lange ausgesetzt, bis jene Harmonie erreicht ist. Erst wenn durch die indirekte Auslese des Zweckmäßigen definitive Zustände geschaffen sind, kann der Proceß der Abkühlung der Gestirne seinen ungestörten Fortgang nehmen, und erst auf einer sehr späten Stufe dieser Abkühlung ist das Entstehen von lebenden und erkennenden Wesen möglich.

Wenn wir uns über die Harmonie des Weltalls verwundern, so setzen wir dabei unbewußt voraus, daß diese Harmonie von vielen möglichen Fällen der auffallendste sei — denn dieß ist der Sinn eines jeden Erstaunens —, daß wir also eben so wohl den Anblick einer in chaotischer Verwirrung befindlichen Welt haben könnten. Aber diese Voraussetzung ist in sich widersprechend; denn erstlich ist die Harmonie eine mittlere Phase einer jeden Entwicklung, und muß unvermeidlich eintreten, weil mit jedem unharmonischen Zustande die indirekte Auslese untrennbar verbunden ist, deren Ergebniß eben das Ueberleben des Zweckmäßigen ist; sodann aber ist die Harmonie,

als Resultat, vom Standpunkte eines erkennenden Wesens nicht unter zahlreichen möglichen Fällen der auffallendste, sondern in der That der einzig mögliche Fall. Wenn eine Welt und ein Auge gleichzeitig sein sollen, so kann es immer nur eine wohlgeordnete Welt sein, weil es in einer ungeordneten überhaupt nicht zu einem Auge käme. Ein Auge wird niemals in eine andere Welt blicken, als welche die ästhetische Bewunderung herausfordert. Aber wenn wir von dieser Bewunderung übergehen zur Verwunderung über das Vorhandensein dieser ästhetischen Pracht und Harmonie, so verwundern wir uns in der That über den einzig möglichen Fall, während doch nur dann, wenn die Möglichkeit mehrerer Fälle gegeben, der auffallendste aber eingetreten wäre, die Befremdung am Platze sein würde. Es ist im Grunde von selbst verständlich, daß im Zustande der Dinge die Bedingung unserer eigenen Existenz sich vorfinden muß, und diese ist eben die Harmonie des Kosmos. Unser Auge ist also einem Spiegel vergleichbar, der erstaunt wäre, daß so hoch entwickelte Geschöpfe, wie die Menschen, sich in ihm beschauen; aber wäre die Natur in ihrem biologischen Entwicklungsgange nicht bis zum Menschen fortgeschritten, so wäre ja kein Artefakt, also er selbst, der Spiegel, nicht vorhanden.

Gleichwohl dürfen wir den hohen Werth dieses geistigen Verhaltens der Menschheit den Erscheinungen des Himmels gegenüber nicht unterschätzen; denn sie ist nur ein Vorläufer jener rein metaphysischen Verwunderung über die Dinge, welche nach Aristoteles der Anfang aller Philosophie ist, und welche, weil sie sich auf das Sein der Dinge bezieht, an Berechtigung auch dann nichts verlieren würde, wenn uns die bestimmte Beschaffenheit der Dinge kein naturwissenschaftliches Räthsel mehr wäre. Der Grad der Befremdung, womit wir in die Welt schauen, bestimmt auch den Trieb, diese Welt zu erklären, und ihre Gesetze zu erforschen; und wenn auch eine hyperbolische

Erklärung darin gesehen werden muß, daß die Menschheit schon für die wahrnehmbare Beschaffenheit der Dinge nur ein transcendentes Princip als adäquate Ursache erkennen wollte — wie dieses der physikotheologische Beweis begrifflich am deutlichsten ausdrückt — so kann doch nur jener Trieb zur Erklärung uns dahin führen, die den Erscheinungen entsprechenden und genügenden Ursachen an Stelle jenes transcendenten Princips zu setzen, und in deutlicher Unterscheidung des naturwissenschaftlichen Interesses von der metaphysischen Verwunderung dem Gefüge dieser Welt nachzuspüren.

Der Begriff der kosmischen Zweckmäßigkeit, der ehedem viel zu weit gefaßt wurde, wird nach Maßgabe unserer besseren Einsicht in die Verhältnisse auf sein berechtigtes Maß zurückgeführt werden, sowohl im Sinne einer quantitativen Einschränkung, als auch einer anderen Fassung des Problems.

Vor Allem ist die Frage zu erledigen, in wie ferne denn der Maßstab der Zweckmäßigkeit überhaupt an die Welt der Gestirne gelegt werden kann und darf, und welcher Standpunkt dabei einzunehmen ist, — eine Frage, die nicht so einfach ist. Wir Menschen freilich, wenn wir die Frage erwägen, ob wir etwa unser Sonnensystem als eine zweckmäßige, oder als eine verfehlte Schöpfung ansehen sollen, sind hiebei naturgemäß geneigt, sofort einen ganz entschiedenen Standpunkt einzunehmen: den anthropocentrischen; d. h. indem wir den Menschen als den Endzweck der Schöpfung ansehen, beurtheilen wir das System, dem wir angehören, in Hinsicht auf seine das Phänomen des Lebens und des Bewußtseins garantirende Anordnung, und so verleitet uns die Thatsache des Lebens auch sofort, die Schöpfung eine zweckmäßige zu nennen. Wir betrachten unter diesem Gesichtspunkte die Sonne als die scheinbar unerschöpfliche Quelle alles Lebens, das sich auf den Planeten regen mag; wir sehen, daß die Erde unter dem Einflusse von Wärme und Licht immer gesteigertere Gestalten hervorrief,

deren Gipfel die Menschheit bildet, und indem wir diese letzterreichte Stufe der Entwicklung für die letzterreichbare, das gegenwärtige Resultat für des Pudels Kern halten, erscheint uns dieser Gang der Dinge als ein zweckmäßiger, und entscheiden wir die Frage im Sinne des Optimismus.

Es handelt sich eben auch hier um das liebe Ich. Die Liebe zum Leben ist es, die uns auf einen Standpunkt der Betrachtung stellt, der zwar durchaus natürlich und psychologisch gerechtfertigt erscheint, aber eben gar nicht objektiv ist. Gerade in der Geschichte der Astronomie ist es sehr lehrreich zu beobachten, wie das Ingrediens des Egoismus auch die Gedanken unseres Geistes beeinflußt, und daß wir es nicht ferne halten können selbst in der Bildung solcher Vorstellungen, bei welchen wir uns doch nur der Absicht bewußt sind, Aufklärung zu erhalten über das Wesen der Dinge. In den historischen Anfängen astronomischer Vorstellungen zeigt sich diese subjektive Färbung sehr stark. Aus der natürlichen, anthropocentrischen Anschauung der Dinge entsprang zunächst die geocentrische Astronomie, welche in der Erde den stereometrischen und moralischen Mittelpunkt des Weltgebäudes erkannte. Der hüpfende Punkt im Weltei: das ist der Mensch; das Centrum der Schöpfung: das ist unser Wohnhaus, die Erde.

So die ptolemäisch-christliche Weltanschauung, die noch immer nicht als überwunden gelten kann. Freilich wurde diese Weltanschauung unterstützt durch den Irrthum unserer Sinne, indem scheinbar die Erde in ewiger Ruhe sich befindet, während das ganze Himmelsgewölbe sich um sie dreht. Die Fixsterne, über deren unermeßliche Zahl kein Teleskop noch Aufschluß ertheilte, stellten sich als leuchtende Punkte dar, die außer der allgemeinen Bewegung des Gewölbes keine Eigenbewegung verriethen, und nichts konnte die Menschen veranlassen, in ihnen Gebilde von gleicher Bedeutung, wie die Sonne, zu erkennen. Die Planeten schienen als Wandelsterne die

äſthetiſche Pracht des Himmels nur noch zu vermehren; Sonne und Mond aber, als die zunächſt auffallenden Erſcheinungen, verriethen ja deutlich genug ihre Beſtimmung, uns Licht und Wärme zu ſpenden, und die Nächte zu erhellen. So verblieben denn nur noch die Cometen zu erklären, die ſich freilich in dieſes Gedankenſyſtem nicht ſo leicht einfügen ließen. Aber man hatte keine Ahnung davon, daß auch dieſe Weltkörper aus ungeheuerer Entfernung noch dem Zuge der Sonne folgen, hielt ſie vielmehr für rein atmoſphäriſche Erſcheinungen; und konnte auch ein Nutzen derſelben, als ſolcher, nicht eingeſehen werden, ſo leiſteten ſie doch in ſo ferne Dienſte, als ſie zukünftige Ereigniſſe verkündeten. Auch ihnen gegenüber beſtanden alſo Verbindlichkeiten, ſo ſchlimme Vorbedeutung man ihnen auch zuſchrieb. Abgeſandte müſſen auch dann reſpektirt werden, wenn ſie eine Kriegserklärung bringen, und die Höflichkeit erfordert, daß immer unterſchieden werde zwiſchen der Botſchaft und dem Boten.

Papſt Calixtus III. freilich dachte nicht ſo, und als 1456 der Halley'ſche Comet wiederkehrte, während eben Mahomed II. Conſtantinopel belagerte, da erreichte die allgemeine Panik einen ſolchen Grad, daß Calixtus ſelbſt beſchloß, den Cometen zu vertreiben. Oeffentliche Gebete wurden angeordnet, und damit Niemand verſäume, ſich daran zu betheiligen, mußte zur Mittagszeit aller Orten mit Glocken geläutet werden, — ein Brauch, den wir bis heute beibehalten haben. Als aber auch dieſes nichts half, vielmehr die Türken und der Comet immer bedrohlicher wurden, da verfluchte ſie Calixtus beide zumal, und letzterer wenigſtens entwich nun in der That, d. h. modern geſprochen, er ſetzte eben ruhig ſeine elliptiſche Wanderung fort.

Die Betrachtung der Dinge vom Nützlichkeitsſtandpunkte verräth ſich alſo noch gar ſehr in dieſem ptolemäiſch-chriſtlichen Syſteme; aber ſie iſt um ſo erklärlicher, als ſie mit der des optiſchen Scheines zuſammenfällt. Dem Weſen nach erinnert

sie noch sehr stark an jene frühesten Anschauungen, da die Menschen den Sternen göttliche Verehrung zollten, das im Osten auftauchende Tagesgestirn mit Freudengeschrei begrüßten, und da sie, wenn der Mond sich verfinsterte, im Glauben, daß er im Rachen eines Ungeheuers verschwinde, durch betäubenden Lärm dasselbe zu verscheuchen suchten. Vermuthlich haben aber ihrerseits die einstigen Bewohner des Mondes die ungleich größere, glanzvolle Scheibe der Erde über ihren Häuptern noch weit inbrünstiger betrachtet, und es hätte nur gefehlt, daß die beiden Gestirne einander näher kamen, so hätten wir die Entdeckung gemacht, daß wir gegenseitig vor einander auf den Knien lagen.

Jene subjektive Weltanschauung, die, als Verquickung ptolemäischer Wissenschaft mit christlicher Mystik, noch in unseren Tagen ihr Dasein fristet, hat freilich schon durch Kopernikus einen tödtlichen Stoß erlitten, wobei unser kleiner Wohnstern gar sehr an Bedeutung verlor, wir Menschen aber eine so entschiedene Degradation erfuhren, daß sich der Widerstand wohl begreifen läßt, den die Kirche den neuen Anschauungen entgegensetzte. Darin glichen sich ja die Bonzen aller Zeiten; sie wollten es nie dulden, daß die „Wunder des Himmels" mit wissenschaftlichem Auge betrachtet würden, daß die Metaphysik durch die Physik Einbuße erleiden sollte. Bei den alten Griechen sogar galt der Versuch für gottlos, die Erscheinungen des Himmels auf unabänderliche Gesetze zurückzuführen, und Anaxagoras war nicht der Einzige, der eine Anklage wegen Gotteslästerung erfuhr, weil er die Persönlichkeit des Sonnengottes leugnete, und in Helios ein Gestirn erkennen wollte, dem er doch bescheidener Weise nur die Größe des Poloponnes zuschrieb.

Triftigere Gründe noch, der Aufklärung der Astronomie sich entgegenzustemmen, hatten die christlichen Bonzen. Wenn die Erde keine Fläche mehr im Centrum des Universums war, wenn der Himmel kein Gewölbe mehr war, über dem Gott

und die Geister thronten, wenn unter der Erde kein Platz für die Hölle sich fand, so mußten dabei die religiösen Vorstellungen entschieden Abbruch erfahren, und hohe Interessen der Kirche geriethen dabei in Gefahr. Zudem waren die neuen Anschauungen ganz unverträglich mit den Lehren der Bibel. Die Erde konnte nicht rund sein, es konnte keine Antipoden geben; denn solche „würden ja am Tage des Gerichts den Herrn nicht sehen, der durch die Wolken herabsteigt." Auch kommen, wie der heilige Augustinus sagt, in der Schrift unter Adams Nachkommen keine Antipoden vor, und, wie der heilige Laktantius versichert, ist es schon aus physikalischen Gründen ungereimt, an Antipoden zu glauben. „Ist es möglich," — so ruft er aus — „daß Menschen thöricht genug sein können, zu glauben, die Spitzen der Bäume kehrten sich auf der anderen Seite der Erde nach unten, und die Füße der Bewohner stünden höher, als ihre Köpfe!"

Es half jedoch nichts, daß Galilei in den Kerker der Inquisition wanderte, daß sein Vertheidiger Campanella sieben Mal die Tortur erlitt, und Bruno den Scheiterhaufen bestieg. Aller Unfehlbarkeit zum Trotze mußte schließlich Benedikt XIV. das Urtheil aufheben, das Urban VIII. über die Lehre des Copernikus ausgesprochen hatte.

Aber so sehr auch diese Lehre eine bescheidenere Auffassung unserer Stellung in der Welt mit sich bringt, sie vermochte es doch nicht, unsere Weltanschauung von allem Subjektivismus zu reinigen. Wir haben uns zwar mit dem Gedanken der Mehrheit bewohnter Welten versöhnt, aber nach wie vor, nennen wir die Anordnung der Schöpfung eine zweckmäßige, weil sie das Phänomen des Lebens auf den Planeten sichert; als den Endzweck desselben betrachten wir aber nur wieder die Entstehung solcher Wesen, die, gleich uns, mit Bewußtsein und Selbstbewußtsein begabt sind. Je mehr aber unsere Einsicht reift, daß alle biologische Entwicklung nach natürlichen Gesetzen

geschieht, und daß in jeder jeweilig erreichten Stufe nur eine natürliche Nothwendigkeit liegt, desto zweifelhafter wird unser Recht, die natürliche Nothwendigkeit als zweckmäßige Anordnung auszulegen. Die Anpassungsvollkommenheit der Organismen berechtigt uns hiezu nicht, weil eben eine solche überall eintreten muß; denn in der Natur ist die Alternative immer so gestellt, daß entweder angepaßte Organismen vorhanden sein müssen, oder gar keine, so daß also das Fehlen von Organismen, wo es den Verhältnissen entspricht, im Grunde ein gleichwerthiger Fall von Zweckmäßigkeit ist. Ebenso wenig berechtigt uns aber die Organisationshöhe, die auf einem Sterne erreicht werden mag, zu optimistischer Beurtheilung des Systems, da jede Organisationshöhe eben doch nur eine relative ist, der Folie niedrigerer Organismen bedarf, und jeder Vergleichungsmaßstab mit höheren Gebilden uns fehlt. Aus den gleichen Gründen berechtigt uns endlich auch die unbestrittene Steigerung im biologischen Processe, und die Idee des historischen Fortschrittes noch zu keinem Optimismus, mögen wir auch die Perspektive einer beständigen Annäherung an hohe, wenn auch ferne, Ziele vor Augen haben. Auch der geschichtliche Fortschritt der Menschheit ist nur anzusehen als ein Anpassungsfall, als gesteigerte Ausnützung der Naturkräfte und Lebensverhältnisse, in geistiger Hinsicht aber als Entwicklung unserer Vorstellungen zur Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit; andere äußere Verhältnisse aber würden eine vielleicht durchaus andere, alsdann aber eben so zweckvoll erscheinende Entwicklung bestimmt haben. Es ist eine durchaus subjektive Betrachtung der Dinge, eine einfache Verwechslung von Ursache und Wirkung, wenn wir das Resultat einer Entwicklung als den Zweck derselben ansehen, und es ist nur logische Consequenz, wenn wir von diesem unberechtigten Standpunkte der Betrachtung aus zu der Behauptung getrieben werden, es sei der Materie die Elektricität mit Rücksicht auf telegraphische Kurs-

berichte verliehen worden, und dem Dampfe die Expansion mit Rücksicht auf unsere Rundreisebillete.

In der kritischen Beurtheilung der Schöpfung handelt es sich nicht um das Warum des Seins aller Dinge; die Frage jenes indischen Königs: „Warum ist überhaupt Etwas, und nicht Nichts?" ist eine antwortlose Frage. Sodann aber handelt es sich auch nicht um die Zustände auf den Oberflächen der Gestirne und die Beschaffenheit ihrer Lebensgebilde. Kurz in der Frage nach der Zweckmäßigkeit der Schöpfung dürfen wir uns überhaupt nicht auf den biologischen, sondern müssen uns auf den astronomischen Standpunkt stellen. Nur als mechanisches Kunstwerk darf das Weltall beurtheilt werden; erst im Munde des Mechanikers lautet die Frage nach der Zweckmäßigkeit des Kosmos berechtigt. Nicht danach dürfen wir fragen, welche Lebens- und Geistesvorgänge durch die Beschaffenheit etwa unseres Sonnensystems gesichert seien, ob etwa die Planeten bewohnbar seien, oder nicht, sondern ob das System selbst, als Mechanismus, gesichert sei, ob es in Bezug auf Massenvertheilung und die Bewegung der Gestirne einer kunstreichen Maschine zu vergleichen sei, oder nicht. Denn angenommen, es sei die mechanische Zweckmäßigkeit des Kosmos wirklich nur das Mittel, dessen sich die Natur bediene, die biologische Entwicklung mit beständiger Steigerung des Bewußtseins der lebenden Wesen zu ermöglichen, diese aber wiederum ziele auf einen höheren Endzweck hin, so genügt doch die Kenntniß der Mittel durchaus nicht für eine kritische Beurtheilung der Schöpfung. Da uns dieser eventuelle Endzweck der Schöpfung ewig verschlossen bleibt, so können wir ihn weder gut, noch verwerflich nennen, ja es läßt sich ein Urtheil nicht einmal darüber abgeben, ob diese Mittel dem Endzwecke entsprechend sind, oder nicht. Angenommen aber selbst, es seien dieselben als zweckentsprechend durchaus der Bewunderung werth, so berechtigt doch keine noch so hohe Zweckmäßigkeit der Mittel zum Opti-

mismus, der vielmehr allein abgeleitet werden könnte aus der Weisheit und Moralität des Endzweckes.

Das Sonnensystem vom Standpunkte der Bewohnbarkeit dürfte leicht die Kritik des Pessimisten herausfordern, und verräth keineswegs jene ideale Anordnung, die ihm als Mechanismus eigen ist. Aber daß wir auch gar nicht berechtigt sind, uns bezüglich der Zweckmäßigkeit auf den biologischen Standpunkt zu stellen, drückt sich schon äußerlich durch das Mißverhältniß der kosmischen und biologischen Zeitlängen aus, indem die Planeten während der ganzen Dauer ihres Bestehens als Theile des Mechanismus in Betracht kommen müssen, während die biologischen Vorgänge nur eine kurze Spanne dieser Zeit ausfüllen, erst beginnen können nach eingetretener Rindenbildung, und enden müssen, wenn das Herz des Systems, die Sonne, aufgehört haben wird, zu pulsiren, und Wärme und Licht zu entsenden. Denn nicht nur alle vitalen Vorgänge auf der Erde, sondern jede, sei es auch nur mechanische, Bewegung überhaupt auf ihr, läßt sich auf Sonnenwärme als letzte Ursache zurückführen; sogar Ebbe und Fluth, welche durch die Anziehungskraft des Mondes herbeigeführt werden, müssen doch aufhören, wenn nach der Erkaltung der Sonne unsere Oceane in starre Eismassen verwandelt sein werden.

In solcher Weise ist also die aufgeworfene Frage, in wie ferne und von welchem Standpunkte aus der Maßstab der Zweckmäßigkeit an den Kosmos gelegt werden kann und darf, präcise dahin beantwortet, daß nur der Mechanismus als solcher kritisch zu beurtheilen ist, ohne alle Rücksicht auf die sekundären Vorgänge, deren Schauplatz die Oberflächen der Gestirne sein mögen.

Für die positive Beantwortung der Frage, ob diese mechanische Zweckmäßigkeit im Kosmos vorliegt, und welche natürlichen Gesetze sie bedingen, sind wir zunächst auf unser eigenes Sonnensystem verwiesen, und erfordert dasselbe eine eingehendere

Untersuchung. Im Allgemeinen aber lehrt schon der Augenschein, daß der ganze weite Complex der Fixsterne und Nebelflecke, die sich nach dem irdischen Gesetze der Schwere bewegen, im Zustande der Harmonie sich befindet, die hier nur in so ferne näher betrachtet werden mag, als in der Region der Fixsterne Erscheinungen sich finden, welche von denen unseres Systems mehr oder weniger abweichen.

In den Regionen des Himmels wechseln sternarme Gegenden mit solchen ab, welche dicht mit Sternen besät sind. Unsere Sonne steht in einem fast kugelförmigen Sternhaufen, der an 100 Millionen Sterne zählen mag, und dessen Aequatorebene mit der Ebene der Milchstraße zusammenfällt, die nach keiner Seite scharf begrenzt erscheint, sondern allmählig sich in den Himmelsraum verliert. Innerhalb ihres Sternhaufens nimmt die Sonne eine relativ verödete Gegend ein, und befindet sich — von ihrem systematischen Verbande mit allen übrigen Gestirnen ihres Sternhaufens abgesehen — in dem durchaus nicht allgemein gültigen Falle, ein isolirtes, für sich bestehendes System zu sein, das mit keinem Fixsterne zu einem Binarsysteme, noch mit mehreren solchen zu einem Gruppensysteme verbunden ist. Im Grunde freilich sind solche Verhältnisse auch bei isolirten Sonnen gegeben, in so ferne dieselben Begleiter haben. Wenn wir die Erde in ihrem Verhältnisse zum Monde betrachten, so denken wir gemeiniglich die Erde als Anziehungspunkt, und den Mond diesem Zuge gemäß sie umkreisend. Da jedoch in Wirklichkeit nicht nur die Erde den Mond, sondern dieser auch seinerseits die Erde anzieht, wie es die Erscheinung der Fluth beweist, so folgt daraus, daß wir es hier im Grunde mit einem kleinen Binarsysteme zu thun haben, dessen gemeinschaftlicher Schwerpunkt nicht mit dem Centrum des Erdballs zusammenfällt, sondern etwas abseits davon, in der Richtung gegen den Mond, liegt. Die größere Anziehungskraft geht von der Erde aus, der gemeinschaftliche Schwerpunkt liegt daher

noch innerhalb des Erdballs, doch näher seiner Oberfläche, als seiner Mitte; er ist 81 Mal weiter vom Centrum des Mondes entfernt, als von dem der Erde.

In gleicher Weise kann die Erde in ihrem Verhältnisse zur Sonne als ein Binarsystem angesehen werden, dessen gemeinschaftlicher Schwerpunkt nicht mit dem stereometrischen Mittelpunkte der Sonne zusammenfällt, sondern etwas näher der Erde, jedoch dem Mittelpunkte der Sonne weit näher liegt, als ihrer Oberfläche, entsprechend ihrer weitaus überwiegenden Anziehungskraft.

Sonne und Planeten im Vereine wiederum bilden ein Gruppensystem, dessen gemeinschaftlicher Schwerpunkt gleichwohl nur wenig und nicht immer außerhalb des Sonnenballs fällt, da die gesammte Anziehungskraft der rings vertheilten, daher nicht in gleicher Richtung anziehenden Planeten, nicht hinreicht, ihn weiter zu verrücken.

In der Fixsternenwelt sind es aber häufig zwei oder mehrere Sonnen, welche zu Binar- und Gruppensystemen zusammentreten. Es sind dieses die doppelten und mehrfachen Sterne. Ja es gibt Doppelsterne, welche wiederum um andere Doppelsterne kreisen. Alle diese Erscheinungen, bei welchen die Bewegungen ebenfalls nach dem Gesetze der Schwere geschehen, beweisen, daß in einem kosmischen Nebel die einzelnen Ballen sich nicht nach bestimmter Schablone, sondern in sehr unregelmäßiger Weise scheiden, auch nicht nach feststehenden Normen in systematische Ordnung treten, sondern daß sie eben den allererſten Gleichgewichtszustand, der sich ihnen bietet, festhalten. Auch versteht sich dieses im Grunde ganz von selbst. Alle Gesetzlichkeit wäre umgestoßen, wollten wir annehmen, daß ein gefundener Gleichgewichtszustand nicht bewahrt werden, ohne natürliche Ursache aufgegeben, und ein anderer erstrebt werden sollte, für den gar keine materielle Nöthigung vorhanden wäre. Die Natur wirkt überall nur gesetzmäßig; weder läßt sich die

Uebereinstimmung der Erscheinungen erklären aus pedantischem Festhalten an einer Schablone, noch ihre Verschiedenheiten aus Sucht nach Abwechslung und Spielerei. Zudem beweisen die Gleichheit der kosmischen Stoffe und die Universalität der irdischen Gesetze hinlänglich, in wie enge Grenzen die Verschiedenheit aller kosmischen Erscheinungen eingeschlossen ist, und daß, wenigstens in Hinsicht des mechanischen Kosmos, die Phantasie einen sehr geringen Spielraum hat.

Die Zweckmäßigkeit ist in allen Gebieten der Natur nicht anders zu fassen, als im Sinne der Fähigkeit, sich das Dasein zu erhalten, oder — soweit es sich um Veränderungen handelt — zu erleichtern, mag es sich nun um eine Lebenserscheinung handeln, oder um den Mechanismus eines Systems von Gestirnen. Aber die Fähigkeit solcher Mechanismen, sich zu erhalten, beruht lediglich darauf, daß sie einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt gewinnen, und zwar in Abständen von demselben, in welchen die, je nach der Entfernung veränderliche, Schwerkraft von der, je nach der Bewegungsgeschwindigkeit größeren oder geringeren, Centrifugalkraft gerade ausgeglichen wird. Mag nun dieser Schwerpunkt als realer Körper gleichsam eine monarchische Verfassung repräsentiren, wie im Sonnensysteme, oder als lediglich virtueller Schwerpunkt eine republikanische Ordnung, wie bei den Binar- und Gruppensystemen, für den Bestand der Systeme ist beides gleich zweckmäßig, und nur um den Gleichgewichtszustand, ob mit oder ohne Centralkörper, handelt es sich. Aber auch Veränderungen in der Gruppirung und Bewegung der Glieder eines Systems können immer nur eintreten, wenn mechanische Widersprüche sich einstellen, und können immer nur auf Beseitigung mechanischer Unzweckmäßigkeit abzielen, nicht etwa auf Beseitigung solcher Configurationen, die etwa vom Standpunkte der Symetrie oder Aesthetik sich tadeln ließen.

Die Vorstellung lediglich virtueller Schwerpunkte bietet

keine Schwierigkeit. Schon hinsichtlich des Sonnensystems ist erwähnt worden, daß die Planeten den Schwerpunkt oft über die Peripherie der Sonne hinaus verrücken, d. h. zu einem virtuellen machen, wie denn auch beim Probleme des Kräfteparallelogramms die diagonaliter wirkende Kraft, auf welcher alle Bewegungen der Gestirne beruhen, lediglich eine virtuelle Kraft ist.

Die Masse der Sonne ist etwa 1000 Mal größer, als die ihrer gesammten Begleiter; dagegen ist beispielsweise Sirius auf etwa 13, sein von ihm 740 Millionen Meilen entfernter Begleiter auf etwa 6 Sonnenmassen berechnet worden. Da somit der Unterschied der Massen, also auch der Anziehungskräfte, bei Doppelsternen viel geringer ist, als bei Systemen mit einem großen Centralkörper und kleinen Begleitern, so folgt daraus, daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt von Doppelsternen nicht in einem derselben, sondern zwischen beiden liegt, d. h. beständig virtuell bleibt.

Bei den meisten dreifachen Sternen scheint eine Centralsonne vorhanden zu sein, um welche die beiden anderen Sonnen als Doppelsterne sich bewegen, — ein Verhältniß, wie es zwischen Sonne, Mond und Erde besteht. Doch ist auch hier und bei Gruppensystemen, in welchen nicht bloß 3, sondern häufig 7 und 9 und wohl noch mehr Sonnen vereinigt sind, der Schwerpunkt wohl immer nur als virtuell zu nehmen, und nicht an ein Ueberwiegen eines Centralkörpers im Sinne des Sonnensystems zu denken; — denn Sonnen, deren Begleiter von planetarischer Masse sich noch im Zustande des Leuchtens befinden, dürften aus Fixsternweite wohl niemals als doppelte und mehrfache Sterne sich darstellen.

Es ist einleuchtend, daß die Bewegungen der Planeten in doppelten und mehrfachen Systemen äußerst verwickelter Natur sein müssen, und keineswegs erschöpft werden durch die uns bekannten Bewegungen in Kreisen, Ellipsen, Parabeln und Hyperbeln, so daß es der mathematischen Analysis unmöglich

wäre, auch nur annähernd solche Bewegungen zu bestimmen. Nicht nur in einer und derselben Ebene sind unendlich viele andere krumme Linien noch möglich, sondern auch förmliche Schraubenlinien und Spiralen, von welchen kein Theil mit dem nächstfolgenden in der gleichen Ebene liegt. Wenn wir unserem, einer isolirten Sonne zugehörigen Planetensysteme eine große Anzahl von Combinationen ersinnen könnten, die eben so zweckmäßig wären, als die gegebene, so muß dagegen der Mechanismus der Planetensysteme von doppelten und mehrfachen Sternen viel verwickelter, die Anzahl der möglichen Combinationen eine geringere sein; wir müssen daher auch annehmen, daß in dem Processe, durch welchen der Mechanismus solcher Systeme und ihrer Begleiter hergestellt wurde, das Princip der indirekten Auslese viel energischer gewirkt haben muß, und es ist wohl die Annahme kaum gewagt, daß nur eine geringe Anzahl der von solchen combinirten Sonnen abgetrennten Planeten überleben konnte, daß also solche Systeme sehr arm an Begleitern sein werden, — eine Annahme, welche zwar derjenigen Teleologie nicht ungemäß ist, welche lediglich die mechanische Zweckmäßigkeit des Kosmos betont, wohl aber gar sehr jener Teleologie widerspricht, welche den Accent auf die biologischen Vorgänge legt.

Was nun das Verhältniß der kosmischen Zweckmäßigkeit zum Kreislauf der Welten betrifft, so ist sie lediglich die zeitlich beschränkte mittlere Phase dieses Kreislaufes, der mit Katastrophen eingeleitet wird, wenn im Chaos der kosmischen Nebel die erste Scheidung noch unharmonisch gruppirter Nebelballen eingetreten ist, und mit Katastrophen endet, wenn die Planeten mit ihren respektiven Sonnen sich vereinigen, und endlich die Sternhaufen in Nebelflecke zurückverwandelt werden. So lange wir die Harmonie für den ursprünglichen Zustand der Dinge hielten, konnte dieselbe nicht anders, als durch direkte Auslese des Zweckmäßigen erklärt werden, und daraus ergab sich von

selbst in Hinsicht der Schöpfungsursache eine hyperbolische Erklärung, wenngleich, streng genommen, selbst aus einer ursprünglichen Harmonie nur der Schluß auf einen Weltenbaumeister, aber keineswegs der auf einen Weltenschöpfer sich logisch rechtfertigen läßt. Anders aber gestaltet sich die Sache, wenn wir auch hier das Princip der Entwicklung festhalten, das, wie in allen Naturgebieten, so auch hier mit der Sonderung des Gleichartigen beginnt, die Ausgleichung und schließlich die Auflösung mit sich bringt. In den kosmischen Nebeln, von welchen wir ausgehen müssen, weil sie die einfachste Form sind, in der kosmische Materie sich darstellt, mußte nothwendig Sonderung eintreten, weil weder absolute Gleichförmigkeit der Zusammensetzung ihrer Materie, noch absolut sphärische Gestalt derselben, noch endlich absolute Gleichförmigkeit der Beziehungen zu den außerhalb befindlichen Kräften vorhanden sein konnte, woraus ein stabiles Gleichgewicht sich hätte ergeben können. Diese Sonderung mußte von einer stets wachsenden Differenzirung und Unregelmäßigkeiten begleitet sein; aber die Differenzirung konnte nicht als solche schon den Zustand der Harmonie herbeiführen, sondern erst der Kampf ums Dasein, der in der kosmischen Entwicklung mit der Waffe der Anziehungskraft geführt wird, während die Anpassung an die Gravitation, als Vertilgungsfaktor, in der Bewegungsrichtung und ausgleichenden centrifugalen Kraft der Gestirne liegt. Mit jedem Kampf ums Dasein ist aber untrennbar die Auslese verbunden, welche naturgemäß nur eine indirekte Auslese des Zweckmäßigen sein kann. So sehen wir am Himmel neben scharf getrennten Nebelballen auch solche, welche sich durch ein Nebelband noch verbunden zeigen, dessen Materie entweder von den Concurrenten aufgesogen wird, oder durch welches der an Anziehungskraft mächtigere Nebel den geringeren absorbiren wird. Wieder in anderen Regionen ist auch dieser Proceß überwunden; der kleinere Gegner ist bereits aufgezehrt, aber noch schleppt der Sieger einen Nebel-

schweif, als letzte Spur des stattgehabten Kampfes, hinter sich her.

Die Ausgleichung der Kräfte bringt also nothwendig in jeder kosmischen Entwicklung die Phase der Harmonie mit sich, weil jeder chaotische und mechanisch unzweckmäßige Zustand seiner Natur nach unhaltbar ist, während dem Zweckmäßigen, als solchem, Langlebigkeit zukommt. Aber wie die Sonderung und Ausgleichung nur Folgerungen sind aus dem Grundaxiom des Fortbestehens der Kraft, so auch die schließliche Auflösung. Auch die Phase der Harmonie kann keine ewige sein, und in der ganzen Weite der Schöpfung herrscht das Gesetz der Vergänglichkeit so unerbittlich, wie auf dem Sterne, den wir bewohnen. So gewiß unser Sonnensystem und der ganze Sternhaufen, dem es zugehört, einen Anfang in der Zeit genommen haben, so gewiß werden dieselben auch ein Ende in der Zeit finden. Die Sternschnuppe, welche wir leuchtend gegen die Erde stürzen sehen, sie kündigt uns das Schicksal an, dem auch die größeren Weltkörper entgegen gehen. Es ist kein Unterschied im Wesen der Sache, ob ein Meteorit gegen einen Planeten, oder ein Planet gegen die Sonne stürzt. Wenn wir nach Analogie der in unserem Sonnensysteme gegebenen Verhältnisse schließen dürfen, so wird allerdings der biologische Proceß längst sein Ende erreicht haben, wenn in einem Systeme die Phase der Auflösung seinen Beginn nimmt, und nur mehr an die todten Massen der Weltkörper wird die Schlußkatastrophe herantreten; denn in der Temperaturerniedrigung der Sonne werden wohl innerhalb kürzerer Zeiten wahrnehmbare Veränderungen eintreten, als in den Bahnelementen der Planeten. Indessen berechtigt uns nichts, die in unserem Systeme gegebenen Verhältnisse zu verallgemeinern. Das Uebergreifen der biologischen Phase in die solcher Katastrophen, welche durch innere Revolutionen herbeigeführt werden, und das Auflodern längst erkalteter Sterne nach sich ziehen, ist nicht einmal in unserem

eigenen Systeme undenkbar; es würde darin nur eine relativ geringe Steigerung solcher Vorgänge liegen, welche innerhalb historischer Zeiten sich ereignet haben. Aber auch für den vollständigen Untergang eines bewohnten Sternes ist eine absolute Unmöglichkeit nicht zu behaupten. Nicht die Größe einer Sache entscheidet über ihr Wesen; es sind aber die gleichen Gesetze, welche die irdischen und kosmischen Vorgänge regeln, und im Wesen der Sache ist es kein Unterschied, ob ein Blüthenkelch, in dem das Insekt nach Honig sucht, dem Winde preisgegeben, ins Wasser geweht wird, oder ob ein bewohnter Weltkörper gegen sein Anziehungscentrum stürzt.

VII.

Zweckmäßigkeit und Unzweckmäßigkeit im Sonnensysteme.

1. Der Mechanismus der Planeten.

Das friedliche Zusammenleben von Weltkörpern, die um ein gemeinschaftliches Anziehungscentrum kreisen, ist in erster Linie abhängig von der zweckmäßigen Massenvertheilung. Vor Allem muß der Centralkörper groß genug sein, um sein zahlreiches Gefolge an sich zu ketten. Da wir nun in unserem Systeme außer den 8 großen Planeten und 162 Asteroiden noch zahlreiche Monde und eine ungeheuere Anzahl von Cometen haben, und noch zahlreiche Meteoritenschwärme das Sonnensystem durchziehen, so ergibt sich schon hieraus, daß die Masse der Sonne eine sehr bedeutende sein muß. Jupiter übertrifft die Masse der Erde 340, Saturn 102, Uranus 14 Mal; die Sonne aber hat das Gewicht von 355,000 Erdmassen.

In einem anderen Verhältnisse stehen die Volumina dieser Gestirne zu einander; ihr kubischer Inhalt ist abhängig von der Dichtigkeit ihrer Materie. Da Jupiter an Masse 340 Mal, an Volumen aber 1491 Mal die Erde übertrifft, so muß er weit weniger dicht sein, als sie. Saturn hat den 772fachen, Uranus den 86fachen Inhalt der Erdkugel. Das Volumen

der Sonne aber verhält sich zu dem der Erde, wie 1409725 : 1. Der Durchmesser der Sonne beträgt etwa 190,000 Meilen. Denkt man sich die Erde im Mittelpunkte derselben, so würde unser Mond doch noch fast gleich weit von diesem, wie von der Oberfläche der Sonne, entfernt stehen. Als ein Ball von dieser ungeheueren Größe, im höchsten Stadium der Gluth befindlich, und umfluthet von ihrer durch die heftigsten Orkane bewegten glühenden Wasserstoffatmosphäre: so rollt die Sonne, indem sie ihr zahlreiches Gefolge nach sich zieht, durch den Raum.

Wie die Planeten vermöge der überwiegenden Anziehungskraft der Sonne in Abhängigkeit von derselben verbleiben, so sind die Monde an ihre respektiven Planeten gekettet. Die Erde übertrifft 80 Mal die Masse ihres Trabanten, Jupiter überwiegt 6000 Mal die Masse seiner 4 Monde.

Die Planeten und Monde widerstehen dem mächtigen Zuge ihrer Centralkörper vermöge ihrer Fliehkraft, die, wenn allein wirkend, in der Richtung der Tangente ihrer Bahnen sie fortführen würde, und daher auch Tangentialkraft genannt wird. Nur ein Planet, bei welchem Schwerkraft und Tangentialkraft sich gerade ausgleichen, kann die Sonne in einem sich gleich bleibenden Abstande umkreisen; jedes Ueberwiegen der Schwerkraft würde seine Vereinigung mit der Sonne, jedes Ueberwiegen der Tangentialkraft seine Entfernung aus dem Systeme herbeiführen. Könnten wir einem geworfenen Steine eine Wurfkraft ertheilen, welche seine Schwerkraft ausgliche, so würde er seine Anfangsgeschwindigkeit dem Gesetze der Trägheit gemäß beibehalten, und — wenn wir von dem Widerstande der Atmosphäre absehen — als Planet die Erde umkreisen. Die Schwerkraft eines Körpers hängt aber nicht nur von seiner Masse, sondern auch von seinem Abstande vom Anziehungscentrum ab, sie nimmt mit der Annäherung zu, mit der Entfernung ab. Da nun die Planeten verschiedene Abstände haben, so würden dieselben selbst bei gleichen Massen verschiedene Beträge von

Tangentialkraft haben müssen, um der Anziehung der Sonne zu widerstehen, und in ihrer Bahn sich erhalten zu können, und zwar um so größere Beträge, je näher sie der Sonne stünden. Nehmen wir also den Betrag der Tangentialkraft der Planeten als gegeben und feststehend an, so gibt es für jeden nur eine einzige Stelle, wo sie seiner Schwerkraft das Gleichgewicht hält. Der Betrag an Tangentialkraft drückt sich aber in der Bewegungsgeschwindigkeit aus; Masse, Sonnenabstand und Bewegungsgeschwindigkeit stehen daher in genau abgewogenem Verhältnisse zu einander. Die inneren Planeten bedürfen einer größeren Tangentialgeschwindigkeit, als die äußeren großen Planeten; denn letztere haben vermöge größerer Abstände ein relativ geringeres Gewicht, erstere aber, obwohl von geringerer Masse, sind, als dem Anziehungscentrum näher stehend, doch relativ schwerer. Der Abstand eines Planeten von der Sonne würde sich aber nur in der Kreisbahn gleich bleiben, in der Ellipse ist der Abstand, also auch die Schwerkraft, veränderlich; demgemäß sehen wir auch die Planeten nach dem zweiten Kepler'schen Gesetze um so schneller sich bewegen, je mehr sie sich dem Perihelium nähern, um so langsamer, je mehr sie sich davon entfernen. In ihrem geringsten Sonnenabstande ist ihre Schwerkraft, aber auch ihre Tangentialgeschwindigkeit die größte; im größten Sonnenabstande verlieren sie an Gewicht, und ihre Geschwindigkeit ist die kleinste. Man ersieht daraus, daß das Newton'sche Gravitationsgesetz implicite schon in Kepplers Entdeckung lag.

Es zeigt sich in dieser Weise, daß das Problem der Massenvertheilung der Glieder eines Systems ein sehr complicirtes ist, und daß nur ein solches System bestandesfähig ist, dessen Begleiter eine unveränderliche mittlere Entfernung vom Centralkörper besitzen. Aber auch noch einer anderen Bedingung muß ein bestandesfähiges System Genüge leisten. Da nämlich die Planeten nicht nur von der Sonne angezogen werden, sondern auch gegenseitig sich anziehen, so muß die Massenvertheilung

eine solche sein, daß auch die gegenseitige Anziehung an den mittleren Entfernungen nichts ändert. Endlich ist auch noch das erforderlich, daß die Bahnen der Begleiter sich nicht kreuzen. Aber auch diese beiden Anforderungen finden wir im Mechanismus des Planetensystems gewahrt.

Wenn nun unter dem Gesichtspunkte des Bisherigen die Frage nach der Zweckmäßigkeit des Sonnensystems erörtert wird, so kommen wir zu dem Schlusse, daß der Mechanismus desselben außerordentlich zweckmäßig ist. Zwar hat die moderne Wissenschaft den Nachweis geführt, daß der ganze Weltraum mit einem widerstehenden Medium erfüllt ist, so daß also die mittleren Entfernungen der Planeten vom Standpunkte kosmischer Zeitlängen nicht mehr als unveränderliche Größen angesehen werden können, sondern alle Sterne, wenn auch innerhalb unvorstellbarer Zeiten, mit ihrem Anziehungscentrum sich vereinigen müssen; aber dieser Nachweis berechtigt uns keineswegs, unsere Frage kurzweg in pessimistischem Sinne zu beantworten. Der Werth einer Maschine ist ganz unabhängig von der Unmöglichkeit eines perpetuum mobile, und in der kritischen Beurtheilung unseres Sonnensystems ist lediglich nach dem Mangel oder Vorhandensein innerer mechanischer Widersprüche zu fragen. Der kosmische Aether mag uns hindern, die Ewigkeit des Sonnensystems auszusprechen; aber er hindert nicht, daß dieses System während seiner langen Lebensdauer den höchstmöglichen Grad von Zweckmäßigkeit erreichen mag.

Ist der Mechanismus des Sonnensystems ein zweckmäßiger, und, wenn ja, ist seine mechanische Widerspruchslosigkeit eine vollkommene, oder nicht? Nur darum handelt es sich. Je nach dem Ausfalle der Antwort wird aber auch die Ursache charakterisirt sein, durch welche das Sonnensystem hervorgerufen wurde.

Wenn wir vorerst von den Cometen, Asteroiden und Meteoriten absehen, so läßt sich der Mechanismus des Sonnensystems mit einem Kunstwerke hohen Ranges vergleichen. Der

große Feuerball der Sonne, als Gravitationscentrum, schreitet im Raume fort; um ihn sind die Planeten mit ihren Monden ohne Unterlaß in wirbelnder Bewegung, und je eingehender ihre Bewegungsgesetze erforscht werden, desto mehr offenbart sich ihre Zweckmäßigkeit. Die entfernteren Planetenbahnen schließen die der Sonne näher gelegenen nahezu concentrisch ein, und alle liegen fast in der gleichen Ebene. Obwohl ferner die Materie aller dieser Weltkörper mit der Eigenschaft der Schwere behaftet ist, und dieselben nicht nur gegen die Sonne, sondern auch gegen einander gravitiren, und gegenseitige Störungen, d. h. Abweichungen von der regelmäßigen Bahn hervorrufen, gleichen sich doch diese Störungen immer wieder aus. Die periodischen Störungen sowohl, welche nur den Ort der Planeten auf ihrer Bahn betreffen, also die Bewegungsgeschwindigkeit beeinflussen, als auch die säkularen Störungen, welche die Bahn selbst verändern, also eine förmliche Umwälzung herbeiführen würden, wenn sie in der Wiederholung sich summirten, schwanken beide nur innerhalb enger Grenzen auf und ab, sie wachsen nicht in der gleichen Richtung an. Das ganze Sonnensystem ist wiederum von den nächsten Fixsternen durch so weite Zwischenräume getrennt, daß es als von diesen isolirt betrachtet werden kann.

Eine hohe Zweckmäßigkeit ist auch bezüglich der Bahnformen zu bemerken. Alle Planeten bewegen sich in Ellipsen; aber die Excentricität dieser Ellipsen, d. h. der Betrag, in welchem dieselben von der Kreisbahn abweichen, ist nicht bei allen gleich. Große Massen würden bei großer Excentricität wegen ihrer bedeutenden Anziehungskraft Störungen verursachen, welche die Stabilität des Systems unbedingt gefährden würden. Hätte z. B. Jupiter die Excentricität der Pallas, so würde er den inneren Planeten näher kommen und dieselben in einer Weise stören, daß sie, je nachdem hiedurch ihre Schwerkraft oder Centrifugalkraft vermehrt würde, entweder in die Sonne

stürzen, oder immer weiter sich von ihr entfernen würden; denn Jupiter übertrifft 3 Mal die Masse der übrigen Planeten zusammen genommen. Anders bei kleinen Massen: Solche könnten beträchtliche Excentricitäten besitzen, ohne doch bei ihrer geringen Anziehungskraft bedeutende Störungen zu verursachen.

In der That ist nun im Planetensysteme die Anordnung getroffen, daß große Massen geringe, kleine Massen große Excentricitäten besitzen. An sich betrachtet müssen sehr excentrische Bahnen, da sie zu bedeutenden Störungen Anlaß geben können, als gefahrdrohend angesehen werden, und finden wir im Sonnensysteme alle Bahnarten vertreten, von den fast kreisförmigen an bis zu den ovalen und endlich den langgestreckten Ellipsen; aber auf den ersteren sind die Körper von großen Massen einzutragen, auf den letzteren die von geringster Masse. Merkur und Mars sind die kleinsten der 8 Hauptplaneten, und besitzen die größte Excentricität. Auffallender noch ist der Zusammenhang zwischen kleinen Massen und großen Excentricitäten bei den Asteroiden, noch mehr aber bei den Cometen. So werden also die an sich gefahrdrohenden Bahnen von ungefährlichen, weil geringmassigen Körpern beschritten, die normalen, gefahrlosen Bahnen aber von großmassigen. Gefährliche Bahnelemente und materielle Gefährlichkeit der auf ihnen wandelnden Gestirne schließen sich gegenseitig aus. Was materiell gefährlich ist, bewegt sich gefahrlos; was dagegen gefährlich sich bewegt, ist materiell gefahrlos. Aber es liegt in der Natur der Dinge, daß in jedem kosmischen Entwicklungsprocesse solche Zustände mit der Zeit sich einstellen müssen. Jeder unzweckmäßige Zustand ist ein unhaltbarer Zustand, in welchen sofort die indirekte Auslese eingreift. Wenn also in einem früheren Stadium materielle Gefährlichkeit und gefährliche Bahnelemente sich nicht ausschlossen, so konnte sich ein solcher Zustand nicht lange erhalten. Ohne Zweifel waren im Beginne der Entwicklung solche Verhältnisse mehrfach gegeben, und die Perturbationen

der damals sehr zahlreichen Planeten mußten sehr bedeutend gewesen sein. Aber die gestörten Planeten mußten unvermeidlich entweder zu Grunde gehen, oder wenigstens in andere Bahnen gerückt werden. Jede dieser sich zahlreich wiederholenden Eventualitäten kam aber nur wieder einem Schritte weiter zur harmonischen Gestaltung des Systems gleich; jede beseitigte wiederum einen unzweckmäßigen Fall, und eine Chance mehr für die Zweckmäßigkeit des Systems war damit erreicht. Schließlich aber, wenn vielleicht nach mehrfachen Umwälzungen, und nachdem zahlreiche Planeten von der Sonne wieder aufgesogen, oder in langgestreckte Bahnen geworfen — auf welchen sie sich, wie wir später sehen werden, in Cometen und Meteoritenschwärme verwandelten —, oder endlich ganz aus dem Sonnensysteme gedrängt waren, nachdem also durch weite Abstände und zweckmäßige Massenvertheilung die Bedingungen des Bestandes erreicht waren, konnten die überlebenden Planeten — und dieses waren ohne Zweifel die größten, während die kleineren, weil auf Störungen am empfindlichsten reagirend, ausgeschieden wurden — sich ungestört weiter entwickeln, und Zustände konnten sich auf ihren Oberflächen einstellen, wobei vielleicht die Entstehung lebender Wesen möglich war. Solche Wesen müssen daher den zweckmäßigen Zustand des Systems immer bereits vorfinden, der ihre Bewunderung nur darum erregt, weil sie von den früheren Stadien nichts wissen, und das Resultat derselben, den zweckmäßigen Zustand, für den von jeher bestandenen halten, wobei sie folgerichtig die allmählig geschehene indirekte Auslese durch eine Einmal geschehene direkte Auslese ersetzen. Es ist aber an der genügenden Tragweite des natürlichen Erklärungsprincips um so weniger zu zweifeln, als die empirisch gegebene Anordnung keineswegs als die einzig mögliche angesehen werden darf, sondern auch in anderer Massenvertheilung ein System von gleicher Bestandesfähigkeit sich herstellen ließe.

Der hohe Grad mechanischer Zweckmäßigkeit unseres Systems kann nur angesehen werden als das Resultat eines sehr langen Entwicklungsprocesses; je vollkommener eine Anpassung gegeben ist, desto länger muß das die indirekte Auslese des Zweckmäßigen besorgende Princip in Thätigkeit gewesen sein. Daraus allein schon geht hervor, daß wir unserem Systeme ein sehr hohes Alter zuzuschreiben haben, — ein Schluß, den auch die später zu erörtenden wahrnehmbaren Anzeichen des Verfalls bestätigen. —

Würde die Anziehungskraft lediglich der Sonne zukommen, und wäre sie nicht eine allgemeine Eigenschaft der Materie, so würde das Sonnensystem anders geordnet sein, als es ist. Es würden die Planeten in Kreisbahnen sich um die Sonne bewegen, und ihre Bahnen würden in derselben Ebene liegen, durch welche wir uns die Sonne am Aequator durchschnitten denken können. Das Sonnensystem würde sich daher auf einem Blatte Papier planimetrisch darstellen lassen. Aber die Schwerkraft wirkt auch zwischen den Planeten unter sich, und daraus resultiren verschiedene Unregelmäßigkeiten: Die Planeten bewegen sich in kurzen Ellipsen von verschiedener Excentricität, in deren einem gemeinschaftlichen Brennpunkte die Sonne liegt; ihre Bahnen liegen ferner nicht in der äquatorealen Ebene der Sonne, sondern sind gegen diese sowohl, wie gegen einander etwas geneigt. Diese Unregelmäßigkeiten schwanken endlich beständig, wenn auch nur innerhalb enger Grenzen, auf und ab. So läßt sich also das Sonnensystem nicht planimetrisch, sondern nur stereometrisch darstellen.

Die Gesetze Kepplers entsprechen den Bewegungen der Planeten, wie sie wären, wenn die Anziehung der Sonne allein sie bestimmen würde, und daraus allein schon, daß Keppler diese Gesetze entdecken konnte, ergibt sich, daß die Abweichungen nur gering sein können. Gegenüber dem mächtigen Zuge der Sonne, dem die Planeten gehorchen, kommt ihre gegenseitige

Anziehung um so weniger in Betracht, als dieselben von sehr geringer Masse sind, während ihre gegenseitigen Abstände relativ sehr groß sind; da nun gegen einander gravitirende Körper im geraden Verhältnisse ihrer Massen, aber im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung sich anziehen, so können sich die Planeten nur in geringem Grade von der regelmäßigen Bahn gegenseitig abziehen.

Die bedeutendste säkulare Aenderung, welche das gegenseitige Gravitiren der Planeten hervorruft, besteht darin, daß die Planetenbahnen um die Sonne sich drehen, d. h. daß die großen Axen der Ellipsen nicht immer die gleiche Richtung beibehalten, sondern mit jedem Umlauf die Lage ändern, so daß sie, im Brennpunkte der Ellipse gleichsam festgenagelt, allmählig um denselben herumgeführt werden. Diese Bewegung ist übrigens so langsam, daß bei keinem Planeten weniger, als 20,000 Jahre erforderlich sind, um den ganzen Umkreis einmal zu vollenden.

Die Excentricitäten der Planetenbahnen sind veränderlich, nähern sich der Kreisform, und entfernen sich wieder von derselben; die Neigungen der Planetenbahnen gegen die Ebene der Erdbahn — Ekliptik — wachsen und nehmen ab; die Knoten, d. h. die Punkte, in welchen die Planeten die Erdbahn aufsteigend und absteigend durchschneiden, sind beweglich, und die Linie, welche den aufsteigenden Knoten mit dem absteigenden verbindet, wechselt langsam ihre Lage. Als Newton diese Folgen der gegenseitigen Einwirkung der Planeten auf einander erkannte, wurde er zweifelhaft darüber, ob unser System die Bedingungen einer ewigen Dauer in sich enthalte; erst Laplace hat gefunden, daß Ein Element von diesen Störungen unberührt bleibt: die großen Axen der Bahnen und die nach dem dritten Gesetze Kepplers damit zusammenhängenden Umlaufszeiten der Planeten unterliegen nur geringen periodischen Aenderungen, ihre mittleren Werthe können daher als constante Größen betrachtet werden.

Die Störungen gleichen sich also immer wieder aus, und das Sonnensystem oscillirt nur um einen mittleren Zustand.

Eine andere Besorgniß wurde hervorgerufen, als Halley erkannte, daß in der Bewegung Jupiters eine beständige Verlangsamung, bei Saturn eine beständige Beschleunigung stattfinde. Laplace erkannte aber, daß auch diese Störung in eine Periode von 930 Jahren eingeschlossen sei. Seit dem Jahre 1562 wird die Bewegung Jupiters verlangsamt, die Saturns beschleunigt, und so fort bis zum Jahre 2027, von dem ab das Gegentheil eintreten und bis 2492 andauern wird, worauf der Cyklus von Neuem beginnt. Fände ein beständiges Anwachsen dieser Störung statt, so würden die großen Axen dieser Planetenbahnen verkürzt, beziehungsweise verlängert werden, d. h. der eine würde schließlich in die Sonne stürzen, der andere unser System verlassen.

Der Grund dieser auffallenden Störung liegt darin, daß die Umlaufszeiten dieser beiden Planeten sehr nahe in einem rationalen Verhältnisse stehen, d. h. welches sich durch zwei ganze Zahlen ausdrücken läßt. Jupiter umkreist die Sonne in $4332\frac{3}{5}$, Saturn in $10759\frac{1}{5}$ Tagen; die Umlaufszeiten verhalten sich demnach nahezu wie 2 : 5, oder genauer, wie 29 : 72. Ebenso verhalten sich die Umlaufszeiten der Erde und Venus nahezu wie 13 : 8, und hieraus entspringt eine Störung, die sich innerhalb 239 Jahren ausgleicht; die Umlaufszeiten der Erde und Merkurs verhalten sich nahezu, wie 1 : 4, und es entspringt daraus eine Störung von 7jähriger Periode. Stünden aber die Geschwindigkeiten, womit diese Planeten umlaufen, in einem commensurabeln Verhältnisse, d. h. ließen sie sich genau durch ganze Zahlen ausdrücken, so würden gewisse Lagen dieser Weltkörper zu einander nahe in der gleichen Art einander folgen müssen, die daraus sich ergebenden Störungen würden daher sich nicht periodisch ausgleichen, sondern im gleichen Sinne stetig anwachsen, und die Harmonie des Sonnen-

systems würde zerstört, indem der eine der in solcher Beziehung stehenden Planeten sich mit der Sonne vereinigen, der andere aus dem Systeme ausgeschieden werden würde.

Es gilt aber diese Incommensurabilität der Umlaufszeiten für alle Körper unseres Systems, es gibt nicht zwei Planeten, deren Umlaufszeiten sich genau wie ganze Zahlen verhalten; auf diesem numerischen Verhältnisse, dessen Einfachheit der Einrichtung einen beinahe zufälligen Charakter gibt, beruht es, daß die aus dem gegenseitigen Gravitiren der Planeten entspringenden Störungen in der Wiederkehr sich nicht stetig summiren, sondern innerhalb verschiedener Perioden sich immer wieder ausgleichen. Es ergibt sich daraus, daß, wenn bei der Bildung des Sonnensystems ein Planet abgetrennt wurde, der mit einem der früheren eine rationale Umlaufszeit besaß, diese beiden Körper durch Wiedervereinigung mit der Sonne, beziehungsweise Entfernung von derselben, eliminirt werden mußten.

Die Theorie von Kant und Laplace erklärt nur, daß ein kosmischer Urstoff sich in einen Centralkörper und eine Anzahl von Begleitern sondern muß, welche in Bezug auf Kugelform, Rotation, Umlaufsbewegung, Form und Lage der Bahnen ganz oder nahe übereinstimmen; aber sie erklärt nicht die hohe mechanische Zweckmäßigkeit unseres Systems, nicht die Eigenthümlichkeiten der Planeten in Bezug auf Größe, Geschwindigkeit, Entfernung, Lage und Gestalt der Bahn, nicht die Elemente, auf welchen die Stabilität des Systems beruht, und welche keineswegs abgeleitet werden können aus den Eigenschaften der kosmischen Urmaterie. So wenig die Anpassung der Organismen sich erklärt aus den Eigenschaften der organisirten Materie, so wenig die gegenseitige Anpassung der Glieder unseres Systems aus den Eigenschaften der kosmischen Materie. In beiden Fällen ist die Zweckmäßigkeit nur zu begreifen als das Resultat jener indirekten Auslese, die mit jeder Entwicklung untrennbar verbunden ist, und unfehlbar das Zweckmäßige

erzielen muß. Die kosmische vis medicatrix, das Naturheilverfahren, welches im Universum waltet, führt nothwendig dahin, alle inneren Widersprüche zu eliminiren, und den Zustand minimaler Reibung herzustellen.

2. Die Asteroiden.

Wenn der Mechanismus der Planeten sich mit einem Kunstwerke hohen Ranges vergleichen läßt, so ist doch die Frage, ob das ganze Sonnensystem einen widerspruchslosen Mechanismus bilde, unbedingt zu verneinen.

In der Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Sonnensystems hat sich keine Gelegenheit gefunden, die Asteroiden, Cometen und Meteoriten organisch in dieselbe einzufügen, und es ist sehr merkwürdig, daß gerade diese Erscheinungen es sind, welche nun zur Sprache kommen müssen, da es sich um die Unzweckmäßigkeit im Sonnensysteme handelt. Da sich nicht annehmen läßt, daß gerade diese Weltkörper dem im ganzen Universum waltenden Princip der indirekten Auslese des Zweckmäßigen nicht unterworfen gewesen seien — im Verhalten der Cometen tritt vielmehr dieses Princip am deutlichsten zu Tage —, so müssen in der Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Sonnensystems entweder wesentliche Vorgänge übersehen worden sein, nämlich jene, welche den Asteroiden, Cometen und Meteoriten ihr Dasein gaben, oder es ist zu folgern, daß diese Erscheinungen nicht in den Beginn dieser Entwicklungsgeschichte fallen, sondern einem späteren Stadium angehören. Würde man sich über diese Alternative immer klar gewesen sein, so wäre wohl weniger Scharfsinn auf Hypothesen verwendet worden, welche das gleichzeitige Entstehen der Planeten und dieser exceptionellen Weltkörper zu erklären versuchten, da sich doch die letzteren als Resultate einer weit vorgerückten Entwicklung ungezwungen einreihen lassen.

In so ferne, als diese Weltkörper sich darstellen werden als die ersten Anzeichen des beginnenden Verfalls unseres Systems, gehört ihre Behandlung dem Kapitel über die Zukunft des Sonnensystems an; aber so weit es sich nicht um ihre physikalische Beschaffenheit, sondern um ihren Mechanismus handelt, müssen sie schon hier zur Sprache kommen.

Intra Martem et Iovem interposui planetam — sagte Keppler lakonisch, der in der auffallenden Lücke im Sonnensysteme, zwischen Mars und Jupiter, einen Planeten vermuthete, der noch nicht entdeckt sei. Durch die spätere Entdeckung der Asteroiden wurde diese Vermuthung Kepplers zum Theile bestätigt, und stellte es sich dabei zugleich heraus, warum erst die Zeit der besseren Fernrohre diese Bestätigung bringen konnte. Es ist nämlich nicht Ein großer Planet in dieser Lücke gefunden worden, sondern ein ganzer Schwarm von Miniaturwelten, deren wir heute schon 162 kennen, und die wegen ihres geringen Volumens und geringer Lichtstärke sich so lange der Beobachtung entzogen. Ceres, der größte dieser Sterne, hat einen Durchmesser von 46 Meilen, während Clio — ein Duodezstaat unter den Gestirnen — kaum 4 Meilen Durchmesser hat.

Hievon abgesehen erregte es aber noch die besondere Aufmerksamkeit der Astronomen, daß ihre Bahnen sehr excentrisch und stark gegen einander geneigt sind, und daß sie sich nicht gegenseitig einschließen, wie die der übrigen Planeten, sondern verschlingen. Es ist zwar nicht ein gemeinsamer Kreuzungspunkt derselben vorhanden, wohl aber eine Region des Stelldicheins, in welcher die Bahnreife gleichsam durch einen Ring zusammengehalten werden, nach dessen Beseitigung sie auseinanderfallen würden.

Da sich nicht leugnen läßt, daß in solchen Bahnelementen die Möglichkeit von Collisionen liegt, so drängt sich zunächst die Frage auf, wodurch dieser mechanisch unzweckmäßige Zustand sich erhalten konnte. Man könnte nämlich geneigt sein, darin

nur einen Rest von Unzweckmäßigkeit zu sehen, der sich aus den chaotischen Anfangszuständen des Sonnensystems erhalten habe, und dessen Beseitigung durch Katastrophen, oder Bahnveränderungen, der weiteren Entwicklung vorbehalten sei. Indessen erkennt man leicht, daß dieser Gegensatz zur Harmonie des übrigen Planetensystems auf anderen Ursachen beruhen muß:

Die Harmonie der großen Planeten beruht zunächst darauf, daß ihre Bahnen sich nicht schneiden, sondern einschließen; sodann aber darauf, daß sie durch Räume von einander getrennt sind, gegen welche gehalten die von den Planeten selbst eingenommenen Räume fast verschwinden, daß sie also bei relativ sehr geringen Massen sehr weit von einander entfernt sind, daher nur sehr geringe gegenseitige Anziehung entwickeln können. So kommen z. B. die uns nächsten Planeten, Mars und Venus, sich nie näher, als etwa 13 Millionen Meilen. Zwischen ihnen schwebt die Erde. Trägt man nun den Erddurchmesser von 1719 Meilen auf einer Linie von 13 Millionen Meilen auf, so schrumpft dieser Durchmesser gleichsam zu einem Punkte zusammen.

Den Asteroiden nun ist zwar ebenfalls ein Tummelplatz von so außerordentlicher Ausdehnung angewiesen — der Durchmesser der Asteroidenzone beträgt 40 Millionen Meilen —, daß sie darin gleichsam zu Atomen zusammenschrumpfen; aber wenn auch zugegeben werden muß, daß bei solchem Mißverhältnisse zwischen der Kleinheit dieser Sterne und andrerseits der Größe ihrer Bahnreife und ihrer gegenseitigen Abstände die Gefahr einer Collision trotz der verschlungenen Bahnen ungemein gering ist, so ist doch die Sicherheit keine absolute, und muß innerhalb kosmischer Zeitlängen ein Zusammenstoß sogar nothwendig stattfinden. Es liegen somit die Verhältnisse für die Asteroiden jedenfalls ungünstiger, als für die Planeten, und wenn daher das Princip der indirekten Auslese des Zweckmäßigen für beide Arten von Gestirnen gleich lang

gewirkt haben sollte, so hätte es bei den Asteroiden die mechanischen Widersprüche schon früher beseitigen müssen. Umgekehrt müssen wir also folgern: da sich in der Zone der Asteroiden die mechanische Zweckmäßigkeit noch nicht eingestellt hat, trotzdem dort die Störungen, welche dem Princip der indirekten Auslese des Zweckmäßigen die Gelegenheit geben, seine Thätigkeit zu entfalten, zahlreicher eintreten müssen, als bei den Planeten, so können die Asteroiden diesem Princip nicht so lange ausgesetzt sein, als die Planeten; sie können daher auch nicht von gleichem Alter mit letzteren sein, die Asteroiden sind jüngeren Datums und können erst im Verlaufe der Entwicklung entstanden sein. Wir werden später auf anderem Wege zum gleichen Schlusse gelangen.

Von allen planetarischen Begleitern der Sonne besitzen die Asteroiden die größten Excentricitäten und Neigungen ihrer Bahnen; aber bei der Kleinheit ihrer Massen, und daher ihrer Anziehungskräfte, liegt in diesen Beträgen, die allerdings von Seite eines großen Planeten unerträglich wären, keine Gefahr für das System. Dagegen sind die Asteroiden selbst bedeutenden Störungen durch Mars und Jupiter ausgesetzt, zwischen welchen sie sich bewegen. Bei den sehr ungleichen Massen dieser beiden Planeten sind aber auch ihre Anziehungskräfte sehr verschieden; die Zweckmäßigkeit erfordert also auch eine große Verschiedenheit der Abstände, wodurch die Asteroiden einerseits von Mars, andrerseits von Jupiter getrennt sind. In der That ist nun die äußere Grenze der Asteroidenzone 3 Mal weiter von Jupiter entfernt, als die innere von Mars abliegt. Im Marsabstande würde Jupiter unerträglich sein, dahingegen der kleine Mars, trotzdem er den Asteroiden viel näher steht, sie nicht bedroht.

Es muß aber nach beiden Richtungen gegen diese Planeten eine Grenzlinie gegeben sein, welche zu überschreiten den Asteroiden nicht gestattet sein kann, und jenseits welcher auch keine sich finden können, weil solche, welche etwa jenseits vorhanden

waren, sich nicht erhalten konnten und längst beseitigt worden wären. Es ist nun sehr merkwürdig, daß diese Grenzlinie, diesseits, wie jenseits, von den Asteroiden nicht überschritten wird, daß sie aber bis dicht an diese Grenze gefunden werden. Ja, genau genommen, befinden sich die äußersten und die innersten Asteroiden in solcher Annäherung zu Jupiter und Mars, daß sie sich der störenden Anziehung derselben nur vermöge des Gegengewichtes entziehen, das ihnen der Schwarm ihrer Gefährten bietet. Es kann aber um so weniger daran gezweifelt werden, daß auch hier die indirekte Auslese gewaltet hat, und diese Zweckmäßigkeit nur durch Selbstzerstörung des Unzweckmäßigen erzielt worden ist, als die Asteroiden Bruchstücke eines Weltkörpers sind, bei dessen Zerstückelung die Fragmente ohne Berücksichtigung jener Sicherheitslinie verstreut worden sein mußten.

Wenn wir den Mechanismus der Asteroiden mit dem der Planeten vergleichen, so ergibt sich, daß wir bezüglich der Zweckmäßigkeit im Sonnensysteme eine Unterscheidung zu treffen haben. Wenn verschiedene Mechanismen gleich gut den gleichen Zweck erfüllen, so gibt man doch dem einfachsten den Vorzug. So unterscheiden sich die jetzigen Dampfmaschinen und Uhren vortheilhaft von jenen früherer Tage, wie denn überhaupt Maschinen und Theorien immer einfacher werden. Es läßt sich daher von einer relativen Unzweckmäßigkeit reden, die nur darin bestünde, daß der gegebene Zweck nicht in möglichst einfacher Weise, sondern gleichsam auf Umwegen, erreicht wird; mag auch die gegenseitige Uebereinstimmung der Maschinentheile eine vollkommene sein, so kann doch der Mechanismus unnöthig complicirt sein, und gewisse Theile können überflüssig erscheinen, zwar nicht der Art, daß sie sich unbeschadet der Thätigkeit der Maschine herausnehmen ließen, aber doch in so ferne, als sie bei geeigneter Abänderung anderer Theile entbehrlich wären. Von dieser relativen Unzweckmäßigkeit, die in

der gegebenen Einschränkung als Zwecklosigkeit benannt werden kann, ist jene Unzweckmäßigkeit, wobei ein Glied des Systems mit einem realen Widerspruche in Ansehung des Ganzen behaftet ist, als Zweckwidrigkeit zu unterscheiden.

Beide Arten von Unzweckmäßigkeit sind im Sonnensysteme gegeben.

Da wir die Gesetze genau kennen, wodurch sich das Planetensystem erhält, so könnten wir, wären uns die einzelnen Glieder desselben als Maschinentheile gegeben, nicht nur den systematischen Verband derselben wieder herstellen, sondern wir könnten sogar mit der gleichen Anzahl von Himmelskörpern ein eben so haltbares System ersinnen, in welchem die gegenseitigen Störungen auf ein geringeres Maß reducirt wären. Freilich könnte diese Aufgabe nicht gelöst werden durch einseitige Abänderung eines einzelnen derjenigen Faktoren, auf welchen die Bestandesfähigkeit des Systems beruht, sondern nur durch entsprechende Abänderung auch der übrigen Faktoren, da die Massen, Abstände und Geschwindigkeiten der Planeten in genau abgewogenem Verhältnisse zu einander stehen. In so ferne also ist der Mechanismus der Planeten nicht von der möglichsten Einfachheit. Wenn aber bei Maschinen, welche wir herstellen, die Anforderung größtmöglicher Einfachheit allerdings berechtigt ist, weil sie minimale Reibung der Maschinentheile und geringste Einfachheit des Materials bedeutet, so ist doch an kosmische Systeme in so ferne ein anderer Maßstab zu legen, als in den gegenseitigen Störungen weder Reibung, noch Abnützung liegt, und die Erhaltung des Systems gleich gut und gleich lang gewahrt ist, mögen die Störungen groß oder gering sein, in längeren, oder kürzeren Perioden sich ausgleichen, wenn sie sich nur überhaupt ausgleichen. Eine größere Einfachheit des Systems würde daher nur als ästhetische Anforderung berechtigt sein, während doch die kritische Beurtheilung nur vom mechanischen Standpunkte ausgehen darf. Von diesem Standpunkte

aus aber ergibt sich, daß die Planeten niemals collidiren können, weil sie fast in der gleichen Ebene nahezu concentrische Kreise beschreiben, und alle ihre gegenseitigen Störungen sich ausgleichen.

Im Mechanismus der Asteroiden dagegen liegt reale Unzweckmäßigkeit vor; nicht nur in jedem gegebenen Durchschnittspunkte zweier Bahnen liegt eine solche, sondern schon in jeder Annäherung, die bedeutend genug ist, Störungen hervorzurufen, die sich nicht ausgleichen. Wenn sich nun auch die Asteroiden solchen gegenseitigen Störungen dadurch entziehen, daß sie in der weiten Zone, die ihnen angewiesen ist, sich wie Atome verlieren, so müssen doch vom Standpunkte kosmischer Zeitlängen partielle Katastrophen als unvermeidlich erscheinen. So würde auch — um auf einen früheren Vergleich zurückzukommen — selbst bei einem sehr verschlungenen Ballet eine Collision von Tänzerinnen in absehbarer Zeit nicht eintreten, wenn ihnen als Tanzplatz etwa die ganze Sahara angewiesen wäre, eine absolute Sicherheit aber gleichwohl nicht vorhanden sein.

Es widerstrebt freilich unseren intellektuellen Gewohnheiten sehr, an Unzweckmäßigkeiten, oder gar Katastrophen im Weltall zu denken; wir sind nur zu sehr geneigt, die ästhetische Pracht des Himmels, die doch über den Mechanismus desselben gar nichts aussagt, im Sinne einer tadellosen Anordnung der Systeme auszulegen. Aber die Asteroiden sowohl, wie die Cometen, belehren uns, daß das Sonnensystem mit mechanischen Widersprüchen behaftet ist, und gerade der, später zu erörternde, Ursprung dieser Weltkörper wird uns aufs Neue zeigen, daß die Harmonie nur eine Phase der kosmischen Entwicklung ist, daß aber, wie im Beginne des Processes die Verwirrung vorhanden war, so schließlich die Auflösung eintreten wird.

3. Die Cometen.

In Bezug auf die Frage, ob die zweckmäßige Gestaltung

des Sonnensystems das Resultat natürlicher Ursachen sein kann, oder nicht, sind die Cometen viel interessanter und lehrreicher, als die Planeten; denn im Planetensysteme herrschen constante Verhältnisse, die Anpassung ist bereits vollendet und conservativ, während die Cometen, indem sie aus allen Himmelsgegenden und unter sehr verschiedenen Neigungen ihrer Bahnen in das Sonnensystem eindringen, mancherlei Störungen erleiden, und zu häufigem Wechsel ihrer Bahnen genöthigt sind. Da nun bei der indirekten Auslese das Zweckmäßige sich nur einstellen kann im Verlaufe eines langen Entwicklungsprocesses, so müssen wir untersuchen, ob die Vorgänge bei den Cometen eine Tendenz nach einem solchen Ziele verrathen, ob die Bahnveränderungen nach dem Gravitationsgesetze geschehen, und ob sie nach der Richtung des Zweckmäßigen ausschlagen. Stellt es sich alsdann heraus, daß die Cometen in einem Processe progressiver Anpassung begriffen sind, die, wenn vollendet, zur conservativen werden wird, so können wir mit Recht folgern, daß auch der conservativen Anpassung der Planeten eine progressive vorhergegangen sein muß, daß also die natürlichen Gesetze für die Entstehung des Zweckmäßigen zulänglich sind.

Vor 2000 Jahren schrieb Seneca, es werde der Tag kommen, an welchem der Lauf der Cometen bekannt und eben so unter Gesetze gebracht sein werde, wie der der Planeten; ja die Erkenntniß, daß die Cometen dem Sonnensysteme angehörige Sterne seien, ist noch viel älter, und findet sich schon bei den alten Chinesen, während man in Europa für das Auftauchen eines Haarsternes erst dann eine befriedigende Erklärung gefunden zu haben meinte, wenn man etwa erfuhr, daß irgendwo Pest oder Hungersnoth ausgebrochen sei. Ja, als im Jahre 1538 dem Erscheinen eines Cometen ein solches Unglück nicht folgen wollte, gerieth man in große Unruhe, die sich erst bei der Nachricht wieder legte, daß in einem Dorfe bei Rom ein zweiköpfiges Kalb zur Welt gekommen sei. Man hielt die

Cometen — und selbst Keppler war noch dieser Anschauung — für ephemere, atmosphärische Erscheinungen, welche zu registriren folgerichtig für unnöthig gehalten wurde.

Die Aufgabe, auch die Bewegungsgesetze der Cometen zu erforschen, ist von der Wissenschaft längst in Angriff genommen; aber sie ist ungleich schwieriger, als die Erforschung planetarischer Bewegungen. Abgesehen davon, daß die Cometen vermöge ihrer überwiegenden Mehrzahl als das eigentliche Volk des Sonnensystems anzusehen sind, stellen sie auch die Bahnelemente in stark vergrößertem Maßstabe dar, und sind unter sich bezüglich der Excentricitäten und Neigungen der Bahnen wieder sehr verschieden, indem sie theils in geschlossenen Ellipsen einhergehen, theils in Parabeln und Hyperbeln, bei welchen eine Wiederkehr nicht stattfindet, endlich aber auch sehr verschiedene Bahnebenen haben, im Unterschiede von den Planeten, welche nahezu in der gleichen Ebene wandeln. Auch die Störungen erreichen bei den Cometen sehr bedeutende Beträge. Jene Störungen, welche lediglich die Geschwindigkeit des Umlaufs betreffen, also eine Verzögerung oder Beschleunigung derselben bewirken, und den Ort bestimmen, den der Planet jeweilig auf seiner Bahn einnimmt, sind bei den Planeten nur periodisch, und die Umlaufszeiten werden dadurch höchstens um Stunden geändert; bei den Cometen dagegen kann die Differenz Jahrhunderte betragen. Die säkularen Störungen, welche die Bahn selbst betreffen, finden im Planetensysteme gleichfalls nur in geringem Grade statt, die Excentricitäten und Neigungen schwanken nur innerhalb enger Grenzen auf und ab; Cometenbahnen dagegen können ganz und gar umgestaltet werden, ja werden oft aus geschlossenen in offene verwandelt, so daß solche Cometen aus unserem Systeme entweichen. Diese Unterschiede sind aber gleichwohl nur quantitativer Art, und beruhen auf der mangelhaften Anpassung der Cometen an die harmonisch gestaltete Planetenwelt. Es ist hauptsächlich Jupiter, der ver-

möge seiner großen Masse die vorübergehenden Cometen beträchtlich stört; aber auch von Seite der kleineren Planeten können die Cometen, nach Maßgabe ihrer Annäherung, zu bedeutenden Abweichungen genöthigt werden.

Endlich ist auch noch der Einfluß der Fixsterne auf diejenigen Cometen zu erwähnen, welche in sehr excentrischen Bahnen beträchtliche Sonnenfernen erreichen, und dabei der Fixsternregion etwas näher rücken. Wenn z. B. der Comet von 1811 sich auf 8700 Millionen Meilen, also 14 Mal weiter, als Neptun, der Comet von 1680 auf 17,000 Millionen Meilen, also 28 Mal weiter, als Neptun, sich von der Sonne entfernt, so läßt dieses mit Bestimmtheit auf Störungen schließen, welche sie in der Sonnenferne durch benachbarte Fixsterne erleiden, und wären nicht bei Umlaufszeiten von 3000—9000 Jahren die Gelegenheiten zur Beobachtung so selten, so ließe sich hoffen, daß der Betrag solcher Störungen uns Aufschluß ertheilen würde über die Lage und Größe solcher Fixsterne. Es kommt hiebei hauptsächlich der Stern Wega, α Lyrae, in Betracht, der so excentrisch sich bewegende Cometen in ihrem Aphelio stören könnte, besonders, wenn er — wie es sein hoher Glanz vermuthen läßt — die Masse der Sonne vielfach übertreffen würde. Da solche Cometen in so ungeheuerer Sonnenferne sich zudem mit fast ermatteter Tangentialgeschwindigkeit bewegen, also solchen Störungen unverhältnißmäßig lange ausgesetzt bleiben, und ihre Schwerkraft auf ein Minimum reducirt ist, so könnte die Einwirkung der Fixsterne unter Umständen sogar einen Systemwechsel solcher Cometen herbeiführen.

Daß nun alle Bewegungen der Cometen nach dem Gesetze der Gravitation geschehen, erhellt nicht nur aus der Möglichkeit, den Grad solcher Störungen zu berechnen, den die Planeten vermöge ihrer bekannten Massen auf dieselben ausüben müssen, sondern schon aus der Form der Cometenbahnen. Die höhere Mathematik beweist nämlich, daß nach dem Gravitationsgesetze

die Bahnen der um die Sonne laufenden Weltkörper Kegelschnitte sein müssen, d. h. solche krumme Linien, welche beim Durchschneiden eines Kegels mit einer Ebene entstehen, nämlich: Kreis, Ellipse, Parabel oder Hyperbel.

Errichtet man über dem Mittelpunkte eines horizontalen Kreises eine Gerade, und führt eine vom obersten Punkte derselben nach einem Punkte der Peripherie gehende andere Gerade um die ganze Peripherie herum, so beschreibt diese zweite, bewegliche, Gerade eine Figur, die man Kegel nennt, und wovon die ersterwähnte Gerade die Axe, ihr oberster Punkt Scheitel genannt wird. Wenn nun der Kegel durch eine Ebene prarallel seiner Grundfläche, also senkrecht zur Axe, durchschnitten wird, so bildet die Schnittfläche einen Kreis, dessen Durchmesser um so kleiner ist, je näher sie dem Scheitel liegt. Geschieht der Durchschnitt nicht parallel zur Grundfläche, sondern in einer Neigung zu dieser, so daß die Mantelfläche des Kegels ringsum, also in einer geschlossenen Linie, abgeschnitten wird, so ist die entstehende Curve eine Ellipse. Wird der Kegel durch eine Ebene parallel einer seiner Seiten durchschnitten, so entsteht die Parabel, während ein der Axe paralleler Schnitt die Hyperbel liefert.

Welche von diesen vier möglichen Bahnformen ein Körper besitzt, hängt ab von dem Verhältnisse seiner Schwerkraft zu seiner Centrifugalkraft, also Tangentialgeschwindigkeit; je geringer die letztere, desto krummer die Bahn, und umgekehrt. Bei der paraboliſchen und hyperboliſchen Bahn überwiegt die Centrifugalkraft so sehr, daß eine Wiederkehr des Weltkörpers zur Sonne nicht eintritt.

Da nun bei vollkommenem Gleichgewichte dieser beiden Kräfte die Kreisbahn eintritt, nach der Nebularhypothese aber die Abtrennung eines Begleiters von der rotirenden Sonne, ursprünglich in der Ringform, eben dann eintritt, wenn dieses Gleichgewicht erreicht ist, so müssen wir die von der Kreisbahn

abweichenden Bahnformen aller unserem Systeme ursprünglich angehörigen Begleiter auf spätere Störungen zurückführen, welche der gegenseitigen Anziehung der Begleiter entsprangen. Für die später vorzunehmende Untersuchung über den Ursprung der einheimischen Cometen ergibt sich also schon hier, daß ihrer excentrischen Bahnform eine Störung zu Grunde liegen mußte.

Wenn aber, wie eben erwähnt wurde, die Anziehung benachbarter Fixsterne einheimische Cometen aus unserem Systeme vielleicht entfernen kann, oder wenn, wie es vorkommt, unsere Planeten solche Störungen ausüben, wobei ursprünglich geschlossene Cometenbahnen in Hyperbeln verwandelt werden, also ebenfalls ein Entweichen aus unserem Systeme erfolgt, so können aus gleichen Gründen fremde Cometen in den Anziehungsbereich unserer Sonne gerathen, so daß sie zu einem Umlaufe um dieselbe genöthigt werden, und unter Umständen sogar, wenn eine Störung von Seite unserer Planeten noch hinzutritt, dauernd an dieselbe gefesselt bleiben. Bei solcher Einverleibung in unser System kann nun zwar die Bewegungsrichtung solcher Cometen die gleiche sein, als welche im Planetensysteme herrscht, und aus deren Gleichsinnigkeit die Nebularhypothese den ursprünglichen Zusammenhang aller Glieder unseres Sonnensystems folgert; es kann aber auch der Einfall mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung geschehen, und durch solche Rückläufigkeit würden diese Cometen deutlich ihre fremde Abkunft verrathen. Die zahlreichen rückläufigen Cometen können daher nicht ursprünglich unserem Sonnensysteme angehört haben, sondern sind als fremde Eindringlinge anzusehen, können aber darum auch nicht mehr als Argumente gegen die Nebularhypothese angesehen werden.

Die Cometen sind also gleichsam die Zigeuner des Himmels, und die aus der Fremde zugereisten können erst dann zu seßhaften Staatsbürgern des Sonnensystems werden, wenn ihre anfänglich parabolischen, oder hyperbolischen, Bahnen, bei

welchen nur Ein Umlauf und keine Wiederkehr stattfindet, durch hinzutretende Störungen von Seite eines Planeten in geschlossene Bahnen verwandelt werden. Eine große Anzahl der Planeten mag schon ursprünglich der Sonne angehört haben; aber alle rückläufigen Cometen müssen als solche angesehen werden, welche, dem Zuge der Sonne folgend, zu Bewegungslinien genöthigt wurden, die nicht ihre ursprünglichen waren, und welchen eine noch hinzukommende planetarische Störung die elliptische Bewegung aufgenöthigt hat. Aber auch diese Botmäßigkeit ist oft nur eine vorübergehende, und bei einer späteren, ihre Tangentialkraft vermehrenden, Störung kann es solchen Cometen unter Umständen gelingen, ihre ursprüngliche Bewegung wieder frei zu bekommen, und sie schweifen dann wieder in den Raum hinaus, um an anderem Orte dem Systeme eines anderen Fixsterns einverleibt zu werden. Sogar dem auf eine kurze, elliptische Bahn und eine Umlaufszeit von $5^1/_2$ Jahren berechneten Cometen de Vico's (1844) gelang es, dieser Ellipse zu entrinnen, so daß er nicht mehr gesehen wurde.

Da sich die Cometen an keine der Bestimmungen halten, auf welchen die Harmonie des Planetensystems beruht, da sie theils rechtläufig, theils rückläufig sind, in sehr verschiedenen Excentricitäten und Neigungen gegen die Ebene der Planetenbahnen herankommen, ja sogar diese Bahnen selbst oft kreuzen, so liegt in solchen Bewegungselementen eine Ursache beständiger Störungen, welche weit größere Beträge erreichen, als bei den Planeten, aber gleichwohl von diesen nur quantitativ unterschieden sind. Solche Zuchtlosigkeit geht nicht immer ungestraft hin, und so werden die Cometenbahnen sehr oft umgestaltet. Der Comet von 1769 wurde sogar nur Einmal in der Bahn seines Erscheinens gesehen; er hat sich dabei, planetarisch genommen, so arge Regelwidrigkeiten beikommen lassen, daß er schon seinen nächsten Umlauf in einer ganz anderen Bahn vollziehen mußte.

Wenn sich ein fremder Comet dauernd in unserem Systeme angesiedelt hat, so beginnt für ihn der Anpassungsproceß an die Hausordnung desselben. Wie der in einer neuen Heimath sich niederlassende Fremdling den Gesetzen des Landes sich zu fügen hat, oder ausgewiesen wird, wie die Organismen, wenn sie durch Migration, oder zufällige Ereignisse, in ein anderes Gebiet gelangen, dem neuen Klima und den Nahrungsverhältnissen sich anpassen müssen, weil eben nur solche bestehen können, die mit den äußeren Existenzverhältnissen sich in Einklang zu setzen vermögen, so müssen auch die Cometen, wenn sie, aus weiter Ferne angezogen, das Sonnensystem betreten, nach natürlichen Gesetzen sich diesem zu accomodiren suchen. Das Princip der indirekten Auslese des Zweckmäßigen muß aber bei ihnen um so thätiger sein, als die Störungen viel stärker eintreten, als bei den Planeten. Gleichwohl dürfen wir uns hier nicht gleich zu dem gleichen Schlusse verleiten lassen, wie bei den Asteroiden, bei welchen aus den bestehenden Unzweckmäßigkeiten ein späteres Entstehen dieser Gestirne gefolgert wurde. Wenn bei den Cometen der Proceß der Anpassung noch nicht vollendet ist, so folgt daraus noch nicht sofort, daß ihre Bildung einem viel späteren Stadium im Entwicklungsgang des Sonnensystems angehört, wiewohl andere Gründe uns später zu dieser Folgerung drängen werden; denn die Cometen, als theilweise fremde Eindringlinge, erfahren ihre Bahnverbesserungen noch nicht so lange, als die Planeten, sind ferner, als oft nur vorübergehende Mitbürger des Sonnensystems, den Modifikationen ihrer Bewegung nicht lange genug ausgesetzt, und sollten sie selbst dem Sonnensysteme ganz einverleibt sein, oder sogar von jeher demselben angehört haben, so befinden sie sich doch bei beträchtlichen Excentricitäten nur während der kürzesten Zeit ihres Umlaufs in der Planetensphäre, in welcher allein Gelegenheit zu Störungen gegeben ist, ohne welche Correkturen nicht stattfinden können. Man könnte sie den Wandervögeln

vergleichen, welche sich dem Klima des rauhen Nordens nicht anpassen, weil sie in der kalten Jahreszeit den Süden aufsuchen. Der augenfälligste Beweis, daß regelmäßiges Wiedereintreten solcher Verhältnisse, unter welchen die Gelegenheit zu Störungen, also Verbesserungen, sich ergibt, und lange andauerndes Verweilen in solchen Verhältnissen schließlich zweckmäßige Bahnen herbeiführen muß, liegt wohl darin, daß jene Cometen, deren Umlaufszeiten zwischen $3^1/_2$—76 Jahre betragen, die also bei so kurzen Umlaufszeiten die Correkturen beständig erfahren mußten, so lange die Anpassung nicht vollendet war, fast ausnahmslos rechtläufig sind, und sich durch zweckmäßige Bahnen auszeichnen, während die große Anzahl jener Cometen, welche nicht regelmäßig wiederkehren, oder deren Umlaufszeiten nicht berechnet werden konnten, oft durch sehr unzweckmäßige Bewegungen auffallen.

Freilich kann auch eine neue, einem Cometen aufgenöthigte, Bahn als unzweckmäßig sich herausstellen; aber auch diese muß vermöge der Gravitation so lange verändert werden, bis er schließlich eine Bahn einschlägt, auf der er constant verweilen kann, weil er auf derselben nicht mehr gestört wird. Denn die Verhältnisse des Planetensystems, an welche die Anpassung zu geschehen hat, sind constant, die vollendete Anpassung an sie muß daher conservativ werden. Ein Comet, dem bei jeder Wiederkehr die Lehre ertheilt wird, daß er unzweckmäßig einhergehe, der fortwährend corrigirt wird, muß schließlich einmal — es ist dieß nur eine Frage der Zeit — eine zweckmäßige Bahn finden, wenn er nicht in Folge einer Störung aus dem Sonnensysteme ausgestoßen werden sollte. Wir sehen also auch hier, daß die zweckmäßige Bewegung nur ein Specialfall aller Bewegung ist, auf den gleichen Gesetzen beruht, wie jede andere, und naturgemäß erreicht werden muß, weil jede unzweckmäßige Bahn unhaltbar ist, und die Bahnänderungen nicht eingestellt werden vor vollendeter Anpassung.

So sehen wir auch die Menschheit im geistigen Processe oft nur in der Weise zur Wahrheit gelangen, daß die successive ergriffenen Irrthümer eliminirt werden. Erst nachdem sich herausstellte, daß die Erscheinungen des Himmels unerklärlich seien, wenn die Erde als stillstehend, die Gestirne als um dieselbe umlaufend angenommen werden, suchte man aus der entgegengesetzten Annahme die Erscheinungen zu erklären, und so wurde das ptolemäische System abgelöst durch das des Copernikus, das sich erhalten hat, weil es das für die Deutung der Erscheinungen zweckmäßigste und diesen am besten angepaßte ist. Die Wahrheit ist ein Specialfall aller Meinung, sie beruht auf den gleichen physiologischen Processen, wie der Irrthum; aber aus ihrer Zweckmäßigkeit schöpft sie die Kraft, sich zu erhalten, während der Irrthum, als unzweckmäßig, in der geistigen Entwicklung früher oder später ausgeschieden wird. Darin allein schon müssen wir einen wichtigen Faktor erkennen für die scheinbar so planvolle Gestaltung der Kulturgeschichte. —

Wenn in der Planetenwelt eine gegenseitige Accomodation der Gestirne stattfindet, so zeigen dagegen die Cometen, wenn sie in die Sphäre der Planeten gerathen, einseitig die Tendenz, sich der bestehenden Ordnung zu fügen, und allmählig solche Bahnen zu gewinnen, auf welchen sie ungestört wandeln können. Es beruht diese Einseitigkeit darauf, daß zwar die Cometen auf die Anziehung der Planeten sehr empfindlich reagiren, und Störungen der erheblichsten Art erleiden, aber ihrerseits, vermöge ihrer so geringen Massen, eine Verrückung der mächtigen Planetenmassen nicht herbeiführen können. Trotzdem sie den Planeten oft sehr nahe kommen — 1819 ging die Erde sogar durch den Schweif eines großen Cometen hindurch — ist doch nie auch nur die geringste Störung eines Planeten beobachtet worden; es lassen sich daher alle Bewegungen des Planetensystems vollständig erklären aus dem Gravitiren gegen die Sonne und aus der gegenseitigen Anziehung, ohne daß die

unermeßliche Schaar der Cometen an diesen Bewegungen etwas ändern könnte. Wäre der Comet von 1770 an Masse der Erde gleich, so hätte er in seiner Erdnähe solche Störungen hervorgerufen, daß hiedurch unser Jahr fast um 3 Stunden verlängert worden wäre; da aber in der That nicht die mindeste Veränderung eingetreten ist, obwohl schon eine Verlängerung um 2 Sekunden, also um den 5000sten Theil jener Zeit, der Beobachtung nicht hätte entgehen können, so läßt sich daraus schließen, daß auch die Masse jenes Cometen nicht $^1/_{5000}$ der Erdmasse betragen kann. Wie sehr dagegen die Cometen, wenn sie auf ihrer Bahn gestört werden, sich die ihnen ertheilte Lehre zu Herzen nehmen, hat eben jener Comet sehr deutlich gezeigt. Seine Bahn war elliptisch, und durch Rückwärtsberechnung derselben hat sich ergeben, daß er 3 Jahre vor seinem Erscheinen durch bedenkliche Annäherung an Jupiter in diese Bahn gelenkt wurde. 1779 aber gerieth er abermals in solche Nähe zu Jupiter, daß er zwischen diesem und seinen Monden hindurchging, so daß er von diesem 24 Mal stärker angezogen wurde, als von der Sonne; diese Störung hat ihn wieder ganz aus der 12 Jahre hindurch eingehaltenen Bahn hinausgeworfen.

Dieses Beispiel zeigt übrigens, daß manche Cometen nur in Folge von Bahnveränderungen uns verloren gehen, so daß sehr oft das Auftauchen eines neuen Cometen gemeldet werden mag, wenn die Identität nicht mehr zu constatiren ist.

Da die Cometen in sehr verschiedenen Neigungen gegen die Planetenbahnen herankommen, und nicht nur die Ebenen, sondern sogar die Linien derselben oft durchschneiden, so ist auch die Möglichkeit eines Zusammenstoßes zu erwägen. Der Aberglaube hat niemals verfehlt, Kapital daraus zu schlagen, wenn die Astronomen berechneten, daß ein Comet zu einer bestimmten Zeit die Erdbahn schneiden werde; aber die Collision — die zudem noch keine Katastrophe nach sich ziehen würde — blieb immer aus, weil ein gegebener Durchschnittspunkt zweier Bahn-

linien noch lange nicht ein gleichzeitiges Zusammentreffen der beiden Gestirne an diesem Punkte bedeutet, welches vielmehr nur höchst ausnahmsweise eintreten kann. Die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes nimmt nämlich mit der Größe der beiden Bahnen ab; da nun die Erdbahn einen Umfang von 130 Millionen Meilen hat, während der Umfang der Cometenbahnen noch viel beträchtlicher ist, da ferner bei den bedeutenden Bewegungsgeschwindigkeiten der Weltkörper die Möglichkeit einer Bewegung auf einen Augenblick reducirt ist, so ist selbst bei wirklicher Kreuzung der Erdbahn die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens in vielen Hundert Millionen Fällen kaum Einmal zu erwarten, weil die Erde im betreffenden Augenblicke wohl immer auf einem ganz anderen Punkte ihrer langen Bahn weilen wird, als dem durchschnittenen. In Anbetracht der ungemein geringen Dichtigkeit der Cometen würde aber selbst der wirkliche Eintritt eines so unwahrscheinlichen Falles keine bedenklichen Folgen haben; denn wenn der erwähnte Lexell'sche Comet selbst $^1/_{5000}$ der Erdmasse gehabt hätte, so würde doch seine Dichtigkeit — da er bei seinem Durchmesser von 44,000 Meilen 16,774 Mal größer war, als die Erde — 90,000 Mal geringer gewesen sein, als die der Erde, also etwa 20,000 Mal geringer, als die der Luft.

In Hinsicht auf die materielle Ungefährlichkeit der Cometen kann also von Unzweckmäßigkeit ihrer Bahnen nur vom mechanischen Standpunkte aus geredet werden, nicht etwa vom biologischen; selbst vom mechanischen Standpunkte aus aber könnte wohl die Existenz der Cometen bedroht erscheinen, nicht aber die der Planeten, mit welchen sie zusammentreffen, wobei allerdings zu bemerken ist, daß von diesem allein zulässigen Standpunkte aus alle Weltkörper als gleichwerthig zu erachten sind. Wir sehen also auch hier bestätigt, was sich schon bei den Planeten ergeben hat, daß materielle Gefährlichkeit und gefährliche Bahnelemente sich gegenseitig ausschließen. Wir sehen die

Massen in demselben Verhältnisse abnehmen, als ihre Neigungen und Excentricitäten zunehmen; die materielle Macht, zu schaden, ist durch die Schranken der Bewegung gebannt, dagegen die größere Freiheit der Bewegung mit materieller Unschädlichkeit verbunden ist. Wollte man jedoch diese Erscheinung vom biologischen Standpunkte aus zu Gunsten eines teleologischen Princips deuten, so ließe sich dagegen erinnern, daß gerade wegen der materiellen Ungefährlichkeit der Cometen ihre Anpassung an die Hausordnung des Sonnensystems als ganz überflüssig erscheint, und, indem sie gleichwohl erfolgt, recht deutlich als das Resultat absichtlos wirkender Gesetze sich kundgibt; sodann aber — um den Gegner auf seinem eigenen Felde zu schlagen — ließe sich gerade vom biologischen Standpunkte aus entgegnen, daß die verschwindend kleine Anzahl bewohnbarer Planeten gegenüber der Ueberzahl unbewohnter Cometen mindestens als eine kolossale Zwecklosigkeit unseres Systems sich darstellt.

Wenn wir nun sehen, daß die Cometen, vermöge ihrer langgestreckten Bahnen, nur während der kürzesten Zeit ihres Umlaufs in der störenden, aber eben darum auch corrigirenden, Planetennähe verweilen, daß sie ferner eben diese kurze Bahnstrecke in der Gegend ihres Perihels, mit der größten Geschwindigkeit durchlaufen, während andrerseits die Planeten vermöge ihrer fast kreisförmigen Bahnen in nahezu gleicher Ebene der Nöthigung, sich gegenseitig auseinanderzusetzen und anzupassen, beständig ausgesetzt sind, so erscheint es als eine natürliche Folge, daß die gegenseitige Anpassung der Planeten bereits vollendet ist, während selbst die einheimischen Cometen noch immer nicht in Uebereinstimmung gebracht sind mit dem Mechanismus der Planetenwelt, ganz abgesehen davon, daß das Einfügen fremder Cometen immer wieder Inconvenienzen nach sich zieht. Bedenken wir ferner, daß bei der großen Unregelmäßigkeit in der Vertheilung der Cometen ursprünglich wohl auch

solche vorhanden waren, deren Bahnebene mit der fast gemeinschaftlichen Ebene der Planetenbahnen zusammenfiel, daß aber gerade diese den beträchtlichsten und häufigsten Störungen ausgesetzt waren, so folgt daraus, daß vor Allem diese zu Bahnänderungen gezwungen wurden, daß also zu allererst die Ebene der Planetenbahnen von störenden Elementen gereinigt werden mußte; bei langer Dauer des Entwicklungsprocesses müßte also die Elimination des Unzweckmäßigen hier schon vollendet sein, so daß bei allfälligen Ausnahmen mit Sicherheit auf einen neuen Eindringling geschlossen werden dürfte, der alsdann seine Neuheit auch durch den Mangel einer elliptischen Bahn anzeigen würde. Bedenken wir endlich noch, daß die Cometen theils rechtläufig, theils rückläufig, sind, und daß entgegengesetzte Bewegungen auf gleicher Ebene einen mechanischen Widerspruch bilden, so folgt daraus, daß die vorerst von der Planetenebene ausgeschlossenen Cometen mindestens in zwei Gruppen sich scheiden, auf zwei Ebenen verschlagen werden müssen, deren eine von den rechtläufigen, die andere von den rückläufigen beschritten wird.

Durch die indirekte Auslese des Zweckmäßigen würden daher mindestens drei, für die respektiven Weltkörper des Sonnensystems ungefähr gemeinschaftliche, Ebenen allmählig bevölkert werden, wobei die längst constant gewordene Ebene der Planetenbahnen die Basis der Anpassung bilden müßte, während die beiden Ebenen der Cometen sich jener sowohl, wie gegenseitig unter sich, anzupassen hätten; die größtmögliche Zweckmäßigkeit wäre aber erst dann erreicht, wenn die rechtwinklig aufeinanderstehenden Bahnen der rechtläufigen und rückläufigen Cometen zur Grundebene der Planetenbahnen je einen Winkel von 45° bilden würden.

Solche Wirkungen müssen sich nothwendig einstellen unter der Voraussetzung, daß alle Körper des Sonnensystems sich nach dem Gravitationsgesetze bewegen, daß das Alter des

Sonnensystems in weite Vergangenheit zurückreicht, und daß die Gestirne bei beträchtlichen Störungen zu Bahnänderungen sich bequemen. Da nun die Voraussetzung in allen Punkten zutrifft, so muß auch die Wirklichkeit mit der theoretischen Folgerung mehr oder weniger übereinstimmen. Es scheinen aber in der That die Cometen eine Tendenz zu haben, sich dort anzuhäufen, wo sie den geringsten Störungen ausgesetzt sind, d. h. aus der progressiven Anpassung allmählig in die conservative überzugehen, in der sich die Planeten bereits befinden: Wie die Planeten ungefähr der gleichen Ebene angehören, nämlich der Ebene der Erdbahn, so gibt es für die Mehrzahl der Cometen zwei Ebenen, welche die Ekliptik in einem Winkel von 45° nach beiden Seiten durchschneiden, also senkrecht aufeinander stehen; die rechtläufigen Cometen bewegen sich auf der einen, die rückläufigen auf der anderen Ebene. —

Fassen wir nun aus dem Bisherigen unsere kritische Beurtheilung des Sonnensystems vom Standpunkte der Zweckmäßigkeit zusammen, so ergibt sich, daß der Mechanismus desselben von hoher Vollkommenheit ist. Keine innere Ursache läßt sich entdecken, woraus auf den einstigen Untergang des Systems geschlossen werden könnte, und würden sich nicht die zahlreichen Begleiter der Sonne in einem widerstehenden Medium bewegen, so wäre wohl die Erhaltung desselben für ewige Zeiten verbürgt. Andrerseits sehen wir aber, daß in Hinsicht der Asteroiden und Cometen ein mechanischer Widerspruch gegeben ist, und daß insbesondere die Cometen zu häufigem Wechsel ihrer Bahnen genöthigt werden.

Es frägt sich nun, wie dieser anscheinende Widerstreit der Erscheinungen, indem zweckmäßige Erscheinungen mit solchen von realer Unzweckmäßigkeit untermischt sind, einheitlich erklärt werden kann, und in welcher Weise dadurch die Ursache charakterisirt wird, welcher das Sonnensystem seine Anordnung verdankt.

Das gleichzeitige Vorhandensein von zweckmäßigen und unzweckmäßigen Erscheinungen im Sonnensystem bleibt ewig unverständlich bei der Annahme einer direkte auslesenden, also intelligenten, Ursache, man müßte sich denn mit einer Ursache von mangelhafter Intelligenz begnügen wollen; dagegen verschwindet der Widerspruch sofort, wenn wir den Proceß einer indirekten Auslese voraussetzen, der noch nicht vollendet ist, aber naturgemäß nur dahin seinen Abschluß finden kann, daß das Unzweckmäßige nach natürlichen Gesetzen ausgeschieden wird, während das Zweckmäßige aus keinem anderen Grunde sich erhält, als weil es eben ungestört bleibt, worin ja allein seine Zweckmäßigkeit beruht.

Es ergibt demnach die Betrachtung unseres Sonnensystems in Hinsicht auf das Problem der Zweckmäßigkeit folgendes Resultat, welches um so interessanter ist, als die indirekte Auslese, als Entstehungsursache des Zweckmäßigen in der kosmischen Entwicklung, typisch ist für alle Naturgebiete:

Die uns näher bekannte Welt unseres Sonnensystems ist nicht die bestmögliche des Leibnitz, sondern es finden sich darin zweckmäßige, wie unzweckmäßige Erscheinungen; aber die Veränderungen, welche in diesem Systeme geschehen, kommen durch Umgestaltung der Bahnen, oder gänzliche Ausscheidung der mechanischen Widersprüche, einer objektiven Zunahme des Zweckmäßigen gleich; die Harmonie der Gestirne ist demnach eine wachsende, die Welt eine immer besser werdende. Nachdem aber alle Veränderungen nur bei Gelegenheit von Störungen geschehen können, diese aber allein nach dem Gesetze der Gravitation erfolgen, so muß die Zulänglichkeit natürlicher Ursachen für die Entstehung des Zweckmäßigen ausgesprochen werden. Die teleologische Weltanschauung widerspricht nicht der mechanischen, und der Ausspruch des Leibnitz, daß der Mechanismus bestehe, aber den Zweck verwirkliche, behält seine volle Gültigkeit, in so ferne nur unter Zweck nichts Anderes verstanden

wird, als der immanente Trieb nach Selbsterhaltung, der den nach natürlichen Gesetzen geschehenden Veränderungen eines kosmischen Systems eben so zu Grunde liegt, wie den inneren Veränderungen eines Organismus, oder den Handlungen selbstbewußter Wesen. Dieser Zweck ist es, der sich im Sonnensysteme verwirklicht, nicht etwa eine in der Vorstellung eines transcendenten Wesens liegende Idee.

Wenn der Werth einer Hypothese abhängig ist von dem Grade der inneren Uebereinstimmung, die sich zwischen den theoretischen Folgerungen und der Gesammtheit der empirischen Erscheinungen ergibt, so muß zugegeben werden, daß ein Erklärungsprincip, welches vom Standpunkte der theistischen Weltanschauung sich widersprechende Erscheinungen gemeinschaftlich umfaßt, vor dieser den Vorzug verdient, weil es die Erkenntniß der Einheit der Natur fördert. Die Hypothese der Entstehung des Zweckmäßigen in der kosmischen Entwicklung durch indirekte Auslese bedient sich zudem als Erklärungsursache einer causa vera, einer bekannten und wahren Thatsache: des Gravitationsgesetzes, auf Grund dessen alle Veränderungen der kosmischen Mechanismen geschehen, und welches nur dann Störungen verursachen kann, wenn ein Fall von Unzweckmäßigkeit vorliegt, in der einen oder anderen Weise aber die Unzweckmäßigkeiten beständig verringern muß. Während also aus der Gravitation in der That die kosmische Zweckmäßigkeit abzuleiten ist, bewegt sich die theistische Hypothese lediglich in einem Analogieschlusse, indem sie den Kosmos als Artefakt betrachtet, und ruht schon darum auf schwachen Füßen, weil sie den immer bedenklichen Schluß aus der Wirkung auf die Ursache vollzieht.

4. Die Meteoriten.

Erwägen wir die bedeutenden Größenunterschiede der Gestirne des Sonnensystems, indem sich zwischen Jupiter, dem

größten Planeten, mit einem Durchmesser von 20 Tausend Meilen, und dem kleinsten der bisher entdeckten Asteroiden, Clio, mit einem Durchmesser von kaum 4 Meilen, sehr verschiedene Zwischengrößen finden, so stellt sich unwillkührlich der Gedanke ein, daß auch mit Clio die Reihe noch nicht abgeschlossen sei, und daß vielleicht noch weit kleinere Weltkörper in unserem Systeme sich finden, welche zu entdecken freilich selbst mit den besten Teleskopen nicht möglich wäre. Daß dieses in der That der Fall ist, beweisen die auf die Erde herabstürzenden Meteoriten, deren lange geleugneter kosmischer Ursprung gegenwärtig außer allem Zweifel steht.

Auch die Meteoriten zählen zu denjenigen kosmischen Körpern, für welche sich in der Darstellung der Entwicklung unseres Systems keine Gelegenheit ergab, sie organisch einzufügen; auch bezüglich ihrer stehen wir also vor der Alternative, entweder anzunehmen, daß wesentliche Vorgänge bei der Bildung des Sonnensystems in obiger Darstellung übersehen wurden, oder daß dieselben erst in einem späteren Stadium der Entwicklung ins Dasein traten. Es wird sich später zeigen, daß sie den Anzeichen des Verfalls beizuzählen sind; hier sollen sie nur zur Sprache kommen, in so ferne sie den Mechanismus des Sonnensystems charakterisiren.

Die mechanische Unzweckmäßigkeit der Meteoriten ergibt sich schon daraus, daß sie der Anziehungskraft der Erde, und wohl auch der Sonne und übrigen Planeten, nicht zu widerstehen vermögen, und, von der ursprünglichen Bahn abgelenkt, herabstürzen. Solche kleine Katastrophen finden ohne Unterbrechung tagtäglich Statt, und viele Tausende von Meteoriten fallen jährlich auf die Erde herab; aber bei der Kleinheit dieser „Infusorien des Himmels" bringen diese Katastrophen dem Mechanismus des Systems keine Gefahr. Daß die größte Anzahl derselben uns unbekannt bleibt, liegt in der Natur der Verhältnisse, da die Oceane den größten Theil der Erdober-

fläche bedecken — 1749 fiel ein Meteor auf ein Schiff im Atlantischen Oceane, und tödtete 5 Menschen — und auch auf dem Lande wohl nur die geringste Anzahl der Fälle beobachtet wird.

Die Gefahren der Meteorsteinfälle wären aber weit beträchtlicher, wenn nicht unsere Atmosphäre uns einen natürlichen Schutz gegen dieselben verleihen würde, indem dieselbe nicht nur die ursprüngliche Bewegungsgeschwindigkeit, womit sich solche Körper durch den leeren Raum unserem Planeten nähern, vermindert und aufzehrt, sondern auch dafür sorgt, daß dieselben vor dem Aufprall in kleinere Stücke zertrümmert werden.

Die Meteoriten sind dunkle feste Körper, die erst in demjenigen Bahnstück sichtbar werden, das in unserer Atmosphäre liegt. Die Beschaffenheit und Anordnung der Meteoritenbahnen ist analog den Cometenbahnen, und bewegen sie sich auf denselben theils rechtläufig, theils rückläufig, mit einer relativen Geschwindigkeit, welche zwischen 70642 und 12120 Meter in der Sekunde schwankt. Aber bei ihrem Durchgang durch die Atmosphäre verlieren diese Körper ihre kosmische Geschwindigkeit, und diejenige, womit sie auf die Erde fallen, rührt hauptsächlich von der Schwere her, welche gerade dann erst anfängt, sich bemerklich zu machen, wenn die kosmische Geschwindigkeit innerhalb der wenigen Sekunden des Durchgangs zerstört ist. Daher finden sich Aerolithen, welche nur wenig in den Erdboden eindringen; das Pallaseisen fand man offen auf der Oberfläche des Bodens liegend, und die Bruchstücke des Meteoriten von Pultusk (1868) vermochten nicht einmal das Eis des Narew zu zerbrechen. Das Gesetz ihres Falles ist daher in ihrem letzten Bahnstücke unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit.

Wenn aber die Meteoriten im Widerstande der Luft ihre Geschwindigkeit verlieren, so muß ihre räumliche Bewegung nach

physikalischen Gesetzen in Wärme und Licht verwandelt, und eine so hohe Temperatur erzeugt werden, daß sie in Weißglühhitze gerathen, dadurch sie uns in einer Höhe von durchschnittlich 24 Meilen sichtbar werden, und, oft in heftigen Detonationen zerplatzend, als Bruchstücke herunterkommen. Je größer die ursprüngliche Geschwindigkeit war, eine desto höhere Temperatur muß erzeugt werden, und es ist nicht zu bezweifeln, daß manche Meteoriten ganz verdampft werden, noch ehe sie die Erde erreichen. Denn schon bei einer Geschwindigkeit von 3000 Fuß in der Sekunde müßte ein Stück Meteoreisen in Folge der Reibung eine Temperatur von 1000° erzeugen; Körper aber, welche in einem kleinen Bruchtheile einer Sekunde 10000—50000 Meter Geschwindigkeit verlieren, müssen eine Temperatur, höher als die Schmelzhitze, erwerben, welche auf die ganze Masse sich erstrecken, und dieselbe auflösen muß. In anderen Fällen werden die Meteoriten wenigstens der Art zerstückelt, daß sie nur mehr als Steinregen, oder — wie es auf Schneeflächen beobachtet wurde — als staubartiger Regen sich niederschlagen.

Es sind gleichwohl Fälle constatirt, daß Meteoriten von sehr beträchtlicher Masse die Erdoberfläche erreichten, und oft bedeutenden Schaden anrichteten. Von einem außerordentlichen Steinregen, der 823 in Sachsen sich ereignet haben soll, berichten die Annales Fuldenses: Menschen und Thiere wurden erschlagen, und 35 Dörfer in Brand gesetzt. In der Kirche von Ensisheim im Elsaß befindet sich ein 260 Pfund schwerer Stein, der im Jahre der Entdeckung Amerikas niederfiel. Im Jahre 1807 fiel im Gouvernement Smolensk ein 140 Pfund schwerer Meteorit nieder. Bei Trier fand man eine Eisenmasse von 32—34 Centner; in den Argentinischen Staaten liegen Eisenmassen bis zu 15,000 Kilogramm, und auf der Insel Disko wurden drei Blöcke gefunden, deren Gewicht auf 4500, 10,000 und 25,000 Kilogramm geschätzt wurde. Seitdem solchen Erscheinungen mehr Aufmerksamkeit zugewendet wird,

sind Fälle von ergiebigen Steinregen, wobei theilweise Geschosse von bedeutendem Kaliber gefunden wurden, in großer Anzahl constatirt, und sind in unserem Jahrhunderte schon mehr als 200 Meteorschauer verzeichnet worden.

Es bestätigt sich mehr und mehr, daß zwischen Feuerkugeln, Meteoriten und Sternschnuppen keine qualitativen Unterschiede bestehen, daß vielmehr die wirklich auf die Erde herabfallenden Steine nur Bruchstücke explodirender Feuerkugeln sind, welche wiederum mit Sternschnuppen identisch sind. Es fallen allerdings beim Eintritt der Perseiden und Leoniden nicht mehr Meteoriten herab, als zu anderen Epochen des Jahres; aber die Geschwindigkeit, womit diese Sternschnuppen gegen die Erde stürzen, beträgt auch 59,800 Meter bei den Perseiden, 71,150 Meter bei den Leoniden, — Geschwindigkeiten, welche, wenn gehemmt, wohl eine Temperatur zu erzeugen vermögen, wobei diese Massen ganz aufgelöst werden. Andrerseits sind die Sternschnuppen in den ersten Dezembertagen, deren Fallgeschwindigkeit nur 19,200 Meter beträgt, in der That mit einem Maximum von Aerolithenfällen verbunden. Aber auch die spektralanalytische Untersuchung hat gezeigt, daß die leuchtende Materie der Sternschnuppenkerne fest oder flüssig ist, weil sie ein continuirliches Spektrum giebt, während allerdings, wenn diese Meteore am Ende ihrer Bahn in Dämpfe aufgelöst werden, gasartige Spektra sich ergeben müssen. Endlich läßt es sich häufig beobachten, daß leuchtende Sternschnuppen sich in zwei oder mehrere Stücke zertheilen, während andere am Ende ihrer Bahn, indem sie explodiren, als Funkenregen sich nach allen Seiten zerstreuen.

Mehr als die gewöhnlichen Meteoritenfälle müssen die periodischen Sternschnuppenfälle unsere Aufmerksamkeit erregen, unter welchen die jährlichen am 10. August und zwischen 12. bis 14. November die merkwürdigsten sind. Der Augustschwarm, die Perseiden, beschreibt eine Bahn um die Sonne, auf welcher

die Meteoriten ungefähr gleich dicht vertheilt sind, während der Novemberschwarm, die Leoniden, nicht gleichmäßig auf der elliptischen Bahn vertheilt, und an einer Stelle derselben wolkenartig angehäuft ist. Die Erde durchschneidet diese Bahn an einem Punkte, den sie jährlich im November erreicht, und erfolgt sodann das Phänomen der Sternschnuppen; dem Hauptschwarm dagegen begegnet die Erde nur Einmal in 33—34 Jahren, weil derselbe innerhalb dieser Zeit seinen Umlauf vollendet, und in solchen Jahren — wie sich dieß zum letzten Male 1866 beobachten ließ — fallen dann die Sternschnuppen des November in außerordentlicher Anzahl.

Man zählt im Ganzen an hundert Meteoritenströme, welchen die Erde im Laufe des Jahres begegnet, und wobei zahlreiche Meteoriten der Art gestört werden, daß sie von ihrem Schwarme getrennt und in sporadische verwandelt werden. Wenn nämlich ein Planet einen solchen Schwarm durchschneidet oder ihm auch nur relativ nahe kommt, so werden hiedurch die ihm nächsten Meteoriten von ihrer Bahn so stark abgelenkt, daß der Strom an dieser Stelle seinen Zusammenhang oder wenigstens die Regelmäßigkeit verlieren und zerstört wird; ist die Ablenkung so stark, daß Meteoriten ganz von dem Schwarme getrennt werden, und der ursprüngliche Verband nicht mehr erkennbar ist, so entstehen die sporadischen Meteoriten, welche gelegentlich auf einen Planeten fallen.

Von der größten Bedeutung für die Astronomie ist die Entdeckung Schiaparellis vom Zusammenhange zwischen Meteoriten und Cometen. Es ist ihm gelungen, in sehr genialer Weise den Nachweis zu führen, daß die Geschwindigkeit, womit die Sternschnuppen die Atmosphäre der Erde erreichen, cometarische Bahnen bedingt, daß manche Cometen bestimmten Meteoritenströmen beigesellt sind, und daß die Sternschnuppen sehr wahrscheinlich das Produkt der Auflösung von in Cometenbahnen einhergehenden Weltkörpern seien. Die Bahn des

Novemberschwarms ist identisch mit der des Cometen I. 1866, die des Augustschwarms fällt mit der des Cometen III. 1862 zusammen. Sowohl die Rückläufigkeit der Bewegungen, die Excentricitäten und Neigungen der Bahnen, wie die Umlaufszeiten, stimmen überein. Auch für andere Sternschnuppenfälle hat sich ergeben, daß sie mit der Annäherung der Erde an Cometenbahnen zusammenfallen. So durchschneiden die Cometen I. 1861 und der berühmte Biela'sche Comet die Erdbahn in Punkten, welche die Erde am 20. April und 28. November erreicht, also an Tagen, die ebenfalls durch Häufigkeit der Sternschnuppen sich auszeichnen. Die Cometen sind daher als solche Meteoriten anzusehen, welche einem Strome angehörig, in vielen Fällen aber wohl auch als sporadisch, sich vermöge ihrer Verdunstungsfähigkeit durch Schweifbildung auszeichnen, und während die Cometenköpfe auf einer gemeinschaftlichen Bahn mit dem Meteoritenschwarm fortziehen, dem sie angehören, werden die Schweife in einer den radius vector fortsetzenden Richtung ausgestoßen.

Bedenkt man den ungeheueren Tribut, welchen die Meteoritenströme an die Sonne und die Planeten in Gestalt von Meteorschauern und sporadischen Meteoriten abgeben, so muß man wohl annehmen, daß sie mit der Zeit vollständig aufgezehrt werden. Man hat z. B. in Amerika die im Jahre 1833 niederstürzenden Sternschnuppen in Einer Nacht auf eine halbe Million geschätzt. Dieser Auflösungsproceß müßte natürlich bei jenen Meteoritenströmen am schnellsten geschehen, welche bei kurzer Umlaufszeit die Region des Planetensystems nicht verlassen, während solche Ströme, welche bei langgestreckten Bahnen nur selten ins Perihel zurückkehren, bis zu einem gewissen Grade an Substanz sogar gewinnen könnten, indem sich sporadisch vertheilte Meteoriten ihnen wieder anschließen.

Die materielle Gefährlichkeit der Meteoriten beschränkt sich darauf, daß die Planeten von Zeit zu Zeit einem heftigen

Bombardement ausgesetzt werden; im Uebrigen vermögen die Meteoritenströme nicht die Harmonie des Systems zu gefährden, wie sich schon daraus ergibt, daß sie trotz ihrer großen Anzahl keinen wahrnehmbaren Einfluß auf die Bewegungen der Planeten ausüben. Ein Schwarm, der selbst aus mehreren Millionen Meteoriten von Centnerschwere bestünde, würde trotzdem kaum $^{1}/_{100,000,000,000}$ der Erdmasse erreichen; denn die Erde besitzt bei einem Volumen von 1081 Quadrillionen Kubikmetern ein Gewicht von 5881 Quadrillionen Tonnen zu je 1000 Kilogramm. Da die Meteoritenschwärme zudem über die Länge ihrer Bahnen, oder wenigstens über mehr oder minder lange Bahnstücke, verstreut sind, so ist um so weniger an eine von ihnen ausgehende Störung zu denken.

VIII.

Die Zukunft des Sonnensystems.

1. Der Untergang der Planeten.

Gesetzmäßigkeit, Entwicklung, Kampf, Harmonie, Wiederentzweiung und Auflösung, — alle diese Kategorien, die wir von irdischen Erscheinungen abstrahiren, sind in analoger Weise auszudehnen auf die weite Region der Fixsterne, und überall im Kosmos schwankt das Pendel alles Geschehens zwischen Entstehen und Vergehen hin und her. Da nun alle kosmischen Veränderungen, mag es sich nun um einen Sternhaufen, oder um ein einzelnes Sonnensystem handeln, nach dem gleichen Gesetze der Gravitation geschehen, so müssen wohl in unserem Systeme sich die Ursachen nachweisen lassen, welche den einstigen Untergang desselben herbeiführen werden.

Daß das Sonnensystem einen zeitlichen Anfang genommen, bedarf keiner Erläuterung mehr. Die Zahlenwerthe freilich, durch welche verschiedene Forscher das Alter der Sonne und der Planeten zu bestimmen versuchten, können keinen Anspruch auf Gültigkeit erheben, und stimmen auch unter sich sehr wenig überein; aber dieß darf uns über die Richtigkeit der zu Grunde gelegten Voraussetzung nicht irre machen, daß die Weltkörper unseres Systems erst im Verlaufe der Zeit ins Dasein traten. Aber wie wir die Ewigkeit des Bestehens in der Richtung der

Vergangenheit abschneiden müssen, so auch in der Richtung der Zukunft, mögen wir auch mit tiefeingewurzelten Vorurtheilen dem Gedanken an die Stabilität des Sonnensystems anhängen. Unser Gefühl bäumt sich auf bei dem Gedanken an den Untergang von Welten, und würde seine tiefe Abneigung gegen solche Vorstellungen wohl nie ablegen, wären nicht empirische Thatsachen nachzuweisen, welche, mögen sie uns auch keine Zahlenwerthe über den Zeitpunkt des Untergangs geben, doch die Gewißheit desselben außer Zweifel setzen: die Planeten finden sowohl an dem den Raum erfüllenden kosmischen Aether, in dem sie sich bewegen, wie an den zahllosen Meteoriten einen Bewegungswiderstand; ihre Tangentialkraft, vermöge welcher sie ihrem Zuge gegen die Sonne widerstehen, muß daher nothwendig vermindert, und schließlich aufgezehrt werden.

Es ist bereits erwähnt worden, in welcher unermeßlichen Zahl unausgesetzt Meteoriten auf die Erde herabstürzen. Schiaparelli hat nun den Beweis geliefert, daß und warum jener Oberflächentheil der Erde am häufigsten getroffen wird, welcher den herabstürzenden Meteoriten entgegen läuft. Die größte Anzahl derselben fällt also in einer Richtung, welche der progressiven Bewegung der Erde entgegengesetzt ist; die Kraft des Zusammenstoßes wird darum nur um so größer sein, weil gegen einander stürzende Körper eine größere Kraft des Zusammenstoßes entwickeln, als solche, die sich nur einholen. Mag nun auch die kosmische Geschwindigkeit der Meteoriten in der Atmosphäre ganz oder theilweise verloren gehen, und ihre Masse sowohl, wie Fallkraft, verächtlich gering sein im Vergleich zur Erdmasse und Geschwindigkeit von 4,7 Meilen in der Sekunde, womit die Erde auf ihrer Bahn fortschreitet, so kann doch von einer eigentlichen Wirkungslosigkeit, physikalisch genommen, die Rede nicht sein. Mag die Wirkung für den einzelnen Fall eine minimale sein, so müssen sich doch diese minimalen Wirkungen summiren, wenn kosmische Zeitlängen

hindurch tagtäglich zahlreiche Zusammenstöße erfolgen. Es wird allerdings die ganze Erdoberfläche von Meteoriten getroffen, so daß die Erde, wenn sie auf der einen Seite einen Widerstand erfährt, von der anderen Seite als geschoben erscheint; aber da auf ersterer Seite sowohl die Menge, wie die relative Geschwindigkeit der Meteoriten weit bedeutender ist, so macht sich zwar nur die Differenz der Wirkungen geltend, aber doch im Sinne eines Widerstandes.

Die Bahngeschwindigkeit der Erde muß demnach eine fortwährende Einbuße erleiden, welche ihrer Schwerkraft zugutkommt; denn letztere wirkt nicht nur ungeschmälert fort, sondern erfährt sogar einen Vermehrung in dem Maße, als der unausgesetzte Meteoritenregen die Masse des Erdballs vermehrt. Dieß bedeutet aber eine Verkürzung der Umlaufszeit und der halben großen Axe der elliptischen Erdbahn, welche im Verlaufe der Jahresmillionen mehr und mehr in die Spirale, der Sonne zu, übergehen wird. Auf den ersten Blick erscheint es zwar widersprechend, daß eine Verlangsamung der Umlaufsgeschwindigkeit eine Verkürzung der Umlaufszeit, also einen schnelleren Umlauf nach sich ziehen sollte; aber es ist zu bedenken, daß die direkte Verlangsamung der Bewegung überwogen wird von der indirekten Beschleunigung des Umlaufs durch Verkürzung des zurückzulegenden Weges, die sich durch stärkere Krümmung der Bahn und Uebergang in die Spirale ergibt.

Das Endresultat liegt auf der Hand.

Es ist nun allerdings nur eine Frage der Zeit, daß der Raum unseres Sonnensystems mehr und mehr von Meteoriten gesäubert werden wird, und daß selbst die Meteorströme mit der Zeit werden aufgezehrt werden, und daraus ließe sich folgern, daß die Erde wenigstens alsdann ihren Sonnenabstand beibehalten werde, daß daher der Durchmesser der Erdbahn nur bis zu einem gewissen Grade verkürzt werde. Dieß kann aber — ganz abgesehen davon, daß immer neue Meteoritenströme,

wie wir sehen werden, entstehen werden — nicht der Fall sein; denn je näher die Erde der Sonne kommt, einer desto größeren Tangentialgeschwindigkeit bedürfte sie, um sich in ihrer Bahn zu erhalten, weil die Schwerkraft mit dem Quadrate der Annäherung zunimmt, also die Annäherung einer Gewichtsvermehrung gleichkommt. Nun nimmt aber die Geschwindigkeit beständig ab, und zudem die Annäherung zu; würden daher auch die Meteoritenströme allmählig zerstört werden und keine neuen mehr entstehen, die Geschwindigkeit aber alsdann keine weitere Schmälerung erfahren, so würde doch die bereits geschmälerte für die unterdessen erreichte Sonnennähe nicht mehr genügen. Es besteht das genaueste Verhältniß zwischen der Masse eines Planeten, seinem Sonnenabstande und seiner Tangentialgeschwindigkeit; es kann daher keiner dieser Faktoren eine Aenderung erfahren, soll der Planet seine Bahn einhalten, es würde denn durch entsprechende Aenderung der anderen Faktoren ein Aequivalent geboten werden. Wenn aber die Tangentialkraft mit jeder Annäherung ungenügender wird, und die Schwerkraft zudem vermehrt wird, wie es bei den Planeten der Fall ist, so wirken beide Ursachen gleichsinnig, die Wirkung muß sich daher nur um so früher einstellen.

Die Störungen, welche die Planeten in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung erfahren, waren es, auf Grund welcher man sich zuerst mit der Frage nach der Stabilität unseres Systems beschäftigte. Indem man aber diese Perturbationen der Rechnung unterwarf, stellte es sich heraus, daß sie nur innerhalb enger Grenzen ab- und zunehmend sich bewegen; es läßt sich mit mathematischer Sicherheit nachweisen, daß die großen Axen der Planetenbahnen zu den unveränderlichen Größen gehören, und daß die Planeten nie auch nur in die Kreisbahn übergehen. Laplace und Andere haben sich denn auch für die Stabilität des Systems ausgesprochen. Aber wenn sich auch diese Rechnungen mehr und mehr bestätigt haben, so können sie doch nur

Geltung haben unter der Voraussetzung, daß die Planeten in der Richtung ihrer Bewegung keinen Widerstand erfahren werden, daß der Raum, den sie durchwandern, absolut leer ist. Dieß wußte Laplace sehr wohl. Es findet sich nun aber ein solcher Widerstand nicht nur in den Meteoriten, sondern es hat sich auch für die Physik die Nothwendigkeit herausgestellt, die Erfüllung des Raumes mit einer elastischen, zwar überaus leichten, aber doch ponderablen Materie anzunehmen, dem kosmischen Aether, der schon darum nicht zu entbehren ist, weil die Fortpflanzung der Schwingungen des Lichts, der Wärme und wohl auch der Gravitation durch den Raum uns zur Annahme eines materiellen Trägers nöthigen; ist aber derselbe die das Sehen vermittelnde Materie, so muß der Raum so weit davon erfüllt sein, als Gestirne uns sichtbar sind.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß dieser sogenannte kosmische Aether nur aus permanenten Gasen besteht; ist nun aber auch ein Zustand äußerster Verdünnung derselben anzunehmen, so kann doch der Raum, in dem sich diese Gestirne bewegen, nicht mehr als absolut leer angesehen werden, und wir können keine eigentliche Grenze unserer Atmosphäre annehmen, sondern nur eine Grenze der Atmosphäre, in so ferne dieselbe an der Umdrehung der Erde theilnimmt und nicht mehr theilnimmt.

Wenn die Cometen um die Sonne, als dem einen gemeinschaftlichen Brennpunkte ihrer Bahnen herumlaufen, so geschieht dieses mit voller Breite der Schweife, da diese stets eine von der Sonne abgewendete Richtung haben. Hiebei müßte sich also, falls ein Aetherwiderstand vorhanden sein sollte, derselbe anschaulich in der Art bemerkbar machen, daß die ungemein flüchtige Materie dieser Schweife eine Krümmung nach rückwärts erfährt. In der That erscheinen sie in der Nähe des Perihels wie vom Winde zur Seite geweht, und zeigt sich die concave innere Seite meistens auch weniger hell und scharf begrenzt, als die äußere vorschreitende Seite.

Aber auch eine Verkürzung der Umlaufszeit scheint bei den inneren Cometen des Sonnensystems sich bemerklich zu machen. Enke beobachtete, daß der nach ihm benannte Comet bei jedem Umlaufe um einige Stunden früher durch das Perihel ging. Innerhalb der Jahre 1825—1852, während welcher der Comet neun Umläufe vollendete, hat seine Umlaufszeit um einen Tag abgenommen. Diese Acceleration der mittleren Bewegung des Enke'schen Cometen ist im Jahre 1868 vollständig ausgeblieben, und scheint überhaupt beträchtlichen Unregelmäßigkeiten unterworfen zu sein, wohl nur in Folge physischer Vorgänge im Inneren des Cometen. Wenn nach Zöllner der kalorische Einfluß der Sonne die Ausströmung des Schweifes verursacht, so muß die Intensität der Ausströmung eine wechselnde sein, da die Sonne vermöge ihrer Fleckenbildung als veränderliche Wärmequelle anzusehen ist; dieß könnte aber auch die Acceleration des Cometen zu einer wechselnden machen.

Da sich bei anderen Cometen eine ähnliche Wahrnehmung nicht machen läßt, so läßt sich die Hypothese eines widerstehenden Mediums nur aufrecht erhalten unter der Annahme, daß gerade Enke's Comet den stärksten Widerstand erfährt. Nach dem Gesetze der Schwere muß aber jener den Weltraum erfüllende Aether um die Sonne herum stärker verdichtet sein, als außerhalb der Grenzen des Planetensystems; von allen bekannten Cometen hat aber gerade der von Enke die kürzeste Umlaufszeit — von nur 1208 Tagen —, und seine Bahn ist so verkürzt, daß er im Aphel nicht einmal die Entfernung Jupiters erreicht. Er wird somit dem Aetherwiderstand auch sehr stark ausgesetzt sein, weil er die dichtere Aethersphäre gar nicht verläßt, während fast bei allen übrigen Cometen der längste Theil ihrer so stark excentrischen Bahnen weit außerhalb der Grenzen selbst der äußersten Planeten liegt. Diese werden daher den Widerstand in weit geringerem Grade erfahren, da sie nur während der kürzesten Zeit ihres Umlaufs in jener Gegend

weilen, welche der Aether dichter füllt. Zudem ist die Bahngeschwindigkeit der Cometen nicht immer die gleiche: die Gegend des Perihels durchlaufen sie mit rasender Eile, während sie auf den langgezogenen Aesten ihrer Bahn viel langsamer, und im Aphel, wo sie wieder umkehren, fast bewegungslos sind, wie ein geworfener Ball mit abnehmender Schnelligkeit ansteigt, mit zunehmender fällt. Der Comet von 1860 hat im Perihel eine Geschwindigkeit von 53 Meilen, im Aphel von nur 10 Fuß in der Sekunde. Für Cometen mit langgestreckter Bahn kann somit der Aetherwiderstand fast gar nicht in Betracht kommen.

Einen anderen Beleg für die Existenz eines widerstehenden Mediums liefert die Absorption des Lichtes. In seiner Fortpflanzung erfährt das Licht im Verhältniß des Quadrats der wachsenden Entfernung eine Abschwächung, ist also in 2facher, 3facher, 4facher Entfernung 4 Mal, 9 Mal, 16 Mal schwächer. Struve fand aber, daß das Verhältniß der Absorption ein größeres ist, daß die Sehkraft des bloßen Auges sich auf 7—8 Sternweiten erstreckt, während sie auf 12 Sternweiten in den Raum eindringen sollte, daß also die Fixsterne früher verschwinden, als es bei einer Abnahme ihres Lichtes im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung der Fall sein müßte. Die Ursache dieser Schwächung des Lichtes kann nur in jenem Medium liegen, welches die Bahnen der Begleiter unserer Sonne allmählig verkürzen muß.

Es erklärt sich aus den ungleich gewaltigeren Massen der Planeten, daß sich der Widerstand dieses Mediums an ihren Bahnen noch nicht bemerklich macht; aber wie unendlich gering auch derselbe sein mag, er muß im Verlaufe der Zeiten doch auch bei ihnen seinen hemmenden Einfluß geltend machen und ihre Bahnaxen verkürzen. Wie die Meteoriten, so wirkt also auch der Aether dahin, die Planeten aus der Ellipse in die Spirale zu drängen.

So können wir also der Folgerung nicht entfliehen, daß

die Bahngeschwindigkeit der Planeten, welche immer dichtere Aetherschichten erreichen, einmal aufgezehrt sein wird, daß sie also dem unvermeidlichen Schicksale entgegentreiben, schließlich, gleichsam im Fluge ermattet, in die Sonne zu stürzen, die gleich dem Chronos der Griechen ihre eigenen Kinder aufzehren wird. Die Planeten werden dahin zurückkehren, wo sie ihren Ursprung genommen, und der glühende Sonnenball, der ihre Wiege gewesen, wird auch ihr Grab sein. Mit Zahlen freilich läßt sich der Eintritt dieses Ereignisses nicht bestimmen; wir wissen nur, daß, würde unserer Erde dieses Schicksal auch nur in mehreren Millionen Jahren bevorstehen, eine Verkürzung der großen Bahnaxe innerhalb historischer Zeiten, sich schon bemerklich gemacht haben müßte. Da dieses nicht der Fall ist, so müssen wir in eine noch weit entlegenere Zukunft das Ereigniß verlegen, das gleichwohl unvermeidlich ist. Es ist uns zudem der allerdings zweifelhafte Trost gegeben, daß Merkur und Venus früher von ihrem Schicksale ereilt werden, so daß also die allfällig noch vorhandenen Bewohner der Erde nicht unvorbereitet sein werden. Dann aber, wenn unser Planet nach vollständig ermatteter Tangentialbewegung in die Sonne stürzen wird, dann werden nächtlich die Bewohner ferner Fixsterne das prachtvoll schweigsame Schauspiel des Aufloderns unserer Sonne genießen, das für unser System die Bedeutung haben wird, daß wieder ein weiteres Glied desselben untergegangen ist, und daß alle Thaten der Menschheit in der Geschichte, alle Errungenschaften des menschlichen Geistes, alle Freuden und Leiden der irdischen Geschöpfe in der Nacht der Vergessenheit begraben liegen. —

2. Die Erkaltung der Sonne.

Was uns den Gedanken, daß unsere Erde einst zu Grunde gehen wird, so abstoßend erscheinen läßt, ist im Grunde nur die begleitende Vorstellung, daß es ein bewohnter Weltkörper

ist, auf welchem der biologische Proceß abgeschnitten werden, und die Kunde aller Thaten seiner Bewohner und aller ihrer geistigen Leistungen vielleicht gerade dann untergehen soll, wenn die Wissenschaft über den ganzen Kosmos ihre Eroberungen ausgebreitet und die Fackel ihres Lichtes selbst jene Abgründe von Unwissenheit erhellt haben wird, die uns heute noch gähnen; daß gerade dann vielleicht, wenn die Menschheit ihr großes εὑρηκα ausspricht, der Erbe sich nicht mehr finden soll, dem die Welt nicht mehr als großes Fragezeichen gegenüberstehen würde, und der im Genusse der so lange und so heiß ersehnten Wahrheit schwelgen könnte. Im Uebrigen würde uns die Perspective des Untergangs unseres Planeten, als einer unorganischen Masse, wohl wenig anfechten.

Aber eben das Aufhören des biologischen Processes, wogegen sich unser Gefühl so sehr sträubt, muß der Erkaltung der Sonne wegen unter allen Umständen eintreten. Wäre demnach auch die Constellation der Planeten für alle Ewigkeit eine unveränderliche, so würde doch eben der Zweck damit nicht erreicht werden, um dessen willen allein uns ihre Erhaltung wünschenswerth sein kann.

Wer mit naturwissenschaftlichem Auge in die Welt blickt, dem wird die Ansicht, daß das Licht der Sonne uns ewig strahlen, ihr Feuer uns ewig erwärmen werde, nicht weniger ungereimt erscheinen, als etwa die Behauptung, das Feuer eines beliebigen Kachelofens werde ewig brennen. Vom Standpunkte der Universalität der irdischen Gesetze läßt sich ein Unterschied zwischen einem Küchenfeuer und einem kosmischen Feuerheerde nicht machen, nur daß die ungeheueren kosmischen Wärmebeträge nicht auf chemischem Wege entstanden sein können, sondern auf mechanischem, durch Verwandlung räumlicher Bewegung in molukulare Bewegung, welche immer eintritt, wenn ein Körper durch einen mechanischen Proceß auf ein kleineres Volumen gebracht wird.

Die Materie der Sonne, ursprünglich nebelartig zerstreut, hat vermöge ihrer Schwerkraft sich verdichtet, und aus der großen Entfernung, also der bedeutenden Fallhöhe, und der ungeheueren Masse dieser Materie erklärt sich die hohe Temperatur der Sonne, welche auf chemischem Wege, durch Verbrennung, weder zu solchem Betrage hätte anwachsen, noch so lange sich hätte erhalten können. Wenn die Sonne nach der Nebularhypothese bis zur Bahn des Neptun ausgedehnt war, so mußte ihre Verdichtung bis zur gegenwärtigen Größe nach Helmholtz einen Wärmebetrag erzeugt haben, der das 454fache derjenigen beträgt, welche die Sonne von jetzt ab noch auszugeben hat. Da wir den bei irdischen Processen herrschenden gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Fallhöhe, Geschwindigkeit, lebendiger Kraft und Wärmeerzeugung genau kennen, so können wir auch leicht einsehen, daß eine alles irdische Maß übersteigende Wärmeentwickelung sich ergeben muß, wenn wir an die Stelle der Erde die 350,000 Mal massenreichere Sonne, und an Stelle einer Fallhöhe von einigen Metern kosmische Höhen setzen.

Redtenbacher hat es versucht, die Anfangstemperatur der Sonne zu berechnen, und hat 178,075,200° Celsius gefunden. Es kann in solchen Zahlen nur eine ungefähre Annäherung liegen; aber daß die Anfangstemperatur der Sonne eine ungeheuere war, wird durch ihren gegenwärtigen Zustand noch bestätigt. Der feurigflüssige, weißglühende Sonnenkern ist von einer gleichfalls glühenden Gasatmosphäre umgeben. Zöllner hat die Temperatur auf der Oberfläche des Kerns auf 13,230° Celsius, aber schon in einer Tiefe von 2317 geographischen Meilen ($^1/_{40}$ des Sonnenhalbmessers) auf 1,112,000° Celsius, als Minimalwerthe, berechnet. Für die Atmosphäre hat er eine Temperatur von 27,000° Celsius gefunden, welche hinreichend wäre, selbst für Eisenbestandtheile die vollständige Dissociation zur Gasform zu bewirken; die Spektralanalyse hat aber in der That Eisen in der Atmosphäre der Sonne nachgewiesen.

Für die Wärmeverluste, welche die Sonne in beständiger Ausstrahlung erleidet, läßt sich eine Vorstellung gewinnen, wenn man die ungeheuere Wärmemenge erwägt, welche der kleine Erdball empfängt, und welche nach Herschel hinreichend wäre, eine die ganze Erdoberfläche bedeckende, 100 Fuß dicke, Eisschichte jährlich zu schmelzen. Und doch trifft den kleinen Erdball nur der 2300 millionste Theil derjenigen Wärme, welche von der Sonne nach allen Seiten ausgesendet wird. Ein solcher Verlust entspricht der Verbrennung einer Kohlenschichte, welche 17 Meilen dick die ganze Oberfläche der Sonne bedecken würde. Schon hieraus ergibt sich, daß die Wärme der Sonne nicht durch Verbrennung unterhalten werden kann. Sir William Thomson hat berechnet, daß, wenn die Sonne aus der besten englischen Steinkohle bestünde, dieselbe höchstens für 8000 Jahre Wärme von der gegenwärtigen Intensität entwickeln könnte, und am Ende dieser Zeit erlöschen müßte.

Aus den Angaben über die frühere Verbreitung solcher Kulturpflanzen, welche sehr empfindlich gegen die Aenderung der mittleren Temperaturzustände sind, wie der Weinstock und Oelbaum, und aus der Thatsache, daß die Verbreitungsgrenzen noch immer dieselben sind, läßt sich entnehmen, daß die Temperatur der Erde seit 4000 Jahren sich nicht merklich geändert hat, was nicht der Fall sein könnte, wenn die Temperatur der Sonne in dieser Zeit abgenommen hätte. Es muß also, da jeder glühende Körper in demselben Maße an Wärme verliert, als er sie in anderen erregt, für die bedeutenden Wärmeverluste der Sonne ein beständiger Ersatz eintreten, und liegt es dabei nahe, an eine Fortsetzung jenes Processes zu denken, der die in den Kräften der Materie schlummernde Anfangstemperatur erweckte. Wenn der Sonnenball noch immer einer Verdichtung unterworfen ist, so liegt darin ein beständiger Ersatz für seine bedeutenden Wärmeverluste.

Eine solche Verdichtung muß aber um so mehr angenommen werden, als die Sonne gegenwärtig die mittlere Dichtigkeit des Wassers nur wenig übertrifft. Nimmt man nun an, daß die Sonne im Verlaufe der Zeiten bis zu der etwa viermal größeren, mittleren Dichtigkeit der Erde sich zusammenziehen sollte, so würde dieses nach Helmholtz einer beständigen Wärmeerzeugung gleichkommen, welche genügt, den Betrag der gegenwärtigen Ausstrahlung auf 17 Millionen Jahre zu decken.

Eine Verkleinerung des Sonnendurchmessers ist nun allerdings seit historischen Zeiten nicht beobachtet worden. Aber da nach Helmholtz die Verkürzung des Durchmessers um seinen 100,000sten Theil dem Freiwerden einer Wärmemenge entspricht, gleich derjenigen, welche die Sonne in mehr als 2000 Jahren ausgibt, da ferner eine solche Verkürzung selbst mit den besten Instrumenten nicht gemessen werden könnte, so beweist die Nichtbeobachtung einer Verkleinerung keineswegs, daß keine stattgefunden habe. Es kann aber die Verdichtung der Sonne nur äußerst langsam geschehen; denn wäre die Sonne merklich größer, als sie jetzt ist, so würde ihre totale Verfinsterung durch den Mond nicht möglich sein, und da totale Verfinsterungen seit historischen Zeiten immer beobachtet wurden, so kann sie auch nicht merklich größer gewesen sein.

Wenn wir uns die größte Anzahl der Cometen mit Meteoritenschwärmen verbunden denken, so läßt sich nicht bezweifeln, daß in den Substanzverlusten derselben ebenfalls einiger Ersatz für die von der Sonne ausgestrahlte Wärme liegt. Vermöge der großen Anziehungskraft der Sonne müssen die Meteoriten in ungeheueren Mengen auf sie während jener kurzen Zeit stürzen, in welcher die Cometen, wie um dieser gefährlichen Situationen möglichst rasch zu entgehen, mit rasender Geschwindigkeit um ihr Perihel sich schwingen. Bei der bedeutenden kosmischen Geschwindigkeit der Meteoriten muß aber diejenige Wärme, welche sie im Sturze durch die hem-

mende Sonnenatmosphäre entwickeln, weit beträchtlicher sein, als die, welche sie als Heizmaterial erzeugen können. Denn die beim Stoße sich entwickelnde Wärme wächst mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, ist bei 2 facher, 3 facher und 4 facher Geschwindigkeit 4 Mal, 9 Mal und 16 Mal größer. Ein Kilogramm Kohle, wenn es mit einer Geschwindigkeit von 50 Meilen gegen die Sonne stürzen würde, erzeugt etwa 4000 Mal so viel Wärme, als wenn es verbrennen würde. Daß aber die von der Sonne angezogenen Meteoriten die Wärmeverluste derselben auf keinen Fall decken können, ergibt sich daraus, daß für die von der Sonne in jeder Minute ausgestrahlte Wärme ein genügender Ersatz nur liegen könnte im Herabstürzen einer Meteoritenmasse von 100,000 Billionen Kilogramm; würde daher der Ersatz in dieser Weise geschehen, so müßte die Masse und Anziehungskraft der Sonne so bedeutend vermehrt werden, daß sich unser Jahr bei jedem Umlauf der Erde um $^1/_2$ Sekunde verkürzen würde, was der Wahrnehmung nicht hätte entgehen können.

Wenn nun also die Sonne ihre Wärmeverluste durch Verdichtung ersetzt, so würde die Annahme, daß sie ewig leuchten werde, der Annahme einer immerwährenden Verdichtung gleichkommen; ein solcher Proceß läßt sich aber nur zeitlich begrenzt denken. Nach unberechenbaren Zeiten muß einst der Tag kommen, von dem an, weil die Verdichtung aufhört, Wärmeerzeugung und Wärmeausstrahlung der Sonne sich nicht mehr das Gleichgewicht halten, wie noch gegenwärtig; und wiederum ein Tag, an welchem der Wärmevorrath der Sonne — jetzt schon die einzige Wärmequelle der Erde, welche, das Schicksal ihrer Königin anticipirend, längst aufgehört hat, selbst zu leuchten — erschöpft sein wird.

Da nun die mittlere Temperatur der Sonne seit historischen Zeiten keine merkliche Abnahme, aber auch keine Zunahme, erfahren hat, und ihr Verdichtungsproceß eben nur den

Ersatz für ihre Wärmeverluste leistet, so müssen die ersten Anzeichen der nächsten Entwickelungsphase, in welcher die Temperatur abnehmen wird, sich schon bemerklich machen. An Stellen lokaler Temperaturerniedrigung auf der Oberfläche eines glühenden Körpers wird aber die Schlackenbildung eintreten, und werden sich solche Stellen durch ihre relative Dunkelheit bemerklich machen. Die Oberfläche der Sonne, durch das Teleskop gesehen, erscheint aber in der That besät mit dunklen Punkten, sogenannten Poren, und da auch Flecken von größerer Ausdehnung sichtbar werden, die sich oft Monate hindurch erhalten, so ist die Annahme eines festen Aggregatzustandes wenigstens der dunklen Kerne dieser Flecken die wahrscheinlichste. Da zudem das Spektrum dieser Flecken Linien zeigt, welche im Spektrum der Sonne fehlen, so wird dadurch auch eine solche Temperaturerniedrigung angezeigt, welche den vorübergehenden Eintritt chemischer Verbindungen gestattet. Die dunkle Farbe dieser Flecken beruht aber allerdings nur auf dem Contraste, indem sie noch immer die Helligkeit des Vollmonds 2000 Mal übertreffen. Vermöge der Centrifugalkraft der Sonne werden diese Flecken hauptsächlich nach der Aequatorgegend getrieben, und sich dort um so mehr anhäufen, als auch die Anziehung der Planeten, deren Bahnebenen ja mit der verlängerten Aequatorebene nahezu zusammenfallen, sie dort festhält.

Die Flecken der Sonne lösen sich zwar in der allgemeinen Gluthmasse immer wieder auf, aber sie erreichen doch oft eine Ausdehnung, daß sie sogar mit freiem Auge sichtbar werden. Dieses war z. B. der Fall bei jener Schlacke, die 1848 sichtbar wurde, und die Oberfläche der Erde 18 Mal übertraf. Durchmesser von 9000 Meilen sind nicht selten; ja 1850 zeigte die Sonne ein Schlackenfeld von 30,000 Meilen Durchmesser, welches also die Oberfläche der Erde 77 Mal übertraf. Abulfaradge erzählt sogar, daß im Jahre 535 die Sonne 14 Tage

hindurch verdunkelt war, und daß im Jahre 626 die Hälfte der Sonnenscheibe schwarz erschien. Mit Rücksicht auf solche Erscheinungen ist auch der Fixstern unseres Planetensystems den veränderlichen Sternen beizuzählen. Wenn aber diese Flecken jetzt nur als Inseln auf dem flüssigen Kerne herumschwimmen, so werden sie einst zusammenwachsend große Continente bilden, und endlich die ganze Oberfläche der Sonne bedecken.

Die Universalität der irdischen Gesetze nöthigt uns, für jeden glühenden Körper die Abkühlungstheorie anzunehmen. Gleichwohl hat die Theorie des durch seine Forschungen berühmten Astronomen Zöllner, der die Sonnenflecken als Anzeichen der Schlackenbildung erklärte, die allgemeine Anerkennung noch nicht gefunden. Vielmehr erfreut sich noch immer die Photosphärenhypothese unverdienten Beifalls, nach welcher die Sonne ein dunkler — nach Arago vielleicht sogar bewohnter — Weltkörper sei, der von einer selbstständigen, Licht und Wärme ausstrahlenden, gasförmigen Hülle — Photosphäre genannt — umgeben sei, durch deren zeitweilig eintretende trichterförmige Lücken Theile der dunklen Oberfläche der Sonne sichtbar werden, und das Phänomen der Flecken erzeugen. Aber durch die nachgewiesene qualitative Gleichartigkeit der kosmischen Stoffe hat die Universalität der irdischen Gesetze eine so feste Begründung erhalten, daß es unzulässig erscheint, kosmische Vorgänge anders zu erklären, als nach Analogie irdischer Vorgänge. Die Annahme eines dunklen Centralkörpers in der Mitte einer Photosphäre von solcher Glühhitze widerspricht aber in der That allen physikalischen Gesetzen; denn die Ausstrahlung der letzteren müßte, wie nach Außen, so auch nach Innen geschehen, und der, wie im Brennpunkte eines Hohlspiegels liegende Sonnenball müßte selbst in glühenden Zustand versetzt werden. Die Photosphärenhypothese ist also vom Standpunkte der Universalität der irdischen Gesetze zu verwerfen. Sie entstand zudem lediglich aus dem Bedürfnisse, die Sonnenflecken zu erklären;

da aber dieselben doch nur eine nebensächliche Erscheinung des Sonnenballs sind, und es unwissenschaftlich erscheint, zur Erklärung nebensächlicher Erscheinungen von einer Voraussetzung auszugehen, welche die wesentlichen Erscheinungen der Sonne, nämlich die außerordentliche Licht- und Wärmeentwicklung, unerklärt läßt, oder nur durch physikalische Widersprüche zu erklären vermag, so ist die Photosphärenhypothese auch aus diesem Grunde zu verwerfen. Dagegen ist die Hypothese Zöllner's, welche mit den wesentlichen, an der Sonne wahrnehmbaren, Erscheinungen im Einklang steht, und die relativ unwesentliche Erscheinung der Fleckenbildung in ungezwungener Weise nach Analogie irdischer Vorgänge erklärt, als wissenschaftlich allein zulässig anzusehen:

Die Sonne zeigt durch ihre Flecken jene ferne Zukunft an, da sie erkaltet sein wird.

Wenn der Weltraum von einem widerstehenden Medium erfüllt ist, so muß die Sonne allerdings durch das Herabstürzen der Planeten einen Zuwachs an Wärme erfahren, der den überlebenden Planeten zugutkäme, aber gleichwohl nicht lange vorhalten wird. Man hat berechnet, daß das Herabstürzen der Erde so viel Wärme hervorbringen würde, als 5600 Kugeln von reiner Kohle und gerade so groß, als die Erde, bei vollständiger Verbrennung erzeugen könnten; die Ausstrahlung der Sonne würde aber hiedurch doch nur auf 90 Jahre gedeckt sein, — ein Scheit Holz, das in den Feuerbrand geworfen wird! Ja, selbst wenn alle Planeten plötzlich in die Sonne stürzen würden, so würde doch nur so viel Wärme erzeugt werden, als die Sonne innerhalb 50,000 Jahren ausstrahlt. —

Die Gleichheit der kosmischen Stoffe nöthigt uns, die Entwicklung des Sonnenballs als typisch für alle Fixsterne anzusehen. Wenn also die Wissenschaft die einstige Erkaltung und Verfinsterung der Sonne als eine unerbittliche Consequenz aus allgemein gültigen Gesetzen anzusehen gezwungen ist, so

liegt die Annahme nahe, daß unter den Fixsternen sich welche finden müssen, die jetzt schon jenem Zustande verfallen sind, dem die Sonne erst entgegentreibt. Denn nur wenn alle Fixsterne gleichzeitig entstanden, und alle von der gleichen Größe wären, würden sie auch alle in der gleichen Entwicklungsphase stehen können; da jedoch beide Annahmen nicht zutreffen, so müssen in verschiedenen Regionen des Himmels verschiedene Entwicklungsstadien gleichzeitig gegeben sein. Sowohl die veränderlichen, als die neu auflodernden Sterne bestätigen das; endlich hat aber auch die von Bessel entdeckte Bewegung des Sirius, der innerhalb 49 Jahren eine Ellipse nach Art der Doppelsterne beschreibt, bewiesen, daß dieser Stern mit einem dunklen, oder wenigstens für unser Auge zu schwach leuchtenden, Sterne, mit dem er zu einem Binarsysteme verbunden ist, um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreist. Nur in Binar- und Gruppensystemen aber läßt sich die Existenz dunkler Sonnen mit Sicherheit nachweisen.

In unserem Sonnensysteme sind die dunklen Planeten dem Centralkörper untergeordnet, und dieser allein strahlt in eigenem Lichte. Aber wie in Bezug auf die mechanische Verfassung der Systeme, so scheinen auch in Bezug auf die Lichtverhältnisse in der Region der Fixsterne noch andere Combinationen vertreten zu sein, der Art, daß sich sowohl dunkle Körper um leuchtende drehen, wie leuchtende um dunkle, leuchtende um leuchtende, wie dunkle um dunkle. Die Bewegungsgesetze bleiben natürlich für alle Combinationen die gleichen.

So wird denn mit dem Nachweise verdunkelter Fixsterne jeder Einwurf hinfällig, der sich gegen die einstige Erkaltung unserer Sonne machen ließe.

IX.

Die Zukunft der Erde.

---

1. Vergleichende Astronomie.

Wie läßt sich die Zukunft der Erde nach wissenschaftlicher Methode construiren?

In allgemeinster Hinsicht ist die einzuschlagende Methode leicht zu bestimmen. Der gegenwärtige Zustand der Erde in geologischer und meteorologischer Hinsicht ist die Wirkung bekannter physikalischer Gesetze; diese Gesetze also sind es, deren ungehemmtes Fortwirken auch die zukünftigen Zustände bestimmen muß. Aber wenn eine solche, rein theoretisch, doch ohne innere physikalische Widersprüche, construirte Geschichte der Erde in der Richtung der Zukunft ohne Zweifel einen wissenschaftlichen Werth beanspruchen darf, so vermissen wir dabei doch schwer jene empirische Controle, welche in anderen Problemen der Astronomie anzuwenden ist, und wodurch oft nur ahnungsweise ausgesprochene Hypothesen nachträglich ihre Bestätigung erfuhren — wie z. B. die Nebularhypothese —, und dürfte daher jede Untersuchung eine hohe Berechtigung in Anspruch nehmen, welche den Spekulationen über die Zukunft der Erde noch eine andere Stütze verleiht, als welche in ihrer inneren physikalischen Widerspruchslosigkeit liegt.

Die hiebei einzuschlagende Methode kann aber nur wieder

die gleiche sein, die sich schon bei der Untersuchung des Fixsternhimmels bewährt hat. Wie dort von den kosmischen Nebeln ausgegangen wurde, als den einfachsten Gebilden, und alsdann die Uebereinstimmung der theoretisch gefundenen Glieder mit den empirisch gegebenen sich gezeigt hat, so daß die räumlich neben einander liegenden Erscheinungen sich als Glieder einer einzigen Causalreihe ergaben, so müssen auch alle im Sonnensysteme wahrnehmbaren Erscheinungen causaliter verbunden werden, so daß sie den empirisch gegebenen Zustand der Erde entweder vorbereiten, oder fortsetzen. Die Saturnringe, der glühende Sonnenball, die verschiedenen planetarischen Zustände, Cometen, Asteroiden und Meteoriten müssen in natürlichem Zusammenhange stehen, und es war daher ganz gewiß verfehlt und vom Standpunkte der Gleichheit der kosmischen Materie und der Universalität der irdischen Gesetze aus verwerflich, die letztgenannten Arten von Gestirnen, Asteroiden, Cometen und Meteoriten, aus diesem Zusammenhange zu reißen, und — wie es noch immer in neueren Hypothesen geschieht — statt sie als Phasen der gleichen Entwicklung anzusehen, ihnen eine mit den übrigen Erscheinungen gleichzeitige, aber wegen besonderer Ursachen anderartige Entstehung beizulegen. Ein solches Verfahren involvirt die Behauptung, daß im Sonnensysteme noch kein Glied über den planetarischen Zustand hinausgegangen sei, daß demnach alle übrigen Erscheinungen in die Vergangenheit einzureihen seien; da sie aber als vergangene Phasen in die gleiche Causalreihe sich nicht einfügen lassen, das Bedürfniß nach einheitlicher Erklärung aber verbietet, zwei gesondert neben einander herlaufende Causalreihen anzunehmen, so muß vorerst versucht werden, jene exceptionellen Erscheinungen in die Zukunft einzureihen, und erst, wenn die physikalische Unmöglichkeit eines solchen Verfahrens sich herausstellen sollte, würde die Berechtigung vorliegen, die Erklärungsprincipien, also die Causalreihen, zu vermehren.

In jeder Wissenschaft ist der Zusammenhang der Einzelprobleme ein so inniger, daß der allgemeine Fortschritt der ersteren mehr oder minder auch allen ihren Specialfragen zugutkommt, und wie die Einzelwissenschaften mehr und mehr zu einem weitverzweigten Erkenntnißbaume zusammenwachsen, so wiederum die Einzelprobleme der besonderen Wissenschaften. Der ungeahnte Fortschritt der Astronomie in den letzten Jahrzehnten muß uns daher mit dem Vertrauen erfüllen, daß auch die oben aufgeworfene Frage aus dieser Bereicherung Nutzen ziehen wird, und — um es gleich hier zu sagen — es läßt sich in der That in Kürze zeigen, daß die Frage nach der Zukunft der Erde ein spruchreifes Problem bildet.

Alle Errungenschaften der modernen Astronomie weisen aber convergirend auf jene zwei großen Principien hin: die Gleichheit der wesentlichen Eigenschaften aller Materie, und die universale Geltung derjenigen Gesetze, die wir auf der Oberfläche unseres kleinen Planeten walten sehen. Diese Principien müssen daher als unerschütterliche Basis für alle künftigen Untersuchungen angesehen werden, und auch in der vorliegenden Untersuchung darf hievon nicht abgegangen werden.

Es geht aber daraus hervor, daß alle Planeten unseres Systems die gleiche Entwicklungsgeschichte durchlaufen, daß sie nicht in qualitativ verschiedenen Processen sich befinden, sondern Exemplare Einer Art sind. Andrerseits muß uns aber schon die Entstehung der Planeten, durch *successive* Abtrennung vom Mutterkörper, von der Annahme abhalten, daß sich alle in der gleichen Entwicklungsphase befinden; vielmehr wäre hienach zunächst zu vermuthen, daß — da die Planeten vom nebelartigen Zustande in den feurigflüssigen übergehen und schließlich durch Abgabe ihrer Eigenwärme an den kalten Raum erstarren — die äußersten und zuerst abgetrennten Planeten in diesem Erstarrungsprocesse am weitesten vorgeschritten sein müßten,

und daß von den äußeren Grenzen des Systems gegen das Innere immer jugendlichere Entwicklungsphasen dargestellt würden. Davon ist aber gerade das Gegentheil der Fall: die inneren Planeten sind längst erstarrt, während sich die äußeren noch in einem Zustande sehr geringer Dichtigkeit befinden.

Die Geschwindigkeit, womit die Planeten ihre Entwicklungsgeschichte durchlaufen, ist demnach eine verschiedene, sie altern in ungleichen Zeitlängen, und von ihrem absoluten Alter, welches sich nach ihrer Geburtsstunde, nach der Anzahl ihrer Lebensjahre bemißt, ist das relative Alter zu unterscheiden, welches vom Tempo ihrer Entwicklung abhängig ist. Die inneren Planeten sind raschlebiger, als die äußeren. Da nun die Annahme stofflicher Verschiedenheiten ausgeschlossen ist, auch alle dem gleichen Einflusse des äußeren kalten Raums ausgesetzt sind, in dem sie schweben, so muß die Ursache der verschiedenen Raschlebigkeit der Planeten in anderen, als qualitativen, individuellen Besonderheiten, oder auch in anderen äußeren Einflüssen, als denen des Raums, und zwar in solchen gesucht werden, welche ihrer Natur nach geeignet sind, auf den Erstarrungsproceß beschleunigend oder retardirend einzuwirken, und welchen die Planeten in verschiedener Weise ausgesetzt sind.

Individuelle Besonderheiten der Planeten liegen nun in ihren quantitativen Größenunterschieden, und eine Verschiedenheit äußerer Verhältnisse ist in so ferne gegeben, als ihre Abstände von der Licht und Wärme spendenden Sonne höchst verschieden sind. Dieß sind aber in der That zwei Ursachen, welche für jeden Planeten eine andere Zeitlänge ergeben, innerhalb welcher er die der Erstarrung entsprechende Erniedrigung seiner Anfangstemperatur erfahren kann.

Diese beiden, die Raschlebigkeit eines Planeten bestimmenden, Faktoren sind aber von sehr ungleicher Wichtigkeit, und zwar liegt die entscheidende Bedeutung in den Größenunterschieden. Denn allerdings bemißt sich die äußere Wärme-

zufuhr nach dem Sonnenabstande, und die hieraus sich ergebenden Unterschiede sind so bedeutend, daß — wenn wir die Wärmemenge, welche die Erde von der Sonne empfängt, als Einheit ansetzen — folgende Zahlenwerthe für die übrigen Planeten sich ergeben: Merkur 6,67 — Venus 1,93 — Mars 0,44 — Jupiter 0,0372 — Saturn 0,0111 — Uranus 0,0026 — Neptun 0,0011; aber trotzdem sich daraus ergibt, daß die absolut älteren Planeten auch noch geringere Mengen an Sonnenwärme empfangen, die jüngeren dagegen unverhältnißmäßig mehr, trotzdem also ein doppelter Grund vorhanden wäre, für die äußeren Planeten eine beschleunigte, für die inneren eine langsame Entwicklung vorauszusetzen, stimmt doch die Reihenfolge der Dichtigkeiten der Planeten, worin sich ihr Abkühlungsgrad ausdrückt, damit nicht überein: die inneren Planeten, obwohl jünger an Jahren, und obwohl von Außen mehr erwärmt, sind gleichwohl dichter. Die Reihenfolge der Dichtigkeiten stimmt dagegen sehr gut überein mit der Reihenfolge der Größen; demnach erweist sich der Größenunterschied der Planeten als der ungleich wichtigere Faktor der Raschlebigkeit, dem gegenüber der Faktor des Sonnenabstandes vernachlässigt werden darf. Der Sonnenabstand der Planeten beeinflußt zwar das Tempo ihrer Abkühlung, aber doch in zu geringem Grade, als daß die aus dem Größenunterschiede sich ergebende Altersreihe umgestaltet, und eine Versetzung der Glieder vorgenommen werden müßte.

Der Zusammenhang zwischen der Größe eines Gestirns und seiner Raschlebigkeit ist aber klar; denn wenn der Betrag an Sonnenwärme, die Einstrahlung, für die respektiven Planeten so wenig in Betracht kommt, so muß die Raschheit ihrer Entwicklung abhängig sein in erster Linie von der Ausstrahlungsgeschwindigkeit ihrer Eigenwärme, und diese ist in der That abhängig von der Größe ihrer Oberflächen, welche zugleich ihre Ausstrahlungsflächen sind. So kühlt sich auch eine

heiße Flüssigkeit schneller ab, wenn wir ihre Oberfläche vergrößern, etwa indem wir sie aus der kleinen Schale in den Teller gießen.

Kugeln von gleicher Beschaffenheit und gleicher Temperatur kühlen sich um so langsamer ab, je größer sie sind, weil im Verhältniß zu ihrem kubischen Inhalte, also der von ihnen eingeschlossenen Wärmemenge, die Oberfläche, also Ausstrahlungsfläche, bei größeren Kugeln relativ kleiner ist. Die Abkühlungsfläche steht im Verhältnisse des Quadrats des Halbmessers, während der Inhalt wie der Cubus des Radius wächst. Wenn sich die Halbmesser von drei Weltkörpern zu einander verhalten, wie 1—2—3, so ist das Verhältniß der Oberflächen, also Ausstrahlungsflächen, wie 1—4—9, das der Inhalte, also Wärmemengen, wie 1—8—27.

Kleinere Kugeln erstarren also schneller, sie sind raschlebiger; und die kleinsten Körper des Sonnensystems haben so bereits das Greisenalter erreicht, während die größeren, obwohl älter an Jahren, noch in jugendlichem Zustande sich befinden, und vielleicht nicht einmal mit einer harten Außenrinde sich überzogen haben.

Indem wir aber immer im Auge behalten, daß alle Planeten einen und denselben Entwicklungsproceß durchlaufen, wenn auch in verschiedenen Zeitlängen, und ferner bedenken, daß jeder ein anderes Stadium dieses Processes repräsentirt, gelangen wir zu der bedeutsamen Folgerung, daß sich die Planeten gegenseitig zu einem Gesammtbilde planetarischer Entwicklung ergänzen, welches sich in großen Zügen offenbart, wenn wir in der richtigen Reihenfolge die an Planeten und Monden wahrnehmbaren Zustände aneinanderfügen. Ueber die Ordnung der Reihe kann aber ein Zweifel nicht bestehen; denn erstlich wissen wir, daß die Reihenfolge des relativen Alters mit der der Größe zusammenfällt, und kann zudem eine strenge Controle in der Untersuchung geübt werden, ob die

aneinander gereihten Entwicklungsstadien nach physikalischen, als universal erkannten, Gesetzen auf einander folgen, aus einander abgeleitet werden können. Die Reihenfolge der Größen muß mit der naturwissenschaftlichen Causalreihe zusammenfallen.

Die Geologie lehrt uns nichts über die tieferen Schichten des Erdballs, nur wenig über die entlegene Vergangenheit desselben, und nichts über seine Zukunft. Nun aber, da wir für Ergänzung dieser Geschichte auch anderen Planeten heranziehen, und in gegenseitigem Austausche unsere geologischen Kenntnisse auf die Planeten, die astronomischen auf die Erde anwenden können, zeigt es sich, daß nach dem Vorgange anderer Wissenszweige nun auch die Geologie aus beschreibender zur vergleichenden Wissenschaft geworden ist, also jenes Stadium erreicht hat, von dem an ein rascher Fortschritt unausbleiblich ist. Wir können nunmehr auch von einer „Geologie des Himmels" reden — ein contradiktorischer Ausdruck, der gestattet sein mag, bis sich die Wissenschaft über einen besseren schlüssig gemacht haben wird —, welche wohl geeignet zu sein scheint, jene Probleme zu lösen, welche die Geologie der Erde unbeantwortet läßt. Indem wir die geeigneten Exemplare unter den Planeten auswählen, wird uns ihr Studium gestatten, den Schleier zu lüften, der über der Vergangenheit und Zukunft des Erdballs liegt, und in der geeigneten Zusammenstellung der historischen Fragmente, welche uns die einzelnen Planeten liefern, werden wir in den Stand gesetzt, die Geschichte der ganzen Planetenspecies in wissenschaftlicher Weise zu entwerfen.

Da die Abkühlungszeit eines Planeten, also die Geschwindigkeit seiner Entwicklung, abhängig ist in erster Linie vom Verhältnisse seiner Oberfläche zu seinem kubischen Inhalte, also von seiner Größe, sodann aber von seinem Sonnenabstande, so würden bei gleicher Größe die entfernteren Planeten, bei gleichem Sonnenabstande die kleinen Planeten oder Monde als

die gealtertsten zu betrachten sein. Diejenigen Körper unseres Systems, bei welchen die beiden entscheidenden Abkühlungsfaktoren zu einer rascheren Entwicklung, als bei der Erde, sich vereinigen, müssen auch als älter, denn die Erde, und die auf ihren Oberflächen vorhandenen Zustände als solche angesehen werden, die sich auf der Erde mit der Zeit einstellen werden. Die Entwicklung der Erde in der durch solche gealterte Weltkörper angezeigten Richtung kann aber nur im Fortwalten der gleichen physikalischen Gesetze sich einstellen, welche den derzeitigen Zustand der Erde herbeigeführt haben, und noch bestimmen; es kann demnach die Richtigkeit der Theorie dadurch einer Probe unterstellt werden, daß wir in Anwendung physikalischer Principien den Zustand der Erde theoretisch weiter entwickeln, und zusehen, ob sich eine Uebereinstimmung mit Zuständen eines der raschlebigeren Körper ergibt, oder nicht.

Da nun die Untersuchung der teleskopisch besterreichbaren Körper am meisten Ausbeute verspricht, so dürfte es gerathen sein, unsere Nachbarn, Venus, Mars und den Mond, besonders ins Auge zu fassen.

Der Theorie nach repräsentirt Mars unsere nächste Zukunft; denn früher entstanden, als die Erde, ist er bedeutend kleiner, als sie, und zudem von der Sonne um 19 Millionen Meilen weiter entfernt; in noch fernerer Zukunft der Erde muß sich aber ihre Uebereinstimmung mit dem Monde ergeben, welcher viel kleiner, als Mars, eine relativ größere Oberfläche, also Ausstrahlungsfläche, besitzt. Venus dagegen muß als jünger, denn die Erde, angesehen werden, da sie später entstanden und, bei ungefähr gleicher Größe, der Sonne um etwa 5 Millionen Meilen näher steht, demnach ihr ausstrahlender Wärmebetrag durch Einstrahlung mehr ersetzt wird, als bei der Erde.

Wenn aber schon teleskopische Gründe dafür sprechen, daß wir gerade diese unsere Nachbarn zur Vergleichung heranziehen,

so empfiehlt sich diese Wahl um so mehr, als sich gerade bezüglich dieser Gestirne auch eine größere chemische Verwandtschaft voraussetzen läßt. Zwar ist durch die Spektralanalyse in unzweifelhafter Weise die Gleichheit der kosmischen Materie bis zur Entfernung der äußersten, uns wahrnehmbaren, Nebelflecke dargethan worden, und läßt sich daher in dem kosmischen Nebel, aus welchem unser Sonnensystem entstanden ist, eine ziemlich gleichartige, ursprüngliche Vertheilung der damals in ihre chemischen Bestandtheile zerstreuten Materie annehmen, so daß also von diesem Standpunkte aus alle Planeten zur Vergleichung gleich geeignet erscheinen, und nicht qualitative Unterschiede, sondern nur solche in den Mischungsverhältnissen anzunehmen sind; indessen muß bei dem Mangel eines absoluten Gleichgewichts der Kräfte, womit die Theile eines kosmischen Nebels auf einander wirken, die Vertheilung derselben sich verändern; es mußte, so lange nur räumliche Bewegung der gravitirenden Stofftheile, aber noch keine chemische Verbindung eintrat, gruppenweise Scheidung des Gleichartigen vom Ungleichartigen einigermaßen eintreten, so daß also bei räumlicher Nähe immerhin auch auf eine größere chemische Verwandtschaft geschlossen werden darf, und wenigstens die Mischungsverhältnisse gleichartiger sein müssen.

Schon in der Fixsternenwelt ist eine solche Gruppirung der Gegensätze nachweisbar: nicht nur sind die Sterne im Allgemeinen in sehr ungleicher Weise vertheilt, indem sich die meisten kosmischen Nebel um die Pole der Milchstraße gelagert haben, die meisten Sterne in der Ebene der Milchstraße sich befinden, in der wiederum sternlose Wüsten mit dichten Anhäufungen wechseln, — sondern auch in Bezug auf die Farbe der Sterne, welcher doch eine bestimmte physikalische Beschaffenheit zu Grunde liegen muß, sind verschiedene Gruppen wahrnehmbar, Anhäufungen von rothen, in anderen Regionen von blauen Sternen, während gelbe in allen Gegenden des Himmels

vorkommen. Endlich stimmen die Spektra der Fixsterne, also ihre stoffliche Zusammensetzung, um so mehr mit der Sonne überein, je näher sie uns liegen; je weiter wir aber gegen die Region der kosmischen Nebel fortschreiten, desto geringer ist die Anzahl der identischen Stoffe, bis wir endlich in diesen Nebeln selbst nur mehr zwei irdische Stoffe erkennen: Stickstoff und Wasserstoff. Wieder finden wir in einzelnen Sterngruppen die stoffliche Uebereinstimmung größer bei räumlicher Nähe. So sind die zahlreichen Sterne im Orion mit wenigen Ausnahmen vom gleichen Typus: die breiten Streifen in ihrem Farbenspektrum fehlen, und die im Violet sind nur schwer sichtbar. Andere Sternbilder dagegen sind zusammengesetzt aus Sternen von anderer Famimilienähnlichkeit: im großen Bären, im Stier und Löwen herrschen weiße Sterne vor, im Wallfische orangefarbige. Ueberhaupt findet ein gleiches spektroskopisches Verhalten in gleichen Regionen vielfach statt, das nur im Sinne größerer Verwandtschaft zu deuten ist, und das irdische Gesetz, daß Gleichartiges auf gleiche Kräfte gleich, Ungleichartiges ungleich reagirt, hat also auch die Vertheilung kosmischer Stoffe bestimmt.

Aehnliches ist auch in der Planetenwelt zu beobachten, z. B. das genaue Zusammenfallen eines Bandes im Uranusspektrum mit einem solchen seiner Nachbarn Jupiter und Saturn; Roth und Orange im Uranusspektrum haben wiederum dieselben eigenthümlichen Linien, wie bei Jupiter, wie denn überhaupt diese beiden Gestirne so viele Analogien zeigen, daß auf eine analoge physische Beschaffenheit geschlossen werden darf.

Es muß daher allerdings der gegenwärtige Zustand der Erde im Großen und Ganzen ein Durchgangsstadium für jede planetarische Entwicklung sein, ihre Geschichte muß typisch sein für alle Planeten, indem bei ihrer durchschnittlichen materiellen Uebereinstimmung nur Unterschiede der Entwicklungszeiten vorhanden sein können; aber teleskopische, wie spektralanalytische

Gründe verweisen uns in der Wahl für das vergleichende Studium auf unsere nächsten Nachbarn: Venus, Mars und Mond. —

2. Die Vergangenheit der Erde.

Die Veränderungen, welchen unsere Erde entgegengeht, können nur als eine natürliche Fortsetzung ihres vergangenen Entwicklungsprocesses angesehen werden; es dürfte daher gerathen sein, diese Vergangenheit in aller Kürze zu charakterisiren:

Die Erde ist aus dem glühend gasförmigen Zustand, den die kosmischen Nebel repräsentiren, in den glühend flüssigen Zustand übergegangen, in welchem die Fixsterne von constanter Helligkeit sich noch befinden; später, als die Anfänge der Schlackenbildung eintraten, glich sie unserer Sonne, ging sodann in das mit Rothgluth verbundene Stadium der veränderlichen Sterne über, und erlosch endlich, nachdem sie sich mit einer Kruste überzogen hatte, die in unregelmäßigen Senkungen und Hebungen sich bewegte und schließlich erstarrte. Diese aus saueren Silicaten bestehende Kruste zeigt selbst gegenwärtig noch offene Stellen in den thätigen Vulkanen, und als die letzten Nachklänge jener Katastrophen, welche die erstarrte Kruste gewaltsam sprengten, und vielleicht mehrmals die Erde als neu auflodernden Stern erglänzen ließen, reichen noch die vulkanischen Ausbrüche bis in unsere Zeit. Wenn die von Redtenbacher auf 55,200° Celsius berechnete Anfangstemperatur der Erde annähernd richtig ist, so kann die Abkühlung bis zur Bildung einer harten Außenrinde nur in unberechenbaren Zeiten eingetreten sein; denn, wie schon erwähnt, zeigen Bischof's Versuche mit einem Basaltwürfel, daß 350 Millionen Jahre nöthig waren, nur um die Erde von 2000° auf 200° abzukühlen.

Wie alle glühenden Körper erlosch die Erde bei einer Temperatur von etwas unter 1000°. Heiße Dämpfe lagerten über den ersten Rindenansätzen, und so lange die Temperatur dieser Atmosphäre noch über dem Siedepunkt des Wassers stand, war noch kein Wasser auf der Erde; Wasserstoff und Sauerstoff waren noch ungetrennt, und alle derzeitigen Meere schwebten noch dampfförmig in der Atmosphäre, welche, undurchdringlich für Sonnenstrahlen, tiefe Schatten auf die Erde warf. Der weiteren Abkühlung von 1000° auf 100°, bei welcher der Sauerstoff den Wasserstoff verbrennt, und die Gewässer sich niederschlagen, mußte eine Verkürzung des Erddurchmessers um etwa 50 Meilen entsprechen; die Erde verlor daher im Verhältniß ihrer Abkühlung mehr und mehr ihre sphäroidische Gestalt, und meilenbreite Risse und Sprünge entstanden in der Rinde, auf welche sich alsdann, nachdem die Temperatur der Erde unter den Siedepunkt des Wassers sank, die Meere in gewaltigen Regenschauern sich niederschlugen, um sofort wieder verdampft zu werden, aber ungeheuere Wärmemengen der heißen Rinde entzogen und an den Raum abgaben. So ging der gewaltige Kampf zwischen Feuer und Wasser fort, bis die Erde von jenen schweren, verdunkelnden Dämpfen gereinigt war. Heiße, und später laue Meere bedeckten gleichförmig den Planeten; die gleichmäßig warme Temperatur derselben wird bewiesen durch die identischen marinen Thierreste an zahlreichen Fundstellen von der arktischen Zone bis zur Südspitze Amerikas. Erst mit dieser Reinigung der Atmosphäre brach für unsere Erde der Tag an; die Sonne warf ihre Strahlen auf die Meere, aus welchen die hohen Gebirgsrücken allmählig emportauchten, und mit dem Herabsinken der Temperatur auf etwa 100° hob der lange und biologische Proceß in den Meerestiefen an, und setzte sich auf den Ländern fort, von welchen immer größere Areale bloßgelegt wurden, indem die Erstarrungskruste die Gewässer auffog und chemische Verbindungen damit

einging. Die Masse aller Gesteine ist von feinen Haarspalten durchzogen und von mikroskopischen Poren angefüllt, in welchen vermöge des bedeutenden Druckes der darüberliegenden Wassersäule das Wasser eindringt. Es gibt keine Gesteinsart, die als undurchdringlich für Wasser angesehen werden kann; nach Durocher enthalten sogar Gneiß und Granit 0,0127 Procent absorbirten Wasserstoffes. Die Mineralien der Erstarrungskruste gingen aber auch chemische Verbindungen mit dem absorbirten Wasser ein. Silicate und Metalloxyde nehmen im Verlaufe längerer Zeit Wasser chemisch auf, ohne eines von ihren Elementen zu verlieren; Anhydrit — wasserfreier schwefelsaurer Kalk — kann in kurzer Zeit durch Aufnahme von Wasser bis zu $^1/_4$ seines Gewichtes in Gyps, also wasserhaltigen schwefelsauren Kalk, verwandelt werden. Auch Eisenoxyd wird durch chemische Verbindung mit dem Wasser in Eisenoxydhydrat verwandelt, wie z. B. auf der Insel Elba. Die Erscheinungen bei vulkanischen Ausbrüchen weisen aber darauf hin, daß schon bei der Bildung der Eruptivgesteine Wasser thätig war: alle Eruptionen sind mit starken Dampfausströmungen und Explosionen verbunden, und die Wasserdämpfe, welche aus den Rissen und Spalten der Lavaströme entweichen, wenn diese erkalten, zeigen an, daß die flüssigen Lavamassen von überhitztem Wasser oder Wasserdampf imprägnirt sind.

Die Hydratation der Erdkruste mußte mit dem Wachsen dieser Kruste, die selbst heute nur wenige Meilen dick ist, fortschreiten. Der Spiegel der Meere mußte also beständig sinken. Einen der zahlreichen Beweise dafür hat Murray darin gefunden, daß unsere Koralleninseln fast überall in gleicher Höhe über dem Meeresspiegel liegen. Die Polypen bauen nämlich ihre Korallenriffe bis dicht unter den Meeresspiegel; nur das spätere Sinken dieses Spiegels erklärt daher die gleiche Höhe dieser Riffe, welche nicht wohl vorhanden wäre, wenn diese Inseln durch Hebungen freigelegt worden wären.

Aber auch eine qualitative Verschiedenheit der Urmeere von den heutigen Oceanen ist nachweisbar, indem z. B. die in den ältesten Felsenschichten eingeschlossenen Reste fossilen Meerwassers reicher an Kalk und Magnesiasalzen sind, als unsere Meere, welche zur Bildung der Kalkfelsen ihren kohlensauren Kalk abgegeben haben. Die zahllosen Meeresbewohner, welche zum Schutze ihrer Weichtheile eine Kalkschale absondern, die Polypen, Echinodermen, Mollusken und Foraminiferen, welche weite Areale des früher für unbelebt gehaltenen tiefsten Meerbodens bevölkern, entziehen dem Meere noch fortwährend kohlensauren Kalk.

Aber auch die Atmosphäre der Erde hat bedeutende Veränderungen erlitten. Sie war ursprünglich weit reicher an Kohlensäure, als heute; der Kohlenstoffgehalt der Kohlenstoffverbindungen war einst als Kohlensäure in der Luft enthalten. Diese Reinigung der Atmosphäre geschah durch die Ausdehnung des Pflanzenreiches, mit dem sich die Erde überzog. Unsere großen Lager fossiler Brennstoffe beweisen, daß die alte Vegetation die Kohlensäure der Luft zerlegte, indem sie den Kohlenstoff an sich zog, den Sauerstoff dagegen frei machte und zurückgab. Die Uebereinstimmung fossiler Pflanzen in den arktischen Regionen und am Aequator beweist, daß die klimatischen Unterschiede in der früheren Zeit nicht bestanden, und erklärt sich dieß, abgesehen von der damals noch gleichmäßig fühlbaren Erdwärme auf der ganzen Oberfläche, auch aus der größeren Dichtigkeit der damaligen Atmosphäre, welche die Sonnenwärme in größeren Mengen aufspeicherte, und in gleichmäßiger Weise über die Oberfläche verbreitete.

In der Steinkohlenperiode, als die Erdrinde ihre gegenwärtige Dicke noch nicht erreicht hatte, genügte die innere Erdwärme noch, die Meere zu erwärmen, und auf der Erdoberfläche eine gleichförmige, tropische, mit Feuchtigkeit der verdunstenden Gewässer geschwängerte Atmosphäre zu erzeugen. Bei

dieser Treibhaustemperatur, die auf 20—25° R. geschätzt wird, wuchsen riesenhafte Gefäßkryptogamen, baumartige Farnkräuter, Sigillarien und Lepidodendren in den jetzt unwirthlich gewordenen Polarländern; diese Ueppigkeit des Pflanzenwuchses war aber nicht nur durch die Wärme des Klimas, sondern auch durch den Kohlensäurereichthum jener Zeit bedingt. Heute finden sich diese Farnkräuter nur mehr auf tropischen Inseln, deren hocherwärmte, und von der Feuchtigkeit des Meeres durchdrungene Luft, den damals über alle Welttheile gleichmäßig verbreiteten physikalischen Verhältnissen noch einigermaßen gleichkommt; der feurigflüssige Erdkern ist nun mit einer viel dickeren, schlecht leitenden, Kruste überzogen, welche die innere Wärme nicht mehr warnehmen läßt.

Die ehemaligen carbonischen Landschaften von sehr geringem Formenreichthum, aber von außerordentlicher Ueppigkeit, war die Heimath der ersten luftathmenden Thiere, riesengroßer Saurier, Tausendfüße, Termiten und einiger Skorpionen. Da den Lungenthieren ein hoher Gehalt von Kohlensäure in der Luft tödlich ist, so konnten dieselben erst ins Dasein treten, nachdem jene üppige Vegetation der Steinkohlenperiode der Atmosphäre die Kohlensäure entzogen hatte. Aber auch durch die Erdrinde selbst, durch Umwandlung der Silicate in Carbonate hat die Atmosphäre beteutende Quantitäten Kohlensäure verloren.

So lange also die innere Erdwärme die Temperatur der Oberfläche noch gleichmäßig bestimmte, konnte das Klima des Nordens von dem des Aequators nicht sehr verschieden sein, daher wir denn auch in den Kohlenlagern von Spitzbergen und Australien die gleichen Pflanzen eingeschlossen finden. Mit der weiteren Erkaltung aber verschwand diese Gleichmäßigkeit, das Klima wurde abhängig von dem zweiten der das Abkühlungstempo bestimmenden Faktoren, nämlich vom Sonnenabstande, und Klimazonen differenzirten sich je nach der Sonnenbestrah-

lung, d. h. je nach dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen; denn daß in der That die klimatische Wärme weniger abhängt vom Sonnenabstande, als von der Annäherung an ein senkrechtes Auffallen ihrer Strahlen, zeigt sich sehr auffallend darin, daß unser Sommer in der Sonnenferne der Erde eintritt, der Winter dagegen in der Sonnennähe, woraus sich das Gegentheil der thatsächlichen Temperaturdifferenzen ergeben müßte, wenn wir nicht im Sommer die Sonne über dem Scheitel hätten, während sie im Winter nur einen kleinen Bogen über dem Horizonte beschreibt, und nur schräge Strahlen uns zusendet. Das Zusammenfallen von Perihel und Winter, von Aphel und Sommer, ist übrigens veränderlich, und nach etwa 10,000 Jahren wird hievon das Gegentheil eingetreten sein.

Die Differenzirung der Klimazonen in der Juraperiode und Kreidezeit bedingte auch eine von der Entfernung vom Aequator abhängige Verschiedenheit der nördlichen und südlichen Flora. Bestimmter noch trat diese Sonderung in der Tertiärperiode ein, die Thier- und Pflanzenwelt nahm mehr und mehr den dem Breitegrade entsprechenden Charakter an, und mit dem Zurückweichen der Isothermen gegen den Aequator zogen sich auch Flora und Fauna in ihre jetzigen Verbreitungsbezirke zurück.

In das Ende der Tertiärperiode aber fällt die Entstehung des ersten Eises an den Polen.

Welcher weiteren Entwicklung geht nun die Erde entgegen?

Wäre die der Erde zugeführte äußere Sonnenwärme je ein genügender Ersatz gewesen für den Verlust an ausgestrahlter Wärme, so würde sich unser Planet niemals mit einer Kruste überzogen haben. Die Erde verliert also beständig mehr Wärme, als sie empfängt, und ihre Kruste muß gegen das Innere zu ständig wachsen. Im gleichen Verhältnisse aber werden die Gewässer von den Gesteinen absorbirt werden, und bei der

nachweisbaren Absorptionsfähigkeit der Steine ist um so weniger daran zu zweifeln, daß einst alle Gewässer an die Mineralien gebunden sein werden, als das Gewicht aller Oceane nur $^1/_{24000}$ des Gewichtes der Erde beträgt, welche bei sich gleich bleibender Absorptionsfähigkeit das Dreifache der vorhandenen Gewässer aufsaugen könnte. Es werden also alle Oceane verschwunden sein, lange bevor die Erde bis ins innerste Mark erstarrt sein wird. Das Ende dieses Processes kann allerdings nur in sehr ferner, unbestimmbaren Zukunft liegen; denn es ist uns weder die Temperatur des Erdkerns bekannt, noch die Schnelligkeit, womit die Abkühlung eintritt, und nur als annähernde Schätzung kann es angesehen werden, wenn Bischof für das Herabsinken der Temperatur einer Basaltkugel von Erdgröße um 1° eine Zeit von 9 Millionen Jahren verlangt.

Aber auch die gegenwärtige Zusammensetzung der Atmosphäre kann nicht als unveränderlich angesehen werden. Sie erfährt noch immer eine beständige Einbuße an Kohlensäure, welche sie abgibt zur Bildung der Schalen und Knochen unzähliger Thiere, mit Einfluß des großen Wirbelthierreiches; daraus muß sich eine beständige Verarmung des Pflanzenreiches ergeben, die sich schon darin zeigt, daß die Ueppigkeit der carbonischen Pflanzen nie wieder erreicht worden ist. Mit der Verarmung des Pflanzenreiches geht aber auch die des Thierreiches Hand in Hand. Endlich bedingt die fortgesetzte Abkühlung eine beständige Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Luft durch Oxydation der Minerale, und bedroht das organische Leben. Wie die Gewässer der Erde muß also auch ihre Atmosphäre von den festen Massen mehr und mehr absorbirt werden; denn sogar die festesten Gesteine, wie die Geologie nachweist, enthalten atmosphärische Bestandtheile. Sowohl in Bezug auf Höhe, wie Dichtigkeit, unterliegt die Atmosphäre einer beständigen Abnahme, und nach den an geschmolzenem und abgekühltem Granit vorgenommenen Unter-

suchungen von Deville und Delleſſe kann ein gänzliches Aufgeſaugtwerden der Luft um ſo weniger bezweifelt werden, als die Abſorptionsfähigkeit der feſten Maſſen weit größer, als nöthig, iſt, um die ganze Atmoſphäre, deren Volumen nur etwa $^1/_{240}$ des Volumens der Erde beträgt, in ſich aufzunehmen. Werfen wir nun vom Standpunkte dieſer Vorgänge einen vergleichenden Seitenblick auf Venus, welche der Theorie nach unſere Vergangenheit repräſentirt, da ſie jünger an Jahren iſt, und bei günſtigerem Sonnenabſtande nahezu die doppelte Wärmemenge empfängt, in Bezug auf Volumen aber mit der Erde faſt übereinſtimmt: Ihre große Lichtſtärke läßt ſich ſehr gut mit der Annahme eines ſie bedeckenden ſpiegelnden Stoffes vereinigen, als welchen wir der Analogie gemäß Waſſer vorausſetzen können, das vermuthlich noch den größten Theil ihrer Oberfläche bedeckt. Auch ihre Atmoſphäre, wie auch die Merkurs, iſt bedeutend dichter, als die irdiſche. Venus repräſentirt alſo jene Entwicklungsſtufe, welche die Erde bereits hinter ſich hat.

Mars dagegen müßte der Theorie nach jene Zuſtände, welche die Erde erreicht hat, geſteigert darſtellen, da er älter an Jahren iſt, und bei geringerem Volumen, wie ungünſtigerem Sonnenabſtande, ſchneller erkalten mußte. Die Theorie wird aber in der That durch die vergleichende Aſtrophyſik vollkommen beſtätigt.

3. Die Phaſe des Mars.

Mars offenbart eine ſehr merkwürdige Verwandtſchaft mit der Erde, und eignet ſich ganz beſonders zur Beobachtung, weil gerade während ſeiner größten Sonnennähe die Erde zwiſchen ihm und der Sonne ſteht.

Man braucht nur einen Blick auf Proctor's im Jahre 1873 entworfene Marskarte zu werfen, um die Gegenſätze zwiſchen Meeren und Feſtländern zu erkennen; aber während

die Erde noch zu $^2/_3$ ihrer Oberfläche mit Wasser bedeckt ist, nimmt bei Mars das Festland die Hälfte der Oberfläche ein, er hat seine Meere in größerem Maße absorbirt. In Hinsicht auf die Umrisse dieser Meere verräth Mars im Gegensatze zur Erde die Eigenthümlichkeit langer, schmaler Meerzungen; aber unsere Tiefseeforschungen haben auch ergeben, daß, wenn in fortschreitender Absorption der Gewässer der Spiegel unserer Meere — deren mittlere Tiefe auf 5000 Meter geschätzt wird — um 4000 Meter sinken würde, nicht nur ausgedehntere Festländer bloßgelegt, sondern auch die Umrisse unserer Meere alsdann in Uebereinstimmung gebracht sein werden mit den so eigenthümlich geformten Marsmeeren.

Wie bei der Erde, so ist auch bei Mars die Sonderung klimatischer Zonen längst eingetreten; aber er setzt die irdischen Zustände fort, indem seine polaren Eis- und Schneefelder, welche in großer Ausdehnung vorhanden sind, schon weiter gegen den Aequator vorgerückt sind. Sie erweitern oder verengen sich in Uebereinstimmung mit den Jahreszeiten; so hat man im Jahre 1781 ein bedeutendes Anwachsen des südlichen Schneefeldes bemerkt, nachdem für dasselbe ein 12monatlicher Winter vorausgegangen war, während zwei Jahre später, nachdem es 8 Monate hindurch von der Sonne bestrahlt worden war, die Schneegrenze sich wieder weit zurückgezogen hatte. Im Jahre 1837 hatte sich der Schneefleck des Südpols, dessen Variationen die der nördlichen Eiszone weit übertreffen, während seines Winters so weit über Mars verbreitet, daß ein Durchmesser desselben von etwa 70 Grad sich ergab. Die Centra dieser beiden Polarflecke fallen mit den Rotationspolen des Mars nicht genau zusammen, und stehen auch nicht einander gegenüber; es scheinen also, wie bei der Erde, so auch bei Mars die Kältepole mit den Rotationspolen nicht zusammenzufallen.

Was nun die Atmosphäre des Mars betrifft, so läßt sich zwar aus Wolkenbildungen und heftigen Strömungen eine

solche nachweisen; aber eben diese heftigen Strömungen, deren Geschwindigkeit aus der Bewegung atmosphärischer Flecken abgeleitet werden konnte, und welche auf Stürme schließen lassen, welche die Stürme unserer Atmosphäre beinahe um das Doppelte an Geschwindigkeit übertreffen, beweist, daß die Atmosphäre des Mars leichter verschiebbar, also viel weniger dicht ist, als die der Erde. Es ist daher kaum zu bezweifeln, daß also auch in dieser Hinsicht die Zukunft der Erde angedeutet wird, und daß unsere Atmosphäre, die in der Steinkohlenperiode ungemein dicht und schwer, darum aber auch nicht so stürmisch war, als gegenwärtig, von immer heftigeren Stürmen bewegt werden wird.

Die geringe Dichtigkeit der Marsatmosphäre folgt endlich auch noch aus ihrer Durchsichtigkeit, welche deutlich die Gegensätze von Dunkel und Hell, von Continenten und Oceanen auf seiner Oberfläche, und ähnliche Contraste in der Färbung uns gewahren läßt, wie sie unsere Meere, Länder, Sandwüsten und Urwälder, aus Marsferne beobachtet, zeigen würden.

4. Die Phase des Mondes.

Wenn die Planeten raschlebiger sind, als ihr gemeinschaftlicher Centralkörper, die Sonne, die erst in das erste Stadium der Schlackenbildung eingetreten ist, die kleinen Planeten wiederum schneller erkalten, als die großen, so müssen die Monde wiederum raschlebiger sein, als ihre respektiven Planeten.

Mars ist etwa 6 Mal kleiner, als die Erde; der Erdenmond aber wiederum 8 Mal kleiner, als Mars, und seine Oberfläche beträgt nur $^3/_{40}$ von derjenigen der Erde. Der Mond mußte daher schon zu einer Zeit erkaltet sein, als die Erde noch Wärme und Licht ausstrahlte.

Die Anwesenheit von Meeren auf der Oberfläche des Mondes ist vielfach bestritten worden, da sich eine Atmosphäre dieses Gestirns nicht nachweisen läßt, die Anwesenheit in der Sonne verdampfenden Wassers aber nothwendig eine Atmo-

sphäre erzeugen müßte. Indessen hat Zöllner in seinen photometrischen Untersuchungen nachgewiesen, daß zwar flüssige Meere auf dem Monde nicht vorhanden sein können, daß aber keine der bekannten Beobachtungen gegen die Annahme von Schnee- und Eisfeldern spricht, die alsdann als Reste der früheren Wasserbedeckung anzusehen wären. Unter der Annahme nun, daß auch der Mond einst von Meeren bedeckt gewesen, und daß der Spiegel derselben noch tiefer gesunken sei, als bei Mars, müßten die Umrisse der restirenden Mondmeere jene der Marsmeere gesteigert darstellen; diese Reste der Gewässer müßten sich erst in die tiefsten Betten zurückgezogen haben, die, von Erdferne aus gesehen, als schmale lange Canäle sich darstellen würden, in Folge weiterer Absorption aber müßten diese Canäle allmählig ihren Zusammenhang verloren haben. Unter dieser Voraussetzung müßten sich jetzt auf der Mondoberfläche zahlreiche, relativ kurze und schmale, in hellem Lichte erglänzende Streifen bemerklich machen, da wir nur an gefrorene Meeresreste von starkem spiegelnden Glanze denken können.

Es erscheint mir sehr wahrscheinlich, daß wir in den relativ kurzen hellen Lichtstreifen, welche, meistens 3—4 Meilen breit, über alle Theile der uns sichtbaren Mondoberfläche verbreitet sind, solche erstarrte Meeresreste sehen. Man hat dieselben lange Zeit hindurch als Bergketten auf den Mondkarten eingetragen; da sie indessen bei schiefer Beleuchtung keine Schatten zeigen, können sie nicht Unebenheiten des Bodens sein, und daß sie um so heller glänzen, je höher die Sonne über ihnen steht, stimmt mit der Annahme von Eisflächen gut überein. Allerdings finden sich solche Lichtstreifen nicht nur in den Thälern und Ebenen, sondern sie erstrecken sich auch oft über die Gebirge mit dem gleichen starken Reflexionsvermögen, breiten sich auch strahlenförmig von den Ringgebirgen aus; aber je genauer die Oberfläche des Mondes untersucht wird, desto mehr werden wir auch dahin gedrängt, eine kolossale Gletscherent-

wicklung auf ihm anzunehmen, indem von den in ewigem Eise erglänzenden Gipfeln und Kraterrändern weit herab in die Ebene Gletscherströme züngeln, und Moränen von ungeheuerer Ausdehnung vor sich ablagern.

Aber auch hinsichtlich der Atmosphäre verräth der Mond solche individuelle Eigenthümlichkeiten, welche seinem Alter entsprechen, und die Zustände des Mars fortsetzen. Wenn die Mondscheibe einen Stern bedeckt, so verschwindet dieser plötzlich in dem Augenblicke, da er — perspektivisch genommen — mit jener in Berührung kommt; und wenn der Stern hinter der Mondscheibe wieder hervortritt, so wird er eben so plötzlich wieder sichtbar. Sein Licht erfährt also keine Ablenkung, und daraus ergibt sich unmittelbar, daß der Mond keine Atmosphäre besitzt, die irgendwie in Betracht kommen könnte. Auch das Spektrum solcher Gestirne erfährt keinerlei Veränderung vor der Bedeckung, also dann, wenn ihre Strahlen die eventuelle Mondatmosphäre passiren müßten, die wenigstens durch Lichtabsorption eine Vermehrung der dunklen Linien im Spektrum herbeiführen würde. Die Abwesenheit einer Atmosphäre wird auch durch den gänzlichen Mangel von Wolkenbildungen bestätigt, sowie durch den Schatten der Mondgebirge, der vollkommen schwarz ist, und keine Halbschatten zeigt. Wie die beleuchteten Stellen der Mondoberfläche unmittelbar an tiefbeschattete grenzen, so gehen auch die Helligkeit des Tages und das Dunkel der Nacht für den Mond unmittelbar in einander über, ohne daß, durch eine Atmosphäre vermittelt, eine Dämmerung vorherginge; auch die auf der Erde durch ihre Atmosphäre vermittelten räumlichen und zeitlichen Uebergänge von Hitze und Kälte folgen auf unserem Trabanten unvermittelt. Da nun aber die vulkanischen Krater auf seiner Oberfläche auf frühere Anwesenheit von Wasser und Luft schließen läßt, so muß der Mond seine Meere und Atmosphäre absorbirt haben.

So ergeben also Venus, die Erde, Mars und der Mond

sowohl in Bezug auf die Gewässer, wie die Atmosphäre, die gleiche Altersreihe. Wenn aber die allen Planeten gemeinsame Entwicklungsgeschichte der Art ist, daß die Oberflächen ursprünglich von Meeren bedeckt sind, daß allmählig Inseln und Continente auftauchen, und sich mit Vegetation überziehen, daß die Meere immer mehr absorbirt, die Atmosphären immer dünner werden, und wenn die in Betracht gezogenen Planeten verschiedene Stadien dieser Entwicklung repräsentiren, so muß bei so bedeutenden Unterschieden der Oberflächen und Luftschichten auch der Betrag des von ihnen zurückgeworfenen Sonnenlichtes ein sehr verschiedener sein. Es ist demnach zu untersuchen, ob die Photometrie bezüglich der lichtreflektirenden Kraft dieser Weltkörper, ihrer sogenanten Albedo, die gleiche Altersreihe ergibt; denn der Verschiedenheit der Albedo muß nothwendig ein stofflicher Unterschied der Oberflächen zu Grunde liegen. Es ergeben aber in der That auch die photometrischen Untersuchungen Werthe von der gleichen Reihenfolge, welche im Bisherigen auf anderem Wege gefunden wurde: Venus, wohl zum größten Theile mit Meeren bedeckt, hat die größte, Mars eine geringere, der Mond — wenn wir aus der sehr ungleichen lichtreflektirenden Kraft seiner Oberflächentheile einen Mittelwerth berechnen — hat die geringste Albedo.

Die uns zugewendete Mondseite ist übersät mit etwa 50,000 ringförmigen Gebirgen und Kraterbecken von theilweise außerordentlichem Umfange, — erstarrte Schlünde von ehemaligen Vulkanen, die aber zum Theile wieder ausgefüllt sind, und einen festen, blasenförmig aufgetriebenen Boden zeigen, auf dem Centralberge bis gegen das mittlere Niveau der Mondfläche sich erheben. Diese außerordentliche Anzahl von erloschenen Vulkanen bedeckt hauptsächlich den südlichen Theil der uns sichtbaren Mondhälfte; der Mond, dessen Oberfläche ungefähr dem Areale Amerikas gleichkommt, und geringer ist, als Rußland und Sibirien zusammengenommen, ist demnach ungleich reich-

licher mit Vulkanen versehen, als die Erde, auf deren Oberfläche nur 410 Vulkane gezählt werden. Eben so große Unterschiede sind auch bezüglich der Dimensionen der Krater vorhanden: die größten Krater der Erde haben Durchmesser von 3—7 Kilometer; dagegen haben auf dem Monde der Krater Gaus 178, Hevel 114, Clavius 129, Hekatäus 185, Moretus 125, Ptolemäus 184 Kilometer Durchmesser. Die Kratertiefen scheinen auf dem Monde im umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser zu stehen: Der Krater Cleomedes hat bei einem obersten Durchmesser von 17 Meilen eine Tiefe von 9000 Fuß; für das Ringgebirge Newton fand Mädler eine Tiefe von 23,362, für Tycho von 16,662, für Casatus von 19,514, für Harpalus von 14,872 Fuß, — Tiefen, welche sich weit unter die umgebende Mondoberfläche erstrecken; denn z. B. Harpalus überragt dieselbe auf seiner Außenseite nur um 2576 Fuß.

Die Höhe der Mondgebirge ist ebenfalls außerordentlich. Während auf der Erde kein Berg ist, dessen Höhe viel mehr betrüge, als $^1/_{700}$ des Erdhalbmessers, hat der viel kleinere Mond Berge, welche $^1/_{315}$ seines Halbmessers hoch sind. Die Mondberge sind also wohl niedriger, als die höchsten Berge der Erde; aber im Verhältniß zur Größe des Mondes weit über zweimal höher.

Es sind also auf dem Monde einst vulkanische Kräfte von außerordentlicher Art in Thätigkeit gewesen, und die analogen vulkanischen Erscheinungen auf der Erde nehmen sich dagegen wie reines Kinderspiel aus. Der Mond stimmt also hinsichtlich der vergangenen Entwicklung mit der Erde sehr wenig überein. Da nun die nahe materielle Verwandtschaft dieser beiden Gestirne uns verbietet, eine jenem Unterschiede entsprechend große stoffliche Verschiedenheit derselben vorauszusetzen, und nur quantitative Differenzen von irdischen Vorgängen auf dem Monde anzunehmen sind, so muß für diesen individuellen Charakter der Entwicklung des Mondes eine äußere Ursache

vorhanden sein; er erklärt sich aber ungezwungen aus dem Einflusse des so nahen und mächtigen Erdballs:

Die Anziehungskraft des Mondes auf die flüssigen Theile des Erdkörpers bewirkt das Phänomen der Ebbe und Fluth, und in geringerem Grade muß sich dieser Einfluß auch auf das schmelzflüssige Innere der Erde erstrecken, — nicht als ob jedoch alle Erdbeben aus diesem Einen Erklärungsprincip abzuleiten wären. Der ungleich mächtigere Erdball muß aber weit bedeutendere Fluthwellen des flüssigen Mondkerns, wie später der Mondmeere, erzeugt haben, welche in gewaltigen Erscheinungen gegen ihren Einschluß durch die Erstarrungskruste sich auflehnten, und mit um so größerem Erfolge thätig waren, als ihnen vermöge der geringen Mondmasse eine $6^1/_2$ Mal geringere Schwere seiner Rindentheile entgegenwirkte, und daher selbst nur bei gleicher Intensität der vulkanischen Kräfte der Erde und des Mondes die Gebirge des Mondes relativ viel höher emporgehoben werden mußten.

Die bedeutende Nähe des großen Erdballs mußte aber auch noch in anderer Weise der Entwicklung unseres Trabanten ein bestimmtes Gepräge geben: In der langen Periode, da die Erde noch Wärme und Licht ausstrahlte, mußte die uns permanent zugekehrte, dieser Strahlung ausgesetzte Mondfläche mehr Wärme empfangen, als die dem Sonnenlichte allein ausgesetzte abgewendete Seite. Hieraus ergab sich auf ersterer ein lebhafteres Verdampfen der Flüssigkeiten, deren Dämpfe, nach Analogie der Cometenschweife von der Erde abgestoßen, entsprechend der geringeren Temperatur der abgewandeten Seite, auf dieser sich niederschlugen. Dieser Proceß, durch lange Zeiträume fortgesetzt, mußte die ursprünglich gleiche Vertheilung der Mondmasse ganz verändert, und den Schwerpunkt dieses Köpers weiter nach der abgewendeten Seite verlegt haben. Mit dieser Theorie Zöllners stimmt die thatsächliche Excentricität des Mondschwerpunktes, der 8 Meilen weiter von

uns abliegt, als der stereometrische Mittelpunkt unseres Trabanten, sehr gut überein.

5. Das Ende des biologischen Processes.

Lange bevor die Erde ihre Meere und Atmosphäre aufgesaugt haben wird, wird alle Vegetation und alles animalische Leben von ihrer Oberfläche verschwunden sein. Man könnte allerdings geneigt sein, anzunehmen, daß gleichwie in dem Maße, als seit der Steinkohlenperiode die Atmosphäre immer dünner und trockener wurde, und der Wärmegehalt der Meere sich verringerte, auch eine Anpassung der Flora und Fauna eintrat, so auch in Zukunft das Princip der Anpassung Hand in Hand mit den veränderlichen Existenzbedingungen thätig sein werde; aber die hohe Wahrscheinlichkeit eines solchen Processes selbst zugegeben, so liegt doch in der fernen Zukunft der Erde eine Grenze, jenseits welcher das organische Leben absolut unmöglich ist, und welche durch die einstige Erkaltung der Sonne gezogen ist.

Theon von Smyrna nannte die Sonne das Herz unseres Systems. Und in der That, wenn dieses Herz zu pulsiren aufgehört haben wird, dann wird auch die Erde nur mehr als Weltleiche in Betracht kommen, und nur mehr die Eine Bewegung wird an ihr wahrzunehmen sein, vermöge welcher sie als todte Steinmasse die Sonne umkreist.

Der Zusammenhang zwischen der Menge der Sonnenflecken und der Wärmeausstrahlung der Sonne ist mit Sicherheit nachzuweisen. Schon Herschel fand das Gedeihen der Vegetation abhängig von dem Betrage der Schlackenbildung, und verglich in dieser Hinsicht die Kornpreise fleckenreicher und fleckenarmer Jahre, während Gruithuysen die Dürren von 1811 und 1842 dem Mangel von Sonnenflecken in diesen Jahren zuschrieb. Durch Wolf und Köppen ist ein Parallelismus zwischen Sonnenflecken und der Temperatur der Erde in be-

stimmtester Weise nachgewiesen worden, so daß sich die Schwankungen der mittleren Temperatur deutlich in den Perioden der Sonnenflecken wiederspiegeln. Wenn nun aber ein Zusammenhang besteht zwischen der Wärmemenge, welche die Erde empfängt, und der Zahl und Ausdehnung der Flecken, so muß zwischen diesen und der Regenmenge ein ähnliches Verhältniß vorhanden sein; in der That hat Lokyer gefunden, daß in den fleckenarmen Jahren wenig Regen, im Maximum der Sonnenflecken dagegen nicht unbeträchtlich mehr Regen fällt. Ebenso hat Klein einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Cirruswolken und derjenigen der Sonnenflecken gefunden. Endlich haben direkte Messungen mit Sicherheit erwiesen, daß den Flecken eine geringere Temperatur zukommt, als den übrigen Oberflächentheilen der Sonne, woraus alle die erwähnten Erscheinungen als natürliche Wirkungen sich ergeben.

Wenn einmal die Ausstrahlung der Sonne nicht mehr gedeckt wird durch die Wärmeentwicklung, die aus ihrer Verdichtung folgt, so wird dieß für unsere Erde zur Folge haben, daß von jener Feuchtigkeit, die nun als Regen herabfällt, immer mehr in Fom von Schnee sich niederschlagen wird, die Schneegrenze wird immer tiefer von den Bergen herabsteigen — soweit die Höhen des Gebirges mit den Tiefen der Meere noch nicht ausgeglichen sein werden —, die Polarzonen werden immer größere Ausdehnung gewinnen, und die durch bedeutende Schneeanhäufungen abgekühlte Luft wird von winterlichen Nebeln erfüllt werden die den Sonnenstrahlen den Durchgang verwehren.

Mit der Bewegung der Isothermen von den Polen zum Aequator müssen sich aber auch die Verbreitungsbezirke derjenigen Thiere und Pflanzen verengen, welche den neuen klimatischen Verhältnissen sich nicht anzupassen vermögen. Wie die einst über die ganze Erde gleichmäßig verbreitete Flora und Fauna der Steinkohlenperiode bis zum Aequator zurückgedrängt wurde, in dem Maße als die Erde ihre Eigenwärme

verlor, wie die früheren Birkenwälder der Insel Island und der shetländischen Inseln verschwunden sind, und die Rothtanne, die noch in historischen Zeiten in Irland Wälder bildete, jetzt nur mehr näher dem Aequator zu finden ist, so werden allmählig alle Pflanzen und Thiere aus den kälteren Regionen weichen. Es ist dieß nur die Fortsetzung derselben Bewegung, die schon in der bisherigen Entwicklung stattgefuuden hat. Denn die erste Sonderung klimatischer Zonen auf dem noch feurigflüssigen Erdball trat in der Weise ein, daß vorerst an den beiden Polen continentale Massen sich bildeten, und diese haben auch zuerst jenen Abkühlungsgrad erreicht, wobei der organische Proceß anheben konnte. Die ersten Organismen sind in den polaren Meeren entstanden, und sind erst von dort gegen den Aequator vorgedrungen. Die Urformen der Pflanzen und Thiere, und damit auch die Geheimnisse unserer Stammesgeschichte, liegen somit unter dem Eise der beiden Pole begraben. Denn wie die erste Landthierfauna eine polare Fauna war, so war auch der Ahne des Menschen ein Bewohner der arktischen und antarktischen Regionen; und wie er von dort schon weit abgedrängt wurde, so wird er auch die jetzt noch gemäßigten Klimate verlassen, und unter Vertilgung der Ureinwohner sich in den Besitz von Afrika und Australien theilen. Je mehr die schon jetzt auf 1300 Millionen gestiegene Anzahl der Menschen sich vermehren wird, desto mehr werden sie durch die zusammenrückenden Eiszonen zusammengedrängt werden, und werden schließlich in furchtbaren Kämpfen um die, gegenwärtig noch nicht einladenden, tropischen Länder streiten, welche alsdann längst aufgehört haben werden, dieser Benennung zu entsprechen, aber die letzte Zufluchtsstätte der dem Untergange geweihten Geschöpfe sein werden. Jene grönländischen Eskimos aber, welche familienweise erfroren in ihren Schneehütten gefunden wurden, halten uns das Lebensbild der Menschen vor, die einst, als die letzten ihrer Art, am Aequator erfrieren werden.

Mag die Wärme der Sonne, die sich jetzt noch durch Verdichtung ersetzt, auf noch so lange Zeit vorhalten, so muß doch die gänzliche Bedeckung der Sonne mit Schlacken unfehlbar eintreten. Das Ende des biologischen Processes aber muß in eine dieser Erkaltung des Sonnenballs weit vorausgehende Epoche verlegt werden; denn wenn die Meteorologie den Nachweis führt, daß selbst an wolkenlosen Tagen und zur Mittagszeit $^1/_3$—$^1/_2$ der uns von der Sonne zugesendeten Wärme von der Atmosphäre absorbirt wird, so folgt daraus, daß das Leben auf unserem Planeten schon dann aufhören wird, wenn die Sonne ihren Wärmevorath etwa bis zum letzten Drittel erschöpft haben wird; und nur in so ferne wird diese Folgerung etwas einzuschränken sein, als eine minder heiße Sonne auch eine minder starke Verdunstung der Gewässer herbeiführen wird, also die Atmosphäre auch aus diesem Grunde an Dichtigkeit beständig verlieren wird, so daß einige Zeit hindurch die Wärmeabnahme der Sonne durch die geringere Absorption ihrer Strahlen in der alsdann dünneren Atmosphäre in Ansehung der Erde aufgewogen werden wird.

Schließlich aber wird sich die Erde jener erschreckend niedrigen Temperatur des Raums gegenüber befinden, welche nach Fourier 60°, nach Pouillet 142°, nach Desormes und Anderen 273° Celsius beträgt. Wenn Back im Januar 1834 in Fort Reliance unter $62^1/_2{}^0$ nördlicher Breite das Weingeistthermometer auf 56,7° Celsius sinken sah, so muß, da die tiefsten Temperaturen nur durch Wärmeausstrahlung an den noch kälteren Himmelsraum entstehen können, die allgemeine Temperatur des Raums noch bedeutend tiefer, als 57° sein. Dieß hat sich auch empirisch bestätigt bei Gelegenheit des Meteoritenfalls in Dhurmsalla in Indien am 14. Juli 1860. Die noch rauchenden Steine wurden von den Einwohnern zerschlagen, und, obwohl schon einige Durchwärmung derselben eingetreten sein mußte, und jene Temperatur, womit sie die

Atmosphäre der Erde erreichten, nicht mehr vorhanden sein konnte, besaßen doch die inneren Bruchflächen eine so geringe Temperatur, daß sie nicht ohne lebhaftes Schmerzgefühl berührt werden konnten. Bei einer solchen Temperatur, bei der sich sogar alle Wasserstoffdämpfe niederschlagen müssen, wird sich die Erde mit einer ungeheueren Schnee- und Eiskruste bedecken, unter welcher das ganze Pflanzen- und Thierreich begraben liegen wird, wie schon jetzt unser Urahne unter dem Polareise. —

Alle Kraftäußerungen, jede Art von Bewegung auf der Erde, läßt sich mit Ausnahme der vom Monde erzeugten fluthenden Bewegung der Atmosphäre und der Meere, so lange diese noch nicht erstarrt sein werden, auf die Sonnenwärme als ihre letzte Ursache zurückführen:

Was vorerst die mechanischen Bewegungen betrifft, so ist der meteorologische Proceß das großartigste Beispiel von Verwandlung der Wärme in mechanische Arbeit. Die Sonnenwärme ist es, die einen Theil der Gewässer verdampft, und in die Höhe hebt, aus der sie als Regen oder Schnee sich wieder niederschlagen, um als Bäche und Ströme in die Ebene und wieder zurück ins Meer zu gelangen. Der ganze Kreislauf des Wassers beruht also auf Sonnenwärme als letzter Ursache; die ungeheueren Kräfte des fließenden Wassers und alle daraus folgenden meteorologischen Erscheinungen und geologischen Veränderungen der Oberfläche sind nur in andere Form verwandelte Sonnenwärme; der gleiche Betrag von anziehender Kraft, welchen die Sonne überwinden mußte, um die verdunstenden Wasseratome in die Höhe zu heben, wird wieder ausgegeben durch das Herunterfallen des Regens und das Abfließen der Gewässer ins Meer. Ebenso sind die Winde auf ungleiche Erwärmung der Luftschichten zurückzuführen, und die gleiche Ursache ist es, welche die regelmäßigen Passatwinde, und im Meere jene Strömungen herbeiführt, die das warme Wasser

des Antillenmeeres nach den englischen Küsten, und das Treibeis des Nordpols gegen den Aequator führen. Die Kraft, welche unsere Mühlen treibt und unsere Segel schwellt, ist nur ein minimaler Bruchtheil von Sonnenwärme, die wir benützen.

Nicht anders steht es um die Bewegung durch Maschinen. Stephenson, der Erfinder der Lokomotive, war auch einer der Ersten, welche erkannten, daß die bewegende Kraft nur umgewandelte Sonnenwärme sei. Die Bewegung des Kolbens beruht auf Verdampfung des Wassers, diese auf der Wärme, welche die Verbrennung der Steinkohle erzeugt; die Steinkohlenlager aber lassen sich als fossile Sonnenwärme bezeichnen, sie enthalten als Produkte organischer Zersetzung eine Summe jener Kraft, welche die Sonne vor Zeiten in Form von Licht und Wärme zusendete, und welche latent in der Erdrinde ruhte, bis sie aus den Bergwerken gehoben wurde. Denn nur unter der Mitwirkung des Sonnenlichtes, welches die Kohlensäure der Luft zersetzt, vollzieht sich der Assimilationsproceß der Pflanzen, welche Wasserstoff und Kohlenstoff an sich ziehen. Dieselbe Kraftsumme, welche die Sonne einst aufwendete, um 1 Kilogramm Kohlenstoff aus der Luft auszuscheiden, wird wieder verbraucht, wenn diese Kohle durch Verbrennung wieder zur Kohlensäure wird, und welche dabei 8080 Wärmeeinheiten erzeugt, die 54,666 Pferdekräften entsprechen.

Die Kräfte, vermöge welcher die Pflanzen aus der Luft die ihnen nöthigen Bestandtheile an sich ziehen, bestanden also früher in Form von Sonnenstrahlen; das Aufleben der Vegetation im Sommer, das Absterben derselben im Winter, sowie die Ueppigkeit der Tropen im Vergleiche mit den nördlichen Zonen, beweisen augenscheinlich diese Abhängigkeit des Pflanzenlebens vom Sonnenlichte. Selbst jene Pflanzen, welche, wie die Pilze, im Dunkeln gedeihen, wachsen nur auf Kosten sich zersetzender organischer Stoffe, sind also indirekt ebenfalls von der Sonne abhängig.

Das Thierleben ist wiederum direkte oder indirekte vom Pflanzenleben abhängig. Wenn der im Pflanzenleben vorgehende Proceß wesentlich ein Desoxidationsproceß ist, das thierische Leben dagegen ein Oxidationsproceß, indem die Pflanze aus der Luft den Sauerstoff ausscheidet und freigibt, Wasserstoff und Kohlenstoff dagegen an sich zieht, und zu Aesten, Blättern und Samen verarbeitet, während das Thier, indem es diese Produkte verdaut, durch Oxidation derselben wieder Kohlensäure und Wasser herstellt, so erscheint in der Wärme des thierischen Leibes nur wieder jene von der Sonne ausgegangene Kraft, welche das Pflanzenreich gedeihen ließ. Vom Standpunkte des Ernährungsprocesses ist demnach die Pflanze nach dem Ausdrucke des Aristoteles ein verkehrtes Thier.

Wenn aber Brennmaterial und pflanzliche Nahrung unmittelbar auf die Energie der Sonnenstrahlen sich zurückführen lassen, so unterscheidet sich die fleischliche Nahrung nur in so ferne davon, als die Fleischfresser die pflanzliche Nahrung erst zu sich nehmen, nachdem sie durch einen thierischen Körper hindurchgegangen. Jene Pflanzenstoffe, die wir vermöge der Einrichtung unserer Organe nicht direkt aufnehmen können, nützen wir indirekte dadurch aus, daß wir sie vorerst den Verdauungsorganen der Rinder überliefern, und in brauchbare Form umwandeln lassen. Dieselben chemischen Kräfte, welche also die Vegetation erzeugten, werden in den Vorgängen des Thierleibes wieder ausgegeben, daher sich auch das thierische Leben dort am reichsten entfaltet, wo das Pflanzenleben am üppigsten gedeiht.

Auch jene Erscheinungen, welche subjektiv als Veränderungen im Bewußtsein auftreten, beruhen objektiv auf molekularen Veränderungen des Nervensystems, und mag es auch nicht bewiesen werden können, daß die Gesetze von der Umwandlung der Kräfte auch auf das Gebiet des Geistes sich erstrecken, und daß auch hier die Umwandlung nach äquivalenten

Beträgen geschieht, so ist doch so viel klar, daß die vitalen Vorgänge thatsächlich mit den geistigen Vorgängen immer verbunden auftreten, und daß sie sich von einander nicht trennen lassen, selbst wenn kein direkter Causalzusammenhang zwischen ihnen bestehen sollte. Wir sind also auch in geistiger Hinsicht nur Kinder der Sonne, und alle jene Kräfte und Bewegungen, die sich im gesellschaftlichen Organismus der Menschheit entfalten, sind wieder auf dieselbe Kraftquelle, die leuchtende Sonne, zurückzuführen. Wenn England das in seinem Schoße aufgespeicherte Kapital von Sonnenwärme, nämlich seine Steinkohlenlager, in längstens drei Jahrhunderten erschöpft haben wird, dann wird auch die industrielle Bewegung nach solchen Ländern verlegt werden, welche noch große Kohlenschätze besitzen; und wenn sich eine Abhängigkeit der Anzahl unserer Heirathen von den Kornpreisen nachweisen läßt, so zeigen sich die Kornpreise wieder abhängig von der Häufigkeit oder Seltenheit der Sonnenflecken.

Alle geologischen, meteorologischen und vitalen Veränderungen, alle Bewegungen, die wir künstlich herbeiführen durch Verbrennung von Kohle, alle geistige und gesellschaftliche Regsamkeit auf unserem Planeten, verrathen also ihren solaren Ursprung; die nützlichsten wie die verderblichsten Kräfte der Natur entstammen dem leuchtenden Fixsterne unseres Planetensystems, sind nur proteusartige Verwandlungen jener Kraft, welche in Gestalt von Sonnenstrahlen zu uns gelangt, die aber ihrerseits wieder bedingt ist von jener universalen Schwerkraft, welche in der Anziehung der Atome des ursprünglichen Sonnennebels Wärme und Licht hervorrief.

Aber wenn die Quelle aller dieser Kräfte einst versiegt sein wird, wenn der letzte Rest des der Erde von der Sonne zugeführten Wärmevorrathes in Form einer von der Erde ausgestrahlten Wärmeschwingung an den Raum zurückgegeben sein wird, dann wird auch jede Art von Bewegung zum Stillstand

gebracht sein. Mit der Erkaltung der Sonne ist auch das Schicksal unseres Planeten hinsichtlich seiner Bewohnbarkeit besiegelt.

So repräsentiren denn die Sonne und der Mond weit auseinander liegende Stadien der Entwicklung unserer Erde. Die Sonne deutet auf unsere Vergangenheit, der in den Fesseln der Erstarrung liegende Mond auf unsere Zukunft. Als ein Kind der Sonne hat die Erde ihren Lauf begonnen, als ein erstarrter Planet wird sie ihn fortsetzen, um schließlich zur Quelle ihres Ursprungs wieder zurückzukehren. Und mag auch jene Wissenschaft, welche sich gezwungen sieht, die Resultate der exakten Forschung anzunehmen, ohne doch liebgewordenen Vorurtheilen entsagen zu können, einen weisen Zusammenhang darin erblicken, daß die Planeten in dem Maße, als die Sonne ihre schöpferische Kraft verliert, durch allmählige Verengung ihrer Bahnen sich ihrem Centralherde nähern, wie die Insassen einer Stube dem Ofen um so näher rücken, je mehr er an Wärme verliert, so ist damit doch jenem bedeutsamen Memento mori, welches zu uns redet, den Schlackenfeldern, womit sich die Sonne zu überziehen beginnt, nur eine kurze Galgenfrist abgerungen, um welche sich der Untergang der irdischen Geschöpfe noch verzögern mag.

6. Die Zeichen des Verfalls im Sonnensysteme.

a. Der Ursprung der Asteroiden.

Die Asteroiden, Cometen und Meteoriten, also jene Weltkörper, an welchen wir nicht jene Zweckmäßigkeit der Bewegung bewundern können, welche im Planetensysteme sich offenbart, bewegen sich doch, gleich diesen, nach dem Gravitationsgesetze; und da in diesem Gesetze der die Auslese des Zweckmäßigen besorgende Faktor erkannt wurde, so dürfen auch jene Weltkörper nicht als von der Thätigkeit dieses Faktors ausgeschlossen an-

gesehen werden. Ihr Widerspruch in Ansehung des Mechanismus läßt sich daher nur so erklären, daß diese Weltkörper jenem auslesenden Princip noch nicht lange genug unterworfen, also erst später ins Dasein getreten sind. Da nun aber die Entwicklung eines kosmischen Systems immer im Sinne eines Ausgleichs vorhandener Widersprüche geschieht, dieselben also eine beständige Verringerung erfahren müssen, und die Harmonie der Glieder immer vollkommener sich gestalten muß, bis die conservative Anpassung erreicht ist, so können neu eintretende Widersprüche nur dem absteigenden Aste der Entwicklung angehören. Wir sind daher logischer Weise gezwungen, die Asteroiden, Cometen und Meteoriten als die ersten Anzeichen des beginnenden Verfalls zu erklären; aber diese Folgerung könnte erst dann als unumstößlich erscheinen, wenn wir auch von der physikalischen Seite zu ihr gelangen würden, d. h. wenn auch in der, nach physikalischen Principien theoretisch vorgenommenen, Verfolgung der Geschichte der Planetenspecies den bisher dargestellten Stadien ein Stadium des Verfalls sich anreihen würde.

Da nun bei der qualitativen Gleichartigkeit der planetarischen Entwicklung nothwendig alle räumlich neben einander gegebenen Erscheinungen des Systems in die natürliche Causalreihe eingefügt werden müssen, aber nach dem Bisherigen nur mehr jene exceptionellen Weltkörper als erklärungsbedürftig erübrigen, so ergibt sich, daß wir behufs der Erklärung unmittelbar an jene Phase anknüpfen müssen, welche wir am Monde wahrnehmen.

Es frägt sich also, welcher weiteren Entwicklung ein Weltkörper entgegengeht, welcher, gleich dem Monde, die Atmosphäre und Meere fast gänzlich aufgesaugt hat, und über welchen sich das weiße Leichentuch der Erstarrung auszubreiten beginnt. Als den Repräsentanten dieser nächsten Phase müssen wir einen solchen Weltkörper aufsuchen, bei welchem die beiden

Abkühlungsfaktoren, Kleinheit des Volumens und Sonnenabstand, zu einer rascheren Entwicklung sich vereinigen, und so finden wir uns zunächst an die Asteroiden verwiesen, als zu welchen die Brücke zu schlagen noch die relativ geringsten Schwierigkeiten zu bieten scheint. Wenn aber der Mond als Repräsentant der vorausgegangenen Phase anzusehen ist, die Asteroiden aber als ein Schwarm von kleinen Weltkörpern erkannt wurden, so präcisirt sich unsere Aufgabe zu dem Nachweise, daß bei noch weiter fortschreitender Erstarrung eines Weltkörpers sein Zerfall in Fragmente eintreten muß, und zwar in Folge der physikalischen Veränderungen, welche die immer weiter gehende Erstarrung mit sich bringt. Da aber, wie in jeder Entwicklung, so auch in der kosmischen die Natur keine Sprünge macht, so läßt sich hoffen, daß wir am Monde solche Veränderungen einigermaßen wenigstens angedeutet finden werden.

Wenn ein Weltkörper seine Eigenwärme an den Raum ausstrahlt und erstarrt, so wird die Dicke seiner Erstarrungskruste beständig zunehmen, der Durchmesser des ganzen Körpers aber sich beständig verkürzen, und im Nachsinken der Rindentheile werden die Unebenheiten seiner Oberfläche um so größer werden, je weniger sie ausgeglichen werden durch Niederschläge seiner Atmosphäre und Gewässer. Je mehr er diese ursprünglichen Umhüllungen aufgesaugt haben wird, desto mehr werden die erstarrende Kälte des Raums und die ausdörrende Sonnenwärme gleichsinnig dahin wirken, daß er, gleich der Ackerkrumme unter ähnlichen Verhältnissen, sich faltet. Risse und Sprünge werden immer länger werden, und immer tiefer hinabreichen.

Zeigt sich aber schon unsere Erde als eine stark gerunzelte Alte, so sind die Unebenheiten der Mondoberfläche noch viel charakteristischer; in der ganzen Rauhheit ihrer Formen ragen seine, von keiner atmosphärischen Verwitterung betroffenen, Gipfel empor, die Kraterränder sind zackig, und fallen steil in

das Innere ab. Schmale, tiefe Rillen, in der Spaltung der Mondoberfläche entstanden, durchziehen, fast gerade laufend, oder wenig gekrümmt, als dunkle Linien mit steilen inneren Wänden, aber ohne äußere Böschung, die Mondscheibe. Ihre Länge beträgt 20—300 Kilometer, ihre Breite 500—3000 Meter, und findet sich die größte Breite meist an Zwischenstellen, während sie an den Enden meist spitz zulaufen. Oft auch sieht man sie vor Bergen Halt machen, welche die Verlängerung gehindert zu haben scheinen. Ihre Tiefe endlich beträgt 400—500 Meter. Daraus, daß diese Rillen sogar zahlreiche Krater durchziehen, so daß sie die Ränder derselben sprengen, und in selbständigen Wällen durch die Höhlung derselben sich fortsetzen, ist mit Sicherheit auf ihren späteren Ursprung zu schließen: die Krater stammen aus jener entlegenen Vergangenheit, da die Oberfläche des Mondes zu erstarren begann, und vulkanische Kräfte sie zerwühlten; die Rillen dagegen stammen aus jüngerer Zeit, als nach gänzlicher Einstellung der vulkanischen Thätigkeit die Oberfläche den Einflüssen des kalten Raumes und Sonnenstrahlung im Wechsel und in extremer Weise ausgesetzt war, da keine Atmosphäre mehr vorhanden war, welche Wärme aufspeichern, und die Extreme vermitteln konnte. Die merkwürdigste dieser Spalten, wovon mehr als hundert gezählt wurden, ist die des Ringgebirges Hyginus, welche 10 Krater durchsetzt, ohne in der Richtung zu wechseln, und die Wälle des Hyginus selbst durchbricht.

Dieser Proceß der Rillenbildung, wenn er bei fortschreitender Erstarrung immer größere Proportionen annimmt, muß aber allerdings den spontanen Zerfall eines solchen Weltkörpers in Fragmente herbeiführen. Um indessen auch in negativer Weise diese Hypothese Meunier's zu begründen, sind auch noch jene Hypothesen zu untersuchen, in welchen man die Entstehung der Asteroiden in anderer Weise zu erklären suchte, und zu welchen man durch das Vorurtheil eines gleichzeitigen

Ursprungs der Planeten und Asteroiden veranlaßt wurde, wobei die eigenthümliche Anordnung der letzteren lokalen Ursachen zugeschrieben wurde. Wir stehen indessen vor einer solchen Nöthigung gar nicht, und da vielmehr die mechanische Unzweckmäßigkeit dieser Anordnung den späteren Ursprung andeutet, so geht schon daraus hervor, daß diese Erklärungshypothesen fehlschlagen mußten. Sie mögen gleichwohl in Kürze erörtert werden:

Nach Olbers sind die Asteroiden Sprengstücke eines ehemaligen Planeten, der durch eine Katastrophe zertrümmert wurde, wobei die Fragmente in verschiedener Stärke und Richtung auseinander geschleudert wurden. Diese Hypothese erfordert aber jenen Punkt, wo die Katastrophe eintrat, als gemeinschaftlichen Kreuzungspunkt für alle Asteroidenbahnen, und ein solcher Punkt, zu welchem alle Asteroiden zurückkehren würden, weil sie von ihm ausgegangen wären, ist nicht nachzuweisen. Die Hypothese widerspricht aber zudem mechanischen Gesetzen, sobald der Nachweis geführt ist, daß die Asteroidengruppe aus einem bereits erkalteten Planeten entstand. Bei jeder Bewegung, welche durch Zusammenstoß gehemmt wird, wird Wärme erzeugt, d. h. die Bewegung wird nicht vernichtet, sondern nur in molekulare Bewegung verwandelt. Es ist berechnet worden, daß wenn zwei Massen von halber Sonnengröße aufeinander stoßen würden, die aufgehobene beiderseitige Bewegungsgröße in einen Betrag von Wärme umgesetzt würde, welche die Sonne nach ihrem derzeitigen Strahlungsvermögen nur in etwa 50 Millionen Jahren ausgeben könnte, wobei diese zusammenstürzenden Weltkörper eine Temperaturerhöhung von mehr, als 60 Millionen Grad, erfahren würden. Die Bewegung zweier Weltkörper von planetarischer Geschwindigkeit würde also die Materie derselben sicher in den Zustand äußerster Verflüchtigung überführen; dieselben würden die Form kosmischer Nebel wieder annehmen, und könnten nicht in Frag-

mente zertrümmert werden. Nach Helmholtz würde, wenn die Erde plötzlich in ihrer Bewegung gehemmt würde, so viel Wärme erzeugt werden, als 14 Erden aus reiner Kohle zu liefern im Stande wären; eine Temperatur von 120,000° würde dabei entwickelt werden, die wohl hinreichen würde, die Masse der Erde zu verdampfen.

Aber auch astronomische Gründe lassen die Entstehung der Asteroiden durch den Zusammenstoß zweier Weltkörper als sehr unwahrscheinlich erscheinen. Denn erstlich bedingt die Entstehung der Planeten durch successive Abtrennung äquatorealer Schichten des Sonnenballs, daß ihre Bahnen in gleicher Ebene liegen, und sich nicht schneiden, sondern einschließen, wobei zwar in Folge der gegenseitigen Anziehung Störungen sich ergeben können, aber die Möglichkeit von Katastrophen auf den Beginn der Entwicklung beschränkt bleibt, also in jene Zeit fällt, da diese Gestirne noch nicht erkaltet waren; Cometen aber, welche in der That die Planetenbahnen durchschneiden können, sind vermöge ihrer geringen Masse unfähig, die Zertrümmerung eines Planeten herbeizuführen.

So viel ist gleichwohl sicher, daß die Asteroiden in der That Bruchstücke eines ehemals vorhandenen Planeten sind, und daß der Zerfall desselben, mag er nun auf diese oder jene Weise herbeigeführt worden sein, in jene Periode fällt, da dieser Weltkörper bereits erstarrt war. Hiefür spricht mit größter Bestimmtheit die Veränderlichkeit ihres optischen Durchmessers. Schröter schrieb z. B. der von ihm entdeckten Ceres einen Durchmesser von 740 Kilometer zu, während William Herschel denselben auf 260, Argekander auf 360 Kilometer berechnete; ebenso schrieb Schröter der Pallas einen Durchmesser von 380 Meilen zu, den Lamont auf 145, Herschel auf nur 22 Meilen berechnete. Wenn aber der Durchmesser der Asteroiden, von der Erde aus gesehen, veränderlich ist, so können dieselben nicht die Kugelform haben, wie die übrigen Planeten und Monde,

und daraus läßt sich ohne Weiteres schließen, daß der Planet zur Zeit seines Zerfalls bereits erkaltet war, weil flüssige Fragmente sofort wieder die Kugelgestalt angenommen haben würden. Einen weiteren Beleg für die unregelmäßige Gestalt der Asteroiden bietet die Veränderlichkeit ihrer Lichtstärke, die man beobachtet zu haben glaubt, welche nur durch die optische Veränderlichkeit der beleuchteten Flächen sich erklären ließe, und hinsichtlich welcher künftige Untersuchungen darauf zu sehen haben werden, ob die maximalen und minimalen Lichtstärken jeweilig mit den größten und kleinsten Durchmessern zusammenfallen.

Die unregelmäßige Gestalt der Asteroiden widerlegt auch jene Hypothese Lamont's, daß der ursprüngliche Planet eine so bedeutende Rotationsgeschwindigkeit besaß, daß er nicht, gleich den übrigen, nur Monde abtrennte, sondern selbst in eine Mehrzahl kleiner Körper auseinander fiel. Ein solcher Proceß ist nur in dunstförmigen Zustande denkbar, nach eingetretener Erstarrung aber unmöglich; dunstförmige Trennungsstücke aber müßten ebenfalls die Kugelgestalt wieder angenommen haben.

Jener hypothetische Planet, der einst zwischen Mars und Jupiter kreiste, mußte vormals, gleich der Erde, einen schmelzflüssigen Kern haben, der von einer Erstarrungskruste umgeben war. Vulkanische Erscheinungen sind dabei unvermeidlich, und es dürfte daher noch die Frage untersucht werden, ob vielleicht solche die Katastrophe herbeiführen konnten, in Folge welcher die Asteroiden entstanden. Aber auch diese Frage ist wohl verneinend zu entscheiden; denn in der Reaktion der inneren Gluthmassen gegen die nur allmählig erstarrende feste Rinde mußte letztere immer wieder durch Eruptionen und Explosionen durchbrochen werden, und selbst bei weit vorgeschrittener Erstarrung mußten noch jene Sicherheitsventile erhalten bleiben, die wir in den vulkanischen Kratern der Erde und des Mondes beobachten, und durch welche die inneren Gewalten gleichsam

in kleiner Münze ausgegeben, die sich empörenden inneren Kräfte in partiellen, aufeinanderfolgenden kleinen Katastrophen zersplittert wurden.

Angenommen aber selbst, die eruptiven Massen und explosiven Gase wären durch die gleichmäßig erstarrende Kruste nicht successive entwichen, es wäre ein Stillstand der vulkanischen Thätigkeit so lange eingetreten, bis der Planet mit einer meilendicken Kruste überzogen war, und die unterdessen aufgespeicherten inneren Kräfte hätten sodann in Einer gewaltigen Katastrophe die Schale gesprengt, so ist doch kaum anzunehmen, daß den Sprengstücken eine so außerordentliche Anfangsgeschwindigkeit ertheilt worden wäre, daß sie unter Ueberwindung ihrer gegenseitigen Anziehung dauernd zerstreut blieben. Nicht einmal bei den sogenannten Protuberanzen der Sonne, welche mit so bedeutender Anfangsgeschwindigkeit emporlodern, daß sie in wenigen Sekunden Höhen von 20000 Meilen erreichen, läßt sich ein Entweichen in den Raum wahrnehmen; von der Anziehungskraft der Sonne überwunden, sinken sie immer wieder zurück.

Die Unzulänglichkeit vulkanischer Kräfte für die Entstehung eines Asteroidenschwarms erhellt aber auch indirekte aus der Beschaffenheit der Mondoberfläche. Obwohl die vulkanischen Erscheinungen dieses Gestirns Dimensionen annahmen, welchen die analogen Vorgänge unserer Erde auch nicht annähernd gleichkamen, haben doch diese gewaltigen Kraftäußerungen es nicht vermocht, den Mond zu zertrümmern. Sollten vulkanische Kräfte einer Zertrümmerung überhaupt gewachsen sein, so müßten vor Allem die Monde von diesem Schicksale betroffen werden, weil sie die gewaltigste vulkanische Thätigkeit entfalten, und bei ihren geringeren Massen auch eine geringere Schwere ihrer Oberflächentheile zu überwinden ist. So mußte z. B. bei unserem Monde die Wirkung der geologischen Katastrophen um so größer sein, da bei ihm die Wurfweiten $6^1/_2$ Mal größer sind, als für gleich intensive Kräfte der Erde, wobei also die

Zerstreuung eventueller Sprengstücke weit leichter hätte eintreten müssen.

Vulkanische Kräfte können daher wohl außerordentliche Umwälzungen herbeiführen, aber selbst im Falle einer Zertrümmerung keine bleibende Zerstreuung der Fragmente; wäre sie überhaupt möglich, so müßte sie dort eingetreten sein, wo die intensivsten Kräfte mit den größten Wurfweiten verbunden sind, wie bei den Monden, und wir müßten daher die Planeten nicht von Monden, sondern von Asteroidenschwärmen umkreist sehen.

Wenn das Tempo der Erstarrung eines Planeten nur in zweiter Linie vom Sonnenabstande bestimmt wird, in erster Linie aber vom Volumen abhängt, so dürfte es allerdings befremden, daß der kleine Mond noch im Stadium der Rillenbildung begriffen ist, während ein, zwar weiter abstehender, aber sicherlich größerer Weltkörper bereits in Asteroiden zerfallen ist; aber es ist nicht zu vergessen, daß dieser hypothetische Weltkörper den mächtigsten aller Planeten, Jupiter, zum Nachbarn hatte, daß daher seine Oberfläche ohne Zweifel sehr stark vulkanisch zerwühlt werden, und sehr bedeutende Unebenheiten erwerben mußte, welche nicht nur einer Vergrößerung der Ausstrahlungsfläche gleichkamen — die ja in der reinen Kugelform die geringstmögliche ist, — sondern auch die Rillenbildung bedeutend erleichtern mußte. —

Der Vollständigkeit halber sei auch noch jene Hypothese erwähnt, nach welcher der vom Aequator der Sonne sich ablösende Dunstring, der nach Jupiter abgetrennt wurde, wegen der störenden Nähe dieses großen Planeten nicht zu einem einheitlichen Körper sich ausbilden konnte, sondern mehrere Verdichtungscentren von nicht sehr verschiedener Anziehungskraft entstanden, welche in die Ringmaterie sich theilten, und aus welchen die Asteroiden wurden. Da jede im Raume schwebende dunstförmige oder flüssige Masse bei der gleichmäßigen Anziehung ihrer Theile, wie das Blei in der Schrotfabrikation, die

Kugelform, im Falle der Rotation aber die sphäroidische Form annehmen muß, so widerlegt sich auch diese Entstehungshypothese aus der unregelmäßigen, fragmentarischen Form der Asteroiden.

Somit bleibt nur die einzige Annahme übrig, daß einst zwischen Mars und Jupiter ein Planet von nicht sehr großem Volumen vorhanden war, der, weil entfernter von der Sonne, als Mars, und durch Jupiter zu bedeutender vulkanischer Thätigkeit und Wärmeabgabe veranlaßt, seine Entwicklung sehr rasch durchlaufen mußte, und schnell bis ins innerste Mark erstarrte. Rillen, wie wir sie an der Mondoberfläche wahrnehmen, werden diesen Planeten nach den Bruchflächen der geringsten Cohäsion gespalten haben, und er zerfiel spontan allmählig in mehrere Fragmente. Von der vieleckigen Form der Asteroiden abgesehen, wird diese Hypothese auch noch unterstützt durch die Bahnelemente der Asteroiden:

Ein gemeinschaftlicher Durchschnittspunkt dieser Bahnen, wie er im Falle einer Katastrophe vorhanden sein müßte, findet sich nicht. Dagegen erhellt aus einer Zusammenstellung, welche Klein in seinem „Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung" (I. S. 151) gibt, daß sich bezüglich der großen Axen, Excentricitäten und Neigungen der Bahnen häufig je zwei dieser Gestirne so nahe verwandt zeigen, daß sie als Paare betrachtet werden können. Eine solche Gruppirung als bloß zufällig anzusehen, geht wohl nicht an; dagegen stimmt sie sehr wohl überein mit der Hypothese eines spontanen Zerfalls, wobei der ursprüngliche Planet vorerst in zwei ungleiche Massen zerfiel, welche, durch Jupiter und die Sonne ungleich angezogen, sich von einander entfernten, und der Gegenstand weiterer Theilungen wurden, so daß nur die jeweiligen Theilstücke, aber nicht die ganze Asteroidengruppe einen gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt der Bahnen, und ungefähre Uebereinstimmung der Bahnelemente erwerben konnten. Auch bezüglich der Um-

laufszeiten ergibt sich bis auf einen Unterschied von $3^1/_2$ Stunden eine Uebereinstimmung bei einem dieser Paare, Metis und Iris, und wiederum zwischen Pallas, Pandora und Lätitia.

Endlich ist auch noch die vollständige Abwesenheit einer Atmosphäre bei den Asteroiden eine Bestätigung jenes Processes, dessen aufeinanderfolgende Phasen durch Venus, Erde, Mars und den Mond dargestellt werden, und welchen sich alsdann die Asteroiden anreihen. —

Gleichwie unser Mond in seiner Entwicklung der Erde weit vorangeeilt ist, so daß er den Erdenbewohnern einst Gelegenheit geben wird, den spontanen Zerfall eines Weltkörpers in einen Asteroidenschwarm aus nächster Nähe zu beobachten, so ist im Allgemeinen anzunehmen, daß die Monde dem Ruine rascher entgegengehen, als die Planeten, welchen sie zugehören. In dieser Hinsicht ist noch eine merkwürdige Erscheinung im Systeme des Saturn zu erwähnen, der, außer von seinen Ringen, auch noch von 8 Trabanten begleitet ist. Gleich den Monden Jupiters zeigen auch die des Saturn in ihren Abständen eine regelmäßige Reihenfolge; aber zwischen dem fünften und sechsten Monde, zwischen Rhea und Titan, zeigt sich eine auffallende Lücke, welche die Astronomen geneigt sind, durch einen noch nicht entdeckten Weltkörper auszufüllen. Wenn aber diese Unsichtbarkeit an sich schon auffallend genug ist, so dürfte sich die Hypothese, diese Lücke durch einen Asteroidenschwarm auszufüllen, um so mehr empfehlen, als auch Titan selbst im Beginne des Zerfalls zu stehen scheint: man hat seinen Durchmesser früher auf tausend Meilen geschätzt, wonach dieser Mond die Größe des Mars hätte; aber Schröter fand nur 680, und Mädler sogar nur 350—400 Meilen, so daß es fast den Anschein hat, als besitze dieser Mond den optisch veränderlichen Durchmesser, wie er fragmentarischen Weltkörpern zukommt.

Wenn wir nun für die Frage, welcher weiteren Entwick-

lung die Asteroiden entgegen gehen, wieder Umschau halten nach einer solchen Erscheinung, welche durch ihre physikalische Ableitbarkeit aus dem Zustande der Asteroiden sich als die nächste Entwicklungsstufe kennzeichnen würde, so ergibt sich hier die Antwort von selbst: Wenn der spontane Zerfall eines Weltkörpers denselben in Asteroiden auflöst, so werden die sekundären Theilungen seiner Bruchstücke ihn in einen Schwarm von Meteoriten verwandeln, wie solche zahlreich das Sonnensystem durchströmen; und da diese kleinen kosmischen Körper häufig auf unsere Erde niederfallen, so werden wir bei der späteren Besprechung derselben wieder ganz auf festem Boden stehen.

Wenn also die Anzahl der Asteroiden gegenwärtig noch, optisch genommen, eine beständige Zunahme erfährt, indem alljährlich neue entdeckt werden, so wird im Verlaufe der Zeiten eine objektive Zunahme derselben unter beständiger Verkleinerung des Durchmessers und Abnahme der Lichtstärke eintreten, bis endlich die breite Zone zwischen Mars und Jupiter wieder leer erscheinen wird, wie sie es zu Kepplers Zeiten zu sein schien.

Gleichwie es also als ein günstiger Umstand zu betrachten ist, daß die Descendenztheorie, welche den Menschen in das Thierreich einbezieht, in eine Zeit fällt, da Papuastämme und ähnliche Völkerschaften als vermittelnde Zwischenformen noch nicht ausgerottet sind, so ist es auch ein glücklicher Zufall, daß die Verbesserung unserer Teleskope dem weiteren Zerfalle der Asteroiden vorherging, indem diese Weltkörper, welche mit der Zeit optisch verschwinden werden, als Uebergangsstufe zwischen zwei Abkühlungsstadien uns in die Lage versetzen, die Planeten und Meteoritenschwärme, als extreme Endformen, durch eine Zwischenform zu verbinden, und ihre Verwandtschaft zu erkennen.

b. Der Ursprung der Meteoriten.

Die Meteoritenbildung ist eine so natürliche Fortsetzung

der Asteroidenbildung, daß über den Ursprung dieser Körper im Grunde nicht mehr Worte nöthig sind, als welche schon im letzten Abschnitte fast unwillkührlich darauf verwendet wurden. Da indessen eine Theorie in dem Maße an Festigkeit gewinnt, je mehr von den Gliedern der von ihr construirten Causalreihe empirisch gegeben sind, und mit jenen verglichen werden können, so darf eine so günstige Gelegenheit, wie die auf die Erde fallenden Meteoriten sie uns bieten, nicht unbenützt gelassen werden, um an ihnen, als den Endgliedern der bisher dargestellten Causalreihe, in aller Form den Nachweis zu führen, daß sie in der That durch einen Proceß entstanden sind, der physikalisch eingeleitet wird durch jene Phasen, welche aufeinanderfolgend Venus, die Erde, Mars, der Mond und die Asteroiden repräsentiren.

Die Meteoriten sind Bruchstücke eines zerfallenen Weltkörpers. Die Meteoriten im engeren Sinne, nämlich diejenigen, welche auf die Erde fallen, haben die fragmentarische Form, und zwar nicht bloß dann, wenn sie beim Durchgang durch die Atmosphäre in Folge der durch die Wärme bewirkten plötzlichen Ausdehnung der eingeschlossenen Wasserstoff- und Kohlenoxyd-Gase zerplatzen, sondern auch, wenn sie in ganzer Größe herunterkommen, wie z. B. der Meteorit von Tadjera in Afrika, der nicht zerstückelt wurde, und den Erdboden in der Länge eines Kilometers auffurchte.

Nach den berühmten Untersuchungen Schiaparellis läßt sich aber auch bezüglich der Sternschnuppen, welche in der Regel nicht mit Meteoritenfällen verbunden sind, nicht mehr bezweifeln, daß dieselben nicht nur feste Körper sind, sondern auch schon vor ihrem Eindringen in die Atmosphäre die Form von Bruchstücken haben, also durch den Zerfall von Weltkörpern entstanden sind. Wären sie gasförmige, oder flüssige Körper, so müßten sie bei ihrer bedeutenden Geschwindigkeit, welcher die im Widerstande der Luft erzeugte Temperatur

entsprechend sein muß, wohl schon beim Eintritt in die dichte Atmosphäre aufgelöst werden; man hat sie aber häufig bis zur Höhe nur einer Meile über der Erdoberfläche eindringen sehen; es könnte ferner alsdann das in der Atmosphäre liegende leuchtende Bahnstück derselben nur geradlinig sein, während es ganz unregelmäßig ist. Man findet krumme und gebogene Bahnen, geschlängelte und wellenförmige, schraubenförmig gewundene, hin und her schwankende, zickzackförmige, ja in einzelnen Fällen sogar aufsteigende Bahnen. Solche Bahnen sind abhängig von der Figur der in einem widerstehenden Medium sich bewegenden Körper, sind aber nur möglich bei festen rotirenden Körpern, welche nicht sphäroidisch gestaltet sind. Sie gehören also den Problemen der Ballistik an, und lassen sich in ähnlicher Weise erklären, wie die Bewegung von Kugeln aus gezogenen Geschützen, oder des Bumerang der Eingebornen Australiens, dessen sich auch die alten Celten als Waffe bedienten. Dieses Geschoß besteht aus einem 50 Centimeter langen, 5 Centimeter breiten, und 1 Centimeter dicken, hyperbolisch gekrümmten, Brettchen, das auf der einen Seite flach, auf der anderen Seite convex ist; wenn dasselbe, in Rotation versetzt, fortgeschleudert wird, so wird die eine Fläche windschief werden, und im Widerstande der Luft schraubenförmig wirken, so daß das Geschoß, nachdem es eine große Krümmung beschrieben hat, beinahe zu dem Schützen zurückkehrt. So wird auch bei den Sternschnuppen, wenn die vom Luftwiderstande auf ihre unregelmäßige Oberfläche ausgeübten Kräfte eine Resultante der Bewegungsrichtung haben, welche nicht übereinstimmt mit der Bewegungsrichtung des Schwerpunkts des Meteors, eine Seitencomponente erzeugen, wodurch die Bahnform sehr verschieden gestaltet werden kann.

Die Sternschnuppen unterscheiden sich demnach von den Meteoriten nur dadurch, daß sie nicht zur Erde herabgelangen, sondern vermöge ihrer bedeutenden Geschwindigkeit und der

entsprechenden hiedurch erzeugten Temperaturhöhe schon in der Atmosphäre aufgelöst werden; auch sie besitzen die fragmentarische Form schon vor dem Eintritt in die Atmosphäre, sind demnach das Resultat eines schon früher eingetretenen Zerfalls eines Weltkörpers, der nach den Querschnitten der geringsten Cohäsion zerstückelt wurde.

Die Weltkörper, welchen die Meteoriten entstammen, müssen auch jene Entwicklungsphasen zurückgelegt haben, über welche uns die vergleichende Astrophysik Aufschluß ertheilt. Die Mehrzahl der die Erde erreichenden Meteoriten sind Steinmeteoriten, und nur etwa 1 Procent derselben ist metallisch, doch so, daß man von den eigentlichen Meteoreisen bis zu den fast gar kein Eisen enthaltenen Meteorsteinen in continuirlicher Abstufung gelangen kann. In der chemischen Analyse dieser Körper sind schon mehr, als dreißig, Elemente entdeckt worden, die auch in der Erdrinde enthalten sind, und ihre innere Struktur zeigt an, daß sie in analogen geologischen Vorgängen sich gebildet haben, wie die Gesteine der Erde; sie entstammen also Weltkörpern, welche die vulkanische Periode zurückgelegt hatten. Die Massen der Meteoriten waren einst geschmolzen, wie unsere Laven und krystallinischen Gesteine, und in ihrer Abkühlung entstanden die auch an ihnen zu beobachtenden krystallinischen Bildungen. In Bezug auf die chemischen Elemente ist die Verwandtschaft irdischer Gesteine mit Meteoriten eine vollständige; in mehrfacher Hinsicht zeigt sich aber auch ihre mineralogische Zusammensetzung als identisch, z. B. in Bezug auf Graphit, Gyps, Wasser, Quarz, Salmiak, Serpentin, Hornblende, Augit ꝛc., und durch geeignete chemische Behandlung können abweichende meteorische Steine in Uebereinstimmung mit irdischen, und umgekehrt, gebracht werden. Viel größer ist jedoch die Aehnlichkeit der Meteoriten mit vulkanischen Gesteinen. Je tiefer wir in die Erdrinde eindringen,

desto größer ist ihre Aehnlichkeit mit Meteoriten. Olivin, Herzolit und Serpentin, welche wir in großen Tiefen der Erdrinde finden, stimmen fast ganz mit den Mineralien der Meteoriten überein, und die alten Laven des Hekla auf der Insel Island, wie der Vulkane auf Java, bestehen eben so aus Augit (Kohlensäure, Eisenoxydul, Kalk und Magnesia) und Anorthit (Kohlensäure, Thonerde und Kalk), wie die Meteoriten von Juvinas, Jonzac und Stannern; sie zeigen sogar fast dieselben Mischungsverhältnisse, während bei den Meteoriten von Chateau-Renard und von Nordhausen der Anorthit durch Labrador, bei denen von Blansko, Utrecht und Chantonnay durch Oligoklas ersetzt ist, welche letzteren wiederum den Laven des Stromboli und den neueren Laven des Hekla ähneln. Die rundlichen Massen, welche von den vorhistorischen Vulkanen der Eifel ausgeworfen wurden, bestehen aus Olivin, Augit, Broncit und Chromeisenerz, also aus denselben Mineralien, welche in Meteorsteinen immer wiederkehren.

Nur das metallische Eisen der Meteoriten unterscheidet sich vom irdischen Eisen, und beweist, daß bei seiner Bildung Wasser und freier Sauerstoff nicht zugegen war, während es in der Erdrinde nur in chemischer Verbindung mit Sauerstoff sich findet, und durch Schmelzprocesse aus Eisenerzen gewonnen wird, als metallisches Eisen aber nur in Verbindung mit Platin vorkommt. Von metallischem Meteoreisen finden sich kolossale Stücke freiliegend, oder in geringer Tiefe auf Gebirgskämmen, in Thälern, oder in Wüsten, fern von allen Eisenerzen, wo sie also unmöglich sich von jeher befunden haben können; dieses und ihre Uebereinstimmung mit dem bei Braunau niedergefallenen Meteoreisen beweist also ihren kosmischen Ursprung. Die Vermuthung aber, daß im Inneren der Erde ebenfalls solche Massen sich befinden, ist sehr gegründet; denn die mittlere Dichtigkeit der Erde — 5,6 Mal größer, als die des Wassers — ist bedeutend größer, als die ihrer Erstarrungskruste, deren

specifisches Gewicht 2,5 beträgt. Es läßt dieses auf einen metallischen Kern der Erde von sehr bedeutendem Gewichte schließen, der auch durch die Erscheinungen des Erdmagnetismus angezeigt wird.

Die Verwandtschaft der Erde mit jenen zerfallenen Weltkörpern scheint sich demnach bis zum Kerne erstreckt zu haben, und wenn die Aehnlichkeit der Meteoriten mit Gesteinen der Erdkruste noch relativ gering ist, mit der Tiefe aber zuzunehmen scheint, so erklärt sich dieses leicht daraus, daß wir in den Meteoriten Exemplare aus allen Schichten ihrer Mutterkörper besitzen, während wir in Bezug auf die Gesteine der Erde fast nur auf ihre Rinde verwiesen sind. Die Verwandtschaft ist gleichwohl so augenfällig, daß Stanislas Meunier, der es in genialer Weise versteht, die Meteoriten gleichsam zum Sprechen zu bringen, es unternehmen konnte, unter geeigneter Auswahl und Zusammenstellung aller bekannten Exemplare von Meteoriten den idealen Durchschnitt jenes Weltkörpers zu construiren, dem sie entstammen, und in solcher Weise unsere mangelhaften Kenntnisse über das Innere unserer Erde zu ergänzen.

Wenn aber Meunier, durch diese große Verwandtschaft verleitet, alle Meteoriten Einem ursprünglichen Körper zuweist, der als zweiter Mond der Erde einst vorhanden war, so dürfte sich dagegen manches Bedenken regen. Die mittlere Geschwindigkeit der Meteoriten bedingt langgestreckte, cometarische Bahnen, und die ungeheuere Zahl der Meteoriten, wenn wir die Häufigkeit der Fälle, wie sie in historischer Zeit beobachtet wurde, als die durchschnittliche ansehen, dürfte mit der Abkunft von Einem Weltkörper von Mondgröße kaum zu vereinigen sein. Andrerseits dürfte auch die außerordentliche Verwandtschaft mit der Erde kein genügender Grund sein, diesen Weltkörper in große Nähe zur Erde zu setzen, da die Spektralanalyse die Anwesenheit irdischer Stoffe bis in die größten Entfernungen nachweist.

Wenn wir mit Meunier den Durchschnitt des Sonnen-

systems mit jenem der Erde vergleichen, so finden wir allerdings im Großen und Ganzen eine Uebereinstimmung, indem wir die glühendflüssige Sonne in Parallele setzen können mit dem Erdkern, die erstarrten inneren Planeten mit der Erdrinde, Jupiter und Saturn mit den Oceanen, Uranus und Neptun mit der Atmosphäre; indessen scheint daraus noch keine Verpflichtung zu erwachsen, die Meteoriten, weil sie in Bezug auf Dichtigkeit mit der Erde ungefähr übereinstimmen, einem Monde derselben zuzusprechen, da die Dichtigkeit von der Erstarrungsgeschwindigkeit abhängt, welche in erster Linie vom Volumen bestimmt wird. Wenngleich sich voraussetzen läßt, daß in der Verdichtung des ursprünglichen Sonnennebels, von dem sich noch keine Planeten abgelöst hatten, die specifisch leichteren Stoffe in der Peripherie sich lagerten, die schwereren nach dem Inneren sich senkten, so ist doch nicht anzunehmen, daß eine so ausgesprochene Scheidung der Elemente eintrat, daß die äußeren Planeten sich nur etwa aus den permanenten Gasen bildeten, und ihnen somit eine qualitativ verschiedene Entwicklung zuzuschreiben wäre. Bei Jupiter und Saturn hat man Spuren des Selbstleuchtens entdeckt, trotzdem ihre äußeren Atmosphären, weil von ihnen noch nicht absorbirt, von großer Dichtigkeit sein müssen. Es ist somit nicht an eine materielle ungefähre Uebereinstimmung der von Meunier in Parallele gestellten Schichten des Sonnensystems und der Erde zu denken, und besteht kein Grund, die großen Planeten von der wesentlich gleichen Entwicklung aller Weltkörper auszuschließen; es erscheint ihre derzeitig geringe Dichtigkeit lediglich als eine provisorische, die sich genugsam aus ihrer langsameren Abkühlung bei viel größerem Volumen erklärt. Wie jetzt schon die Erde und wohl auch die übrigen kleinen Planeten, so werden also auch später die großen Planeten und endlich die Sonne selbst sich verwandt zeigen mit jenen Weltkörpern, von welchen uns die Meteoriten Kunde geben.

Da nun die Bestandtheile eines Meteoritenstroms beim Vorübergange eines Planeten eine ungleiche Anziehung erfahren, und, wenn diese Anziehung stärker ist, als diejenige, wodurch sie an den Strom gebunden sind, von diesem ganz getrennt werden können, und wir mit dieser Erklärung für das Entstehen sporadischer Meteoriten vollständig ausreichen, so besteht auch keine Nöthigung, für diese, im Unterschiede von den Sternschnuppen nur gelegentlich und unregelmäßig herabfallenden, Meteoriten, zur Hypothese eines zerfallenen Erdenmondes zu greifen. —

Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff hat man in den Meteoriten in bedeutenden Quantitäten aufgesogen gefunden; der Eisenmeteorit von Lenarto enthielt mehr, als 85 Procent Wasserstoff, und die Steinmeteoriten im Allgemeinen enthalten sehr viel Kohlensäure. Daraus ergibt sich, daß die Weltkörper, welchen die Meteoriten zugehörten, auch ihre neptunische Periode beim Zerfalle hinter sich hatten, und daß sie ihre Meere und Atmosphären absorbirt hatten. Dieß zeigt sich auch darin, daß die tuffartigen Meteoriten von vielen winzigen Eisenflittern erfüllt sind, welche Daubrée der reducirenden Wirkung von Wasserstoffgas zuschreibt, sowie aus der chemischen Analyse des Eisenmeteoriten von Jowa, aus welchem man an Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoffgas etwa das 20fache des Eisenvolumens erhielt.

Endlich finden sich in den Meteoriten auch organische Substanzen, solche Stoffe, welche nach Analogie irdischer Vorgänge nur durch den Einfluß der Vegetation oder der Lebensthätigkeit mikroskopischer Organismen als Sedimentbildungen entstanden sein können, wie die Abscheidung des Kalkes aus dem Meere durch Thiere, und die Assimilation und Aufspeicherung des Kohlenstoffes bei Pflanzen. In unseren Steinkohlenflötzen der carbonischen Formation finden sich nicht nur Pflanzenzellen, sondern ganze Stämme von Coniferen einge-

schlossen, sowie Massen von riesenhaften Gefäßkryptogamen: Lepidodendren, Sigillarien, Calamiten und Farne nebst spärlichen Palmen, Araucarien und Cycadeen. Die Braunkohle der Terziärzeit besteht aus den Verwesungsprodukten von Coniferen, Palmen und Laubhölzern, während üppig wuchernde und dadurch schnell sich anhäufende Cycadeen, Coniferen und Baumfarne das Material zur Steinkohle der Kreideformation lieferten. Eben so sind die Anthracite des Silur, und die Graphitschiefer und Graphitflötze der huronischen Schieferformation und der laurentinischen Gneißformation aus Algen entstanden.

Wenn aber die Steinkohlenflötze und die begleitenden Schieferthone mit Pflanzenabdrücken angefüllt sind, und die Steinkohle selbst aus mikroskopisch nachweisbaren Pflanzenzellen besteht, so steht ihr vegetablischer Ursprung außer Zweifel. Die irdische Kohle scheint ausnahmlos auf Zersetzung von Pflanzen zu beruhen, deren faulende Reste Hunderttausende von Jahren hindurch sich übereinanderhäuften, um von Sand und Schlamm bedeckt die einzelnen Stadien des Verkohlungsprocesses zu durchlaufen und zu Steinkohle und Anthracit sich umzugestalten.

Bei der sonstigen großen Uebereinstimmung der Erde mit jenen zerfallenen Weltkörpern ist daher der Schluß nicht mehr gewagt, daß auch diese nicht immer als todte Massen die Sonne umkreisten, und vor ihrem Zerfalle die Phase der Vegetation und vielleicht des animalischen Lebens schon vollendet hatten, welche freilich bei der ungleich rascheren Entwicklung dieser Körper nur eine kurze Zeitspanne einnahm, indem nur solche Vorgänge möglich waren, welche durch die auf der Oberfläche dieser Körper noch fühlbare Eigenwärme bestimmt wurden, wie in unserem carbonischen Zeitalter, dagegen die auf zugestrahlter Wärme beruhende Weiterentwicklung vermöge der excentrischen Bahnen dieser Körper abgeschnitten war.

Wenn vorläufig noch diese excentrischen Bahnen uns hindern wollen, jene zerfallenen Weltkörper als planetarische Begleiter

der Sonne zu reklamiren, so wird sich im nächsten Abschnitte auch diese Schwierigkeit erledigen. Aber schon die Fülle der im Bisherigen in Kürze mitgetheilten Thatsachen nöthigt uns zu der Annahme, daß die Meteoriten ursprünglich größeren Weltkörpern angehörten, welche die planetarischen Phasen schneller durchliefen, als die Erde. Das Gefüge der meisten Eisenmeteoriten charakterisirt dieselben als Bestandtheile von großen Kryſtallindividuum, und, wie Haidinger bemerkt, setzt die Bildung so großer Individuen lange Zeiträume ruhiger Krystallisation bei gleichbleibender Temperatur voraus, welche nur größeren Weltkörpern zukommen. Wenn ferner sehr viele Meteorsteine Rutschflächen zeigen, welche den in den Felsmassen der Erde auftretenden Rutschflächen genau gleichen, und die Verschiebung größerer Massen beweisen; wenn manche den Breccienbildungen der Erdkruste entsprechen, wieder andere aus kleinen Splittern bestehen, welche vulkanischen Tuffen ähnlich sind, so deuten auch diese Erscheinungen auf größere Himmelskörper, auf welchen mechanische Veränderungen eintraten.

Wenn sehr viele Meteoriten aus Bruchstücken zusammengefügt sind, aus Steinsplittern und runden Körnchen bestehen, so stellt sie das in Parallele mit den Zerreibungs- und Zerstäubungsprodukten der irdischen Vulkane, und Haidinger steht nicht an, sie geradezu meteorische Tuffe zu nennen. Das bedeutende Vorwiegen dieser Tuffe bei den Meteoriten zeigt aber an, daß auf jenen Gestirnen die vulkanische Bewegung nur selten durch Ruhe unterbrochen war, daß also ihre Entwicklung schneller statt fand, als auf der Erde, und dieses wiederum läßt darauf schließen, daß das Volumen dieser Körper relativ gering war; darauf scheint auch die Verschiedenheit in der Größe der Tuffkugeln in den vulkanischen Ablagerungen der Erde und der tuffartigen Meteoriten zu deuten, indem erstere bis zur Kopfgröße sich finden, während sie in den Meteoriten meist nur mikroskopisch klein sind, und nur selten Haselnuß-

größe erreichen, ein Unterschied, der vielleicht verschiedene Dimensionen der Werkstätten anzeigt, worin irdische und meteoritische Tuffe entstanden.

Diese raschlebigen Weltkörper zerfielen endlich in Meteoriten und diese fallen sporadisch oder periodisch auf die Erde. Ihre Flächen zeigen sich als Bruchflächen und der Mangel einer concentrischen Anordnung charakterisirt sie als Bruchstücke eines größeren Ganzen. Bei dem Meteoritenfall unweit Butsura in Ostindien hat man fünf Stücke bis zur Entfernung von 6 englischen Meilen auseinander liegend gefunden, und als Maskelyne in London diese Stücke zusammenfügte ergänzten sie sich zu einer dünnen gekrümmten Scholle.

Die Meteoriten kommen daher nicht als runde Körper in die Atmosphäre; vielmehr muß ihre Form, bevor sie in dieselbe eintraten, noch eckiger und scharfkantiger gewesen sein, weil die bedeutende Temperaturerhöhung die Kanten abrundet und die ganzen Stücke mit einer schwarzen Kruste überzieht.

Alles in Allem genommen ist nicht mehr daran zu zweifeln, daß die Meteoriten keine ursprüngliche, selbständige Bedeutung haben, sondern vielmehr als Produkte des Zerfalls die letzte Phase planetarischer Entwicklung darstellen. Sie als ursprüngliche Bildungen anzusehen, welche als Schwärme den Raum durchziehen, oder wohl gar die Bildung der Gestirne aus der Vereinigung meteoritischer Körper zu erklären, geht durchaus nicht an, und heißt die kosmischen Organismen zu Mosaikarbeiten degradiren.

c. Der Ursprung der Cometen.

Mehr noch, als die physikalische Beschaffenheit der Cometen, scheint sich ihr Ursprung in Dunkel hüllen zu wollen, und es sind schon so vielerlei Hypothesen darüber aufgestellt worden, daß dieselben schon ihrer Anzahl wegen hier nicht weiter berücksichtigt werden können.

Für den Entwicklungsgang des Sonnensystems, soweit es sich um den Centralkörper und die Planeten mit ihren Monden handelt, ist durch Kant und Laplace eine feste wissenschaftliche Basis geschaffen worden; die Haarsterne aber werden durch ihre bisherigen Entstehungshypothesen keineswegs organisch in diesen Entwicklungsgang eingefügt, laufen vielmehr noch immer unvermittelt neben den Planeten her. Wenn man es auch versucht hat, die Cometen in ihrer jetzigen Form mit der Nebularhypothese in Verbindung zu bringen, was sogar ein Laplace unterließ, so hat man dadurch doch nur erreicht, diesen einfachen Proceß begrifflich zu verwirren, und der Zweck, die Cometen einzufügen, wurde nur durch geschraubte, dualistische Voraussetzungen erreicht. Ihre scheinbar heterogene Natur schien auch zu einer heterogenen Entstehungshypothese zu berechtigen; es wäre aber zu wünschen gewesen, daß man den hierauf verwendeten Scharfsinn vielmehr auf eine einheitliche, Cometen und Planeten gemeinschaftlich umfassende, Hypothese verwendet hätte. Der oberste Grundsatz aller Forschung, den schon Plato empfiehlt, daß die Erklärungsprincipien ohne Noth nicht vermehrt werden dürfen — Principia praeter necessitatem non sunt multiplicanda — hätte auch hier festgehalten werden sollen, und erst dann hätten die Bemühungen, eine einheitliche, wenn auch nicht gleichzeitige, Entstehungshypothese zu ersinnen, eingestellt werden dürfen, wenn sich die vollständige Unzulänglichkeit der für das Planetensystem herangezogenen Principien in Hinsicht der Cometen erwiesen hätte.

Aber nicht nur die Logik gebietet, die in unserem Besitze befindlichen Erklärungsprincipien möglichst vollständig auszunützen; auch eine gesunde Naturforschung hält daran fest, zu neuen Principien, oder gar zu neuen unbekannten Kräften nur im Falle der Noth zu greifen; die größten Fortschritte in der Naturwissenschaft wurden immer durch Generalisationen erzielt, indem man den Geltungsbezirk schon bekannter Kräfte erweiterte

— so übertrug Newton die irdische Schwerkraft auf die Gestirne, — nicht aber durch zersplitternde Vertheilung der Erscheinungen auf eine immer größere Anzahl von Kräften. Die Natur ist meistens einfacher, als unsere Vorstellung von ihr; wir beginnen mit sehr complicirten Theorien, und enden mit den einfachsten.

Wenn sich demnach herausstellen sollte, daß aus einem und demselben Erklärungsprincip heraus Cometen, wie Planeten, in organischer Verbindung sich erklären lassen, und zudem die scheinbar so heterogene Natur der Cometen, wie die Besonderheit ihrer Bahnelemente, als nothwendige Folgen dieses Princips sich ergeben, so berechtigt wohl schon die größere Einfachheit einer solchen Hypothese zu einigem Vertrauen in ihre Richtigkeit.

Es wird sich zeigen, daß sich die Cometen in ganz ungezwungener Weise in die Nebularhypothese organisch einfügen lassen, sobald man nur nicht darauf besteht, jene Periode, in welcher die Planeten entstanden, auch für die Cometen in Anspruch zu nehmen. Es liegt aber nicht nur gar kein Grund vor, den Cometen das gleiche Alter zuzuschreiben, wie den Planeten, sondern ihre flüchtige Natur verbietet uns sogar diese Annahme. Wenn nämlich aus den Kometenkernen durch den kalorischen Einfluß der Sonne jene Dämpfe entwickelt werden, welche die Schweife bilden, so können wir nicht annehmen, daß diese Kerne während so ungeheuerer kosmischer Zeitlängen die Quelle so intensiver Dampfentwicklung bei jedem Periheldurchgange gewesen seien, ohne aufgehört zu haben, verdunstungsfähig zu sein; vielmehr müßten sie bei so hohem Alter längst das sein, was manche von ihnen in der That sind, nämlich schweiflos, und sie müßten ganz aufgelöst worden sein, wenn die ganze Masse ihrer Kerne verdunstungsfähig sein sollte.

Aber auch dieß drängt uns zur Annahme eines späteren Ursprungs der Cometen, daß sie noch immer in die Periode

der conservativen Anpassung nicht eingetreten sind, sondern mancherlei Bahnveränderungen erfahren. Zum Theile freilich kommt diese Verspätung im Anpassungsprocesse, wie bereits erwähnt wurde, auf Rechnung der sehr excentrischen Bahnen, welche die Cometen nur in langen Zeitintervallen in die Region des Planetensystems zurückführt, in der allein sie Störungen, und eben darum Correkturen, erfahren können.

Es wird sich im Verlaufe der Darstellung aber auch zeigen, daß die Cometen, die schon durch ihre Bahnveränderungen als die lehrreichsten Beispiele dafür sich erwiesen, in welcher Weise das Gravitationsgesetz die indirekte Auslese des Zweckmäßigen besorgt, dieses in der Mechanik der Sternenwelt wirkende Princip auch in so ferne in das klarste Licht stellen, als sie nur als Endglieder einer Causalreihe angesehen werden können, welche eingeleitet wird durch den Proceß der indirekten Auslese zweckmäßig sich bewegender Planeten, und die Ausscheidung solcher, welche mechanische Widersprüche im Systeme bildeten.

Je nach dem Ausgangspunkte, der gewählt wird, ergibt sich als Folgerung die Existenz solcher Weltkörper, welche bezüglich der Bahnelemente mit den Cometen übereinstimmen, und zwar daß, wie es bei den Cometen in der That der Fall ist, die Anzahl derselben viel größer sein muß, als die der Planeten; oder es ergibt sich als Folgerung die Existenz solcher Weltkörper, welche bezüglich ihrer physikalischen Natur mit den Cometen übereinstimmen. Gleichsam als eine Rechnungsprobe für dieses deduktive Verfahren wird sich aber herausstellen, daß diese physikalische Natur nach physikalischen Principien untrennbar ist von der Besonderheit der Bahnelemente.

Wenn die Cometen in die Nebularhypothese eingefügt werden sollen, ohne daß wir dieselbe ergänzen und entstellen durch schwer vorstellbare Vorgänge, wodurch außer planetarischen Begleitern auch noch andere erzeugt wurden, so müssen sich dieselben an irgend einem Punkte der zu verfolgenden Causal-

reihe von Veränderungen im Sonnensysteme von selbst einstellen, und zwar müssen sie mit der Geschichte der Planeten in Verbindung stehen, weil wir einen Proceß der Cometenbildung nachträglich so wenig, wie anfänglich bei der Sonne voraussetzen dürfen. Es hat sich aber die Geschichte der Planeten als ein Abkühlungsproceß ergeben, welchen sie in ungleichen Zeitlängen durchlaufen. In diesen aller kosmischen Materie gemeinsamen Abkühlungsproceß müssen also die Cometen organisch eingefügt werden, und, wollen wir nicht zu ihren Gunsten die Gleichheit der kosmischen Kräfte und Stoffe aufgeben, so muß unter allen Umständen der Anforderung Genüge geleistet werden, die Entstehung der Cometen aus einem bestimmten Abkühkungsstadium solcher Weltkörper abzuleiten, welchen, sei es nun wegen geringen Volumens, oder ungünstigen Sonnenabstandes, ein rascheres Entwicklungstempo zukommt, als den Planeten; denn in der Darstellung der planetarischen Stadien hat sich keine Gelegenheit geboten, die Cometen einzuschieben.

Da nun aber jene Weltkörper, welche raschlebiger, als Planeten, Monde und Asteroiden sind, nur in der Form von Meteoritenschwärmen gegeben sein können, so müssen sich die Cometen in Stadium der Meteoritenbildung, einstellen, und statt sie an den Anfang der langen Causalreihe unvermittelt neben die Planeten zu stellen, müssen wir sie an das Ende derselben versetzen.

In der Meteoritenbildung ist aber die Entstehung der Cometen nur so denkbar, daß die zerfallenden Weltkörper Bruchstücke von verschiedener Qualität liefern, was ohnehin im höchsten Grade wahrscheinlich ist, da schon die Meteoriten selbst sich sehr verschieden zeigen, und sich nicht annehmen läßt, jene Weltkörper hätten in allen ihren Schichten die Flüssigkeiten und Atmosphären ganz gleichmäßig aufgesaugt. Daß aber solche planetarische Vorgänge auch auf jenen zerfallenen Weltkörpern ehemals vor sich gingen, hat nicht nur die Untersuchung der

Meteoriten bewiesen, sondern wird auch durch die Gleichheit der kosmischen Stoffe bedingt. Die Spektralanalyse hat bewiesen, daß in den kosmischen Nebeln und Fixsternen der Wasserstoff eine sehr große Rolle spielt, und außer den Sternen Beteigeuze und sehr wenigen anderen, z. B. β im Pegasus, ist kein Fixstern entdeckt worden, dessen Spektrum nicht Wasserstoff anzeigen würde. Zerfallende Weltkörper müssen daher auch solche Meteoriten liefern, welche aus erstarrten Flüssigkeitsresten und verdunstungsfähigen Massen bestehen, mögen auch, da die Absorption der Meere dem Zerfalle vorhergeht, solche Meteoritenexemplare verhältnißmäßig selten sein.

Schiaparelli hat nun die ungemein wichtige Entdeckung gemacht, daß manche Cometen mit Meteoritenschwärmen verbunden auftreten und gemeinschaftlich mit ihnen auf gleichen Bahnen sich bewegen; sie sind also Meteoriten, die nur vermöge ihrer Verdunstungsfähigkeit Schweife entwickeln, und so sichtbar werden. Dieses im Zusammenhange mit dem ebenfalls von Schiaparelli geführten Nachweise, daß Meteoriten Fragmente von Weltkörpern sind, läßt uns also die Cometen bei ihrer außerordentlichen Ueberzahl als die bedeutsamsten Zeichen des Verfalls im Sonnensysteme erkennen. Wir brauchen uns gleichwohl nicht alle Cometen von Meteoriten begleitet zu denken; denn wie dunkle Meteoriten in sehr großer Zahl von ihren Schwärmen getrennt werden können, um sporadisch auf die Erde zu fallen, so ist es sicherlich auch bei Cometen der Fall. Der Nachweis eines wirklichen Zusammenhangs mit Meteoriten ist aber nur für jene wenigen Cometen zu erbringen, deren Bahnen von der Erde durchschnitten werden, indem sich alsdann das Schauspiel periodischer Sternschnuppenfälle ereignet.

So lange man die Cometen lediglich an sich betrachtete, schien das Phänomen der Schweifbildung sie zu einer ganz besonderen Klasse von Weltkörpern zu stempeln. Nun aber, da sie gleich den begleitenden Meteoriten als Bruchstücke zer-

fallener Weltkörper erkannt sind, mit welchen sie zum Theile auf gleichen Bahnen wandeln, erklärt sich ihre scheinbar so exceptionelle Beschaffenheit ungezwungen aus der qualitativen Verschiedenheit der Bruchstücke, aus dem Unterschiede von flüssig und fest; denn das Verhalten der verdunstungsfähigen Fragmente, wenn sie in die Sonnennähe gerathen, muß ein ganz anderes sein, als das der übrigen Meteoriten. Wenn einst die Erde in Fragmente zerfallen sein wird, die sich auf der Erdbahn mehr und mehr auseinander ziehen werden, dann werden neben unzähligen Stein- und Metallmeteoriten auch solche sich finden, die aus den eventuellen erstarrten Meeresresten, oder den Kohlenwasserstoffverbindungen des Inneren sich bilden, und in der Sonnennähe ohne Zweifel sich verhalten werden, wie die Cometen.

Gleich jedem anderen Körper unterliegt auch die Masse der Cometenkerne dem Gesetze der Gravitation. So lange diese Kerne der Sonnenwärme entzogen sind, werden ihre flüssigen Massen bei der intensiven Kälte des Raums ohne Zweifel zu Eis erstarrt sein. Wenn aber solche Eisbälle durch ihre kosmische Bewegung sich der Sonne nähern, dann werden sie uns durch Lichtentwicklung sichtbar werden. Unter den Hypothesen aber, welche die Natur der Cometen zu erklären bemüht sind, ist ohne Zweifel die von Zöllner vom Standpunkte der Universalität der irdischen Gesetze die einfachste und sinnreichste.

Die der Sonne zugewendete und ihrer Bestrahlung ausgesetzte Seite verdunstungsfähiger Massen erfährt eine Temperaturerhöhung, welche Siede- und Verdampfungsprocesse nach sich zieht. Ueber dem erwärmten Oberflächentheile werden sich mit bedeutender Expansivkraft Gase in der Richtung der Wärmequelle entwickeln, und zwar um so mehr, je tiefer die Sonnenstrahlen einwirken. Von der Masse dieser Körper wird es abhängen, ob dieselben ganz in Dampf verwandelt werden, was bei um so niedrigeren Temperaturen geschehen kann, je kleiner

die Massen sind. Die aus dem Cometenkopfe entwickelte Dunstmasse umhüllt jedoch dieselben nicht nach Art einer planetarischen Atmosphäre, sondern wird in Folge elektrischer Erregung, wie sie beim Zerstaüben irdischer Gewässer eintritt, selbstleuchtend, erfährt aber sodann durch die gleichartige Elektricität der Sonne eine Repulsion, so daß sie, nachdem sie anfänglich in der Richtung der Sonne sich ausgedehnt hat, in parabolischen Linien zurückgekrümmt wird, und in von der Sonne abgekehrter Richtung abfließt. Diese von der Sonne abgewendete Richtung der Schweife nach der Verlängerung des radius vector ist charakteristisch für alle Cometen.

Da die Sonne vermöge der großartigen Processe auf ihrer Oberfläche als eine Quelle permanenter Elektricitätsentwicklung angesehen werden kann, so bedarf es, da gleichartige Elektricitäten sich abstoßen, nur mehr der Annahme der Gleichartigkeit der auf ihr und den Cometen erzeugten Elektricitäten, um die Abstoßung der Schweife zu erklären. Von der Intensität dieser elektrischen Repulsionskräfte der Sonne gibt aber nicht nur die außerordentliche Länge dieser Schweife, sondern auch die erstaunliche Geschwindigkeit Zeugniß, womit der Cometendunst abwärts strömt. Der Comet von 1843 hatte eine Coma von 30 Millionen Meilen, ja die Schweiflänge des Cometen von 1680 wurde von Newton auf 60 Millionen Meilen berechnet; Olbers aber bestimmte die Schnelligkeit in der Bewegung der Dunsttheile auf etwa 1 Million Meilen täglich. Die Schweife können übrigens erheblich länger sein, als sie zu sein scheinen, da sie nicht ihrer ganzen Länge nach zu leuchten brauchen.

Wie irdische Flüssigkeiten das Vorzeichen ihrer Elektricität oft plötzlich wechseln, sei es durch Reibung, oder Beimengung heterogener Bestandtheile, so scheinen auch bei den Cometen, wenn die Temperaturerhöhung in immer tiefere Schichten dringt, und neue Dunstmaterien an die Oberfläche gehoben

werden, diese manchmal mit anderen Vorzeichen elektrisch erregt zu werden, als die übrige Masse. In solchen Fällen wird sich das mehrfach beobachtete Phänomen von solchen Doppelschweifen ergeben, deren einer Ast gegen die Sonne gerichtet ist. Auch seitliche Abweichungen von Schweiftheilen sind beobachtet worden, wobei sowohl gravitirende, wie elektrische Einflüsse zur Seite stehender Planeten vorkommen mögen. Der Comet von 1807 hatte einen Doppelschweif mit Aesten von verschiedener Richtung und Länge; ja der Comet von 1744 breitete sechs Schweife fächerartig auseinander.

Während also die Lage der Cometenschweife wechselt, und jeweilig die Linie fortsetzt, die sich von der Sonne gegen den Kern ziehen läßt, beschreiben die zugehörigen Meteoriten, welche keineswegs in den Schweif verlegt werden dürfen, die gleiche Bahn um die Sonne, wie der Kern, indem sie theils vorangehen, theils folgen.

Da die Gasmassen, welche, die Sonne fliehend, zerstreut werden, im kalten Raume nothwendig wieder sich condensiren müssen, so lassen sich die Cometenschweife nach Zenker als ein wüstes Gestöber von Schneeflocken und Hagelkörnern ansehen. In dem Maße aber, als der Kern sich von der Sonne entfernt, muß er ebenfalls wieder erstarren.

Da auch an feste Meteoriten Gasmassen oft in bedeutenden Quantitäten gebunden sind, so unterscheiden sich solche von den Cometen vielleicht nur durch einen geringeren Grad von Verdunstungsfähigkeit; es ist daher die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß auch Stein- oder Metallmeteoriten sich gleich Cometen verhalten werden, oder das Cometenkerne aus einem Schwarme von solchen bestehen, welche alsdann nicht nur durch geringe Schweifentwicklung, sondern auch dadurch sich kennzeichnen würden, daß ihre eingeschlossenen Gasmengen schon nach einer geringeren Zahl von Periheldurchgängen erschöpft sein, d. h. daß solche Cometen schneller schweiflos werden. Die Uebereinstimm-

ung der Spektra der Cometen und der aus Meteoriten gezogenen Gase ist aber ein neuer Beweis für die Verwandschaft dieser Körper.

Wenn flüssige Cometenkerne oft Jahrtausende hindurch der Kälte des kosmischen Raums ausgesetzt sind, so müssen sie in der Erstarrung ohne Zweifel eine sehr unregelmäßige Gestalt erhalten, und vielleicht von tiefen Spalten zerklüftet werden. Es ist daher zu erwarten, daß sich an ihnen auch die Erscheinung des spontanen Zerfalls in Fragmente beobachten lassen wird, als Fortsetzung jenes Processes, der ihren Mutterkörper in einen Meteoritenschwarm verwandelte. Diese Erscheinung, welche schon durch die Existenz von Cometensystemen eine Stütze erhält, ist bei den Cometen von Liais und Biela direkt beobachtet worden. Bei seiner Wiederkehr im Jahre 1846 theilte sich der Comet von Biela mit $6^3/_4$jähriger Umlaufszeit in zwei Cometen von gleichem Ansehen, aber verschiedener Lichtstärke. Schon nach einigen Wochen hatten sich die beiden Theile so weit von einander entfernt, daß ihr gegenseitiger Abstand beim Durchgang durchs Perihel 41,900 Meilen betrug. Wieder erschienen sie 1852 mit einer bereits auf 352,000 Meilen angewachsenen gegenseitigen Entfernung. In den Jahren 1859 und 1866, in welchen eine Wiederkehr hätte stattfinden sollen, hat man vergeblich nach ihnen gesucht, bis endlich 1872 einer der Theilcometen gesehen wurde, und zugleich sein Zusammenhang mit dem Meteoritenschwarm des 27. November, den Andromedaiden, erkannt wurde.

Auch an dem Donati'schen Cometen ist ein sekundärer Kern bemerkt worden, und nach Secchis Beobachtungen war der Kern des Cometen 1853 I ein vielfacher. Ueberhaupt ist eine Tendenz der Cometenmaterie, sich in granulöser Struktur anzuordnen, so daß die Hauptmasse des Lichtes nicht um einen einzigen Punkt, sondern um mehrere Punkte concentrirt ist, vielfach angedeutet. Der Comet 1618 II, über welchen mehrere genaue

Beobachtungen vorliegen, löste sich nach seinem Durchgange durchs Perihel in einen Schwarm von Kernen auf, so daß sein Durchmesser innerhalb eines Monats bis zum achtfachen Durchmesser der Erde sich vergrößerte; da dieser Proceß nicht mit der Annäherung, sondern Entfernung von der Sonne zusammenfiel, so kann nicht in der Sonnenwärme diese auflösende Kraft gelegen gewesen sein, sondern in ihrer Anziehungskraft, welche die spontan zerfallenen Bruchstücke in ungleicher Weise anzog, und den Schwarm erweiterte.

Dieser Art mag ungefähr der Proceß gewesen sein, welchen jene Planeten erfuhren, die wir nun als Meteoritenschwärme auf längere oder kürzere Bahnstücke verstreut sehen. Noch deutlicher aber scheint die erst beginnende Phase des Zerfalls eines ursprünglichen Planeten beim Cometen von 1652 angedeutet gewesen zu sein, der den Anblick eines unregelmäßigen und heterogenen Haufens von ungefähr sphärischer Form und außerordentlichem Umfang bot, und mit einem ganz unverhältnißmäßig kurzen Schweife versehen war, so daß die Beobachter, welche dieses sonderbare Gestirn als einen Cometen zu betrachten fast Anstand nahmen, nur durch seine cometarische Bahn vermocht wurden, es in diese Klasse zu versetzen. —

Die Verwandtschaft von Cometen und Meteoriten muß erwarten lassen, daß, wie feste Meteoriten, so auch flüssige Meteormassen sporadisch auf die Erde fallen. Es sind in der That etwa zwanzig Fälle constatirt, in welchen gelatinöse phosphorescirende Massen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehend, wohl nur die Reste viel größerer, aber beim Durchgang durch die Atmosphäre größtentheils verdampfter, Massen, auf die Erde fielen. Bei dem ungleich stärkeren Widerstand, den die Luft solchen flüssigen Materien entgegensetzt, erklärt sich die Seltenheit des Phänomens von selbst. —

Indem man also davon ausgeht, daß nur planetarische Massen von der Sonne abgelöst wurden, welche in verschiedenen

Zeitlängen die gleiche, mit dem Zerfalle in Meteoriten endende Entwicklung durchlaufen, läßt sich die Existenz solcher Weltkörper folgern, welche in Bezug auf physikalische Beschaffenheit mit den Cometen übereinstimmen. Es würde sich also gegen die Folgerung, die Cometen seien Fragmente zerfallener Planeten nichts einwenden lassen, wenn nicht die Bahnelemente der Cometen von jenen der Planeten durchaus verschieden wären. Ihre Zurückführung auf ehemalige Planeten, zu der uns ihr Zusammenhang mit den Meteoriten drängen will, erscheint daher nur dann zulässig, wenn sich auch ihre abnormen Bahnen erklären ließen aus einer Umgestaltung ehemaliger Planetenbahnen, da wir der Nebularhypothese gemäß nur die Abtrennung solcher Körper voraussetzen dürfen, deren Bahnen kreisförmig waren, und in der gleichen Ebene lagen, und nur durch die gegenseitige Anziehung dieser Körper in eliptische mit geringer gegenseitiger Neigung verwandelt wurden. Erst dann, wenn auch dieser Anforderung Genüge geleistet werden könnte, wären Planeten und Cometen aus Einem Erklärungsprincip heraus erklärt.

Hier stellt sich aber sofort die Unmöglichkeit heraus, alle Planeten und Meteoritenschwärme nebst Cometen gemeinschaftlich durch die Nebularhypothese zu umfassen. Die rückläufigen Cometen lassen sich unter keinen Umständen als Kinder der Sonne reklamiren; denn nach der theoretischen Astronomie ist es unmöglich, daß rechtläufige Bahnen — und solche sind für alle von unserer Sonne abgetrennten Körper vorauszusetzen — in rückläufige verwandelt werden. Die rückläufigen Körper sind demnach als fremde Eindringlinge, als Eroberungen des Sonnensystems, anzusehen, von welchen wir in der Frage, ob planetarische Begleiter der Sonne durch Störungen in cometarische Bahnen gedrängt werden können, vorerst noch absehen müssen.

Aber auch noch eine andere Verbindlichkeit obliegt einer Hypo-

these über den Ursprung der Cometen, welche den Anspruch auf Richtigkeit erheben will:

„Solcher Cometen halte ich der Himmel so voll seye, wie das Meer voller Fische ist" — sagt Keppler. Und in der That, wenn wir nach Analogie des Sonnensystems auf die Begleiter auch der Fixsterne schließen wollen, so müssen wir die eigentliche Bevölkerung des Himmels in den Cometen erkennen, indem deren viele Tausende auf je einen Fixstern treffen würden. Eine richtige Cometentheorie muß also diese Ueberzahl der Haarsterne gegenüber der verschwindenden Anzahl der eigentlichen Planeten als eine nothwendige erklären können; endlich muß sie aber auch, wenn die Verwandtschaft zwischen Cometen und Planeten eine vollgültige sein soll, das zu erklären vermögen, warum die in excentrischen Bahnen sich bewegenden ehemaligen Planeten bereits in Meteoritenschärme aufgelöst sind, d. h. den eigentlichen Planeten in ihrer Entwicklung soweit vorangeeilt sind.

Zu diesem Behufe müssen wir uns aber auf den schon früher dargelegten Ausgangspunkt versetzen, das nämlich die Wissenschaft ihrem Begriffe gemäß die hohe Zweckmäßigkeit des Planetensystems nur als das Resultat einer indirekten Auslese des Zweckmäßigen ansehen darf. Die ursprüngliche Anzahl der Begleiter unserer Sonne muß eine viel größere gewesen sein, und kann auch nicht schon ursprünglich in vortheilhafter Massenvertheilung sich bewegt haben.

Daß nun die so geringe gegenwärtige Anzahl der Planeten die ursprüngliche sei, erscheint schon an sich sehr unwahrscheinlich; denn der ehemalige Sonnenball hatte einen Durchmesser, der dem des Planetensystems mindestens gleichkam. In diesem ungeheueren Raume verschwinden die Planeten so sehr, daß sie in ihrer Gesammtheit nur etwa den 25millionsten Theil der Kreisfläche einnehmen, welche von der Bahn des äußersten Planeten abgegrenzt wird. Es erscheint daher sehr unwahr-

scheinlich, daß die Verdichtung aller Materie des Sonnensystems nur eine so geringe Anzahl von Kugeln von relativ so geringer Masse geliefert haben sollte; dagegen würde dieses Mißverhältniß ausgeglichen werden, wenn wir auch die rechtläufigen Cometen nebst den zugehörigen Meteoritenschwärmen als Verdichtungsprodukte dieser Materie heranziehen könnten.

Nehmen wir nun an, auch diese hätten sich ehemals in planetarischen Bahnen bewegt, so mußten die gegenseitigen Störungen in diesem Gewirre von Welten sehr beträchtlich sein, da erst im Verlaufe des Processes die zweckmäßige Massenvertheilung sich eingestellt haben konnte, und die Annahme ganz ungerechtfertigt ist, als hätte die Sonne nur Planeten von solcher Masse und von solchen gegenseitigen Abständen abgetrennt, daß die bei der gegenseitigen Anziehung derselben unvermeidlichen Störungen schon von Anfang an in so enge Grenzen eingeschlossen waren, wie bei den gegenwärtigen Planeten. Wie überall in der Natur kann auch hier die Zweckmäßigkeit nicht fertig ins Dasein getreten sein, sondern erst als das Resultat eines Entwicklungsprocesses; die Abtrennung der Planeten geschah nicht schon ursprünglich in zweckmäßiger Weise durch direkte Auslese, sondern ohne alle Rücksicht auf die daraus sich ergebenden Störungen, und diese Störungen mußten eben zum Austrag kommen.

Wenn wir aber sehen, daß die Planeten in Folge gegenseitiger Anziehung in Ellipsen sich bewegen, und daß ihre Bahnen gegen einander geneigt sind, daß ferner diese Elemente noch immer periodisch verändert werden, andrerseits aber bei den Cometen ganz die gleichen Merkmale erkennen, nur daß diese die Abweichungen in sehr vergrößertem Maße darstellen, so ist wohl der Schluß gerechtfertigt, daß diese größeren Abweichungen nur größeren Störungen entsprangen, und nicht schon ursprünglich vorhanden waren. In einen Zustand so beträchtlicher Störungen mußte aber sofort die indirekte Auslese ein-

greifen, und daß diese nothwendig das gleiche zweckmäßige Resultat allmählig herbeiführen muß, wie es die direkte Auslese momentan erreicht, ergibt sich hier, wie in der Biologie, daraus, daß das Unzweckmäßige schon als solches immer ein existenzunfähiges Gebilde ist.

Wenn die Natur allen Wüstenbewohnern eine sandfarbige Bekleidung gegeben hat, so darf die Wissenschaft ihrem Begriffe gemäß nicht auf solche Gesetze schließen, welche als teleologische Principien verfahren, sondern lediglich auf solche, die durch indirekte Auslese das zweckmäßige Resultat herbeiführen: Wüstenthiere ohne die Bekleidung von angemessener Farbe sind als solche ihren Feinden viel mehr ausgesetzt, und, indem sie vertilgt werden, überleben die zweckmäßiger Bekleideten. Die Erblichkeit der Eigenschaften thut das Uebrige: die indirekt ausgelesenen zweckmäßigen Exemplare gelangen zur Fortpflanzung, übertragen ihre günstigen Merkmale auf die Nachkommen, und, indem in jeder weiteren Generation dieser Proceß sich wiederholt, werden die günstigen Merkmale durch natürliche Züchtung gesteigert, bis die vollständige Uebereinstimmung der Bekleidung der Wüstenthiere mit der Sandfarbe der Wüste erzielt ist. Die progressive Anpassung verwandelt sich alsdann in eine conservative, welche nur mehr die atavistisch mögliche Rückfälligkeit verhindert.

So auch in einem kosmischen Systeme: Eine unzweckmäßige Gruppirung systematisch verbundener Weltkörper ist an sich existenzunfähig, sie bildet einen mechanischen Widerspruch, der zum Austrag kommen muß, und nur mit Umgestaltung oder Auflösung des Systems enden kann; und so verbürgt uns eine hinlängliche Dauer des Entwicklungsprocesses allein schon, daß schließlich, indirekte ausgelesen, nur mehr zweckmäßige Erscheinungen überleben werden.

Wenn aber die zweckmäßig gruppirten Planeten des Sonnensystems nur die überlebenden einer natürlichen Auslese

sein können, so folgt daraus unmittelbar, daß die ursprüngliche Anzahl der Planeten eine viel größere gewesen sein muß, und es erwächst nun die Verpflichtung einer bündigen Antwort auf die Frage: Wohin sind diejenigen Planeten gerathen, deren Elimination durch die Harmonie der überlebenden bedingt ist?

So folgt aus der hohen mechanischen Zweckmäßigkeit des Planetensystems unmittelbar, daß die ursprüngliche Anzahl der Planeten sehr stark gelichtet worden sein muß. Wie in der Biologie auf einen um so heftigeren Kampf uns Dasein geschlossen werden muß, je größer die Vollkommenheit der Anpassung ist, wie die Schnelligkeit der Antilope und die bewundernswerthe Mimicry der Insekten in unmittelbarem Causalzusammenhange steht mit einer hohen Procentzahl vertilgter Individuen, wie die Stärke des spartanischen Volksstammes in Verbindung steht mit dem Systeme, kranke und krüppelhafte Kinder zu tödten, und überall die Anpassungsvollkommenheit der Organismen um so größer ist, je mehr die Natur spartanisch gegen sie vorgeht, — so muß auch in der kosmischen Physik aus dem hohen Grade der Harmonie eines Systems auf eine desto intensivere Thätigkeit des die Auslese besorgenden Faktors geschlossen werden.

Aber ein wesentlicher Unterschied ist bei aller sonstigen Analogie zwischen Biologie und Astronomie festzuhalten: In der Biologie sind die die Auslese besorgenden Faktoren Vertilgungsfaktoren, in so ferne wenigstens, als die davon betroffenen Individuen im Tode sich in ihre materiellen Bestandtheile auflösen; in der Astronomie dagegen wird die Auslese allein durch die Gravitation besorgt, und diese könnte nur dann als Vertilgungsfaktor angesehen werden, wenn die aus ihr entspringenden Störungen in allen Fällen den Zusammenstoß des Störers und Gestörten herbeiführen würden, wobei die erzeugte Temperatur die Auflösung derselben in ihre Bestandtheile nach sich ziehen müßte. Es kann übrigens von einem Zusammen-

ſtoße nur bei erkalteten Weltkörpern geredet werden, und da die Ausleſe in jene entlegene Periode fällt, als die Planeten in der anfänglichen Anzahl noch als Nebelballen die Sonne umkreiſten, ſo dürfte es paſſender ſein, von einem Ineinanderfließen der ſich begegnenden, und durch die erzeugte Wärme ſich ausdehnenden, Nebel zu reden.

Ein ſolches Ineinanderfließen kann nun zwar einer Störung entſpringen; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle aber wird die in die Ferne wirkende Schwerkraft nur eine Umgeſtaltung der Bahn herbeiführen, wie wir dieſes an den Cometen ſo häufig wahrnehmen. Da nun hiedurch die ſeparate Exiſtenz der von der Störung betroffenen Weltkörper nicht aufgehoben wird, und dieſelben noch vorhanden ſein müſſen, ſo erhebt ſich um ſo gebieteriſcher die Frage, wohin dieſe als unzweckmäßig ausgeſchiedenen, d. h. zu Bahnveränderungen gezwungenen Planeten gerathen ſein müſſen.

Es obliegt der theoretiſchen Aſtronomie, dieſe Frage zu beantworten durch die Theorie der Störungen. Die Anziehungskraft eines Weltkörpers auf einen anderen in ſeiner Nähe befindlichen iſt ſeiner Maſſe direkt, ſeiner Entfernung umgekehrt proportional, nimmt mit dem Quadrate der Entfernung ab. Von dieſen Faktoren hängt ſomit der Betrag der Störung ab, welchen die urſprünglichen Planeten in Folge gegenſeitiger Anziehung auf einander ausübten. Als Wirkung der Störungen mußte aber entweder eine Vermehrung oder eine Verminderung der Umlaufsgeſchwindigkeit eintreten. Da nun die theoretiſche Aſtronomie den Nachweis führt, daß alle Planeten genau die ihrer Maſſe und ihrem Abſtande entſprechende Geſchwindigkeit beſitzen, und daß die Krümmung ihrer Bahnen die Reſultante von zwei entgegenwirkenden Kräften, Schwerkraft und Tangentialkraft, iſt, ſo muß jede Veränderung der Geſchwindigkeit, da ſich in dieſer der Betrag der Tangentialkraft ausdrückt, das Gleichgewicht dieſer beiden Kräfte ſtören, und, je nachdem

die Störung der einen, oder der anderen Kraft zugutkommt, muß auch der Krümmungsbetrag der Bahn des Planeten zunehmen, oder abnehmen; er würde entweder in Spirallinien immer mehr der Sonne sich nähern, und schließlich in sie stürzen, oder seine Bahn würde umgekehrt verlängert werden. Schon ein geringer, die Tangentialkraft vermehrender Störungsbetrag würde hinreichen, die Kreisbahn in eine Ellipse zu verwandeln, die je nach dem Störungsbetrage mehr oder minder gestreckt sein wird. Ueberschreitet derselbe eine bestimmte Größe, so daß die Schwerkraft ganz überwunden wird, so wird die Bahn hyperbolisch werden, d. h. aufhören, geschlossen zu sein, und ein solcher Körper würde unser Sonnensystem verlassen und sich in die Region der Fixsterne verlieren. Die parabolische, ebenfalls nicht geschlossene Bahn bildet die Grenze zwischen Ellipse und Hyperbel, und kann nur bei einem ganz bestimmten Störungsbetrage eintreten.

Die Vereinigung eines gestörten Planeten mit der Sonnenmasse ist demnach nur einer der möglichen Fälle, in der Mehrzahl der Fälle wird nur eine Umgestaltung der Bahn erfolgen. Die Gravitation, als der die indirekte Auslese des Zweckmäßigen besorgende Faktor ist demnach kein Vertilgungsfaktor; im Kampf um's Dasein am Himmel überlebt auch das Unzweckmäßige, und so erklärt es sich, daß die Anzahl der Cometen die der Planeten so sehr übertrifft, und daß in diesem Gebiete der Natur das Verhältniß der unzweckmäßigen Gebilde zu den zweckmäßigen ein viel ungünstigeres ist, als im organischen Entwicklungsprocesse, in welchem die Auslese durch Vertilgungsfaktoren besorgt wird; denn nur eine Verminderung der Unzweckmäßigkeit liegt darin, wenn mechanisch widerspruchvolle Körper in solche langgestreckte, doch geschlossene, Bahnen geworfen werden, auf welchen sie während der längsten Zeit ihres Umlaufs ungestört bleiben, ihre eigene störende Eigenschaft aber erst dann verlieren, wenn sie als Meteoritenschwärme über ihre Bahn zerstreut werden.

Die durch die Störungen in Cometenbahnen gedrängten Planeten werden aber — und hier schließt sich der Kreis der Beweisführung, indem wir in dieser Schlußfolgerung ganz das gleiche Resultat erreichen, zu dem wir oben auf ganz anderem Wege gelangt sind — in Bezug auf die Zeitlängen der Entwicklung sich bedeutend von den restirenden Planeten unterscheiden, indem der eine der Abkühlungsfaktoren, der Sonnenabstand, ganz und gar zu ihren Ungunsten sich verändert, das Abkühlungstempo ungemein beschleunigt wird. Während ihrer oft jahrtausendelangen Umläufe gelangen sie nur Einmal der Sonne ungefähr so nahe, wie die zurückgebliebenen Planeten ständig verweilen; im intensiv kalten Raume, da ihre zu Verlust gehende Eigenwärme durch keine Sonnenwärme ersetzt wird, müssen sie sehr rasch erkalten, und ungleich schneller jene Entwicklungsphasen durchwandern, welche den derzeitigen Planeten erst bevorstehen: die vollständige Erstarrung des Innern, begleitet von einem Absorptionsprocesse der Meere und Atmosphären durch die festen Gesteine; der spontane Zerfall in Bruchstücke (Asteroiden), und sodann in einen Schwarm kleinerer Fragmente (Meteoriten); die Vertheilung dieser Meteoriten auf ein längeres Bahnstück, und endlich ihre Auseinanderzerrung über die ganze Länge der Bahn. Jene Meteoriten aber, welche aus verdampfungsfähiger Materie bestehen, seien es nun Meeresreste oder Erdöle — denn auch dem Himmel fehlen nicht die Petroleusen — werden in dem sonst meist unsichtbaren Schwarme als Cometen erscheinen.

Bei der vergleichenden Untersuchung der Zustände unserer Planeten hat sich ergeben, daß das Volumen der Planeten von den beiden das Abkühlungstempo bestimmenden Faktoren der ungleich wichtigere ist, und daß erst in zweiter Linie der Sonnenabstand in Betracht kommt. Dieß gilt ohne Zweifel auch für jene Planeten, welche in cometarische Bahnen gelenkt wurden, und ist es dieser Ursache zuzuschreiben,

daß die einen, wie der oben beschriebene Comet von 1652, noch als unregelmäßige Haufen wenig zerstreuter Bruchstücke erscheinen, die anderen bei vorgeschrittener Zerstreuung schon deutlich in Cometen und Meteoriten geschieden sind, daß ferner die einen nur über ein Bahnstück vertheilt sind, während die raschlebigsten über die ganze Bahnlänge auseinandergezogen sind. Aber der zweite Abkühlungsfaktor, der Sonnenabstand, wird doch für alle so sehr zu ihren Ungunsten verändert, daß sie sämmtlich raschlebiger werden mußten, als die zurückgebliebenen Planeten, selbst wenn sie die letzteren an Volumen übertroffen haben sollten. Es ist zudem sehr wahrscheinlich, daß die aus dem engeren Planetensysteme ausgeschiedenen Körper auch an Volumen geringer waren, als die zurückgee bliebenen. Denn die Planeten von geringster Masse mußten auf die Störungen am empfindlichsten reagiren, wie es sich deutlich darin zeigt, daß die kleinsten unserer Planeten, Merkur und Mars, die größten Excentricitäten besitzen, und daß ihre Bahnen gegen die Ekliptik sehr stark geneigt sind. Deßgleichen läßt sich aus der Berechenbarkeit der Planetenbewegungen, ohne daß sich irgend welcher Einfluß der zahlreichen Meteoritenschwärme kundgebe, auf einen geringen Umfang derjenigen Körper schließen, aus welchen diese zerfallen sind. Demzufolge wurden also gerade jene Planeten ausgeschieden, welche vermöge ihres Volumens ohnehin zu einer schnelleren Entwicklung bestimmt waren, und so ist es nicht auffallend, daß sie, indem auch der zweite Abkühlungsfaktor von eminenter Bedeutung bei ihnen wurde, den restirenden Planeten so sehr vorangeeilt sind, daß sie die extreme Endphase mehr oder minder alle errichtet haben, und die mittlere Phase, der Zerfall in asteroidische Fragmente, bei ihnen nicht mehr vertreten zu sein scheint.

Wir finden nun allerdings Cometen, welche in so kurzen Ellipsen um die Sonne kreisen, daß sie die engere Planetensphäre gar nicht verlassen, wie der Comet von Enke, der inner-

halb der Jupiterbahn bleibt, der von Biela, der über diese Bahn nur wenig hinauskommt, und der mit dem Novemberschwarme verbundene Comet, der sich nicht weiter, als Uranus, von der Sonne entfernt, so daß also die Raschlebigkeit dieser Körper befremden könnte. Indessen ist bei den beiden ersteren sowohl die Annahme eines sehr geringen Volumens zulässig, als auch die Verkürzung der Bahn in Folge einer erst später eingetretenen Störung; der Novemberschwarm aber — der eben ein Beispiel einer solchen Verkürzung bietet, indem er nach Leverriers Berechnung im Jahre 126 unserer Zeitrechnung dem Planeten Uranus so nahe kam, daß er hiedurch in eine kurze elliptische Bahn geschleudert wurde — zeigt überdieß durch seine Rückläufigkeit seine fremde Abkunft an; er kommt also aus einer Ferne, aus welcher der Lichtstrahl selbst nur in Jahren uns erreichen kann, hatte also sicherlich Zeit, sich bis zu dem der Meteoritenphase entsprechenden Grade abzukühlen.

Bedürfte es noch eines Beweises, daß die Meteoritenschwärme zerfallene Weltkörper seien, und zwar — soweit dieselben unserem Sonnensysteme nicht erst nachträglich einverleibt wurden — das sie die im Processe der Auslese eliminirten Planeten seien, so ließe sich noch aufmerksam machen auf ihre merkwürdige Analogie mit den Planeten bezüglich der Lage ihrer Perihelien. Die Sonnennähen der Planeten und Asteroiden fallen in überwiegender Anzahl auf jene Himmelshälfte, in deren Mittelpunkt die Plejadengruppe liegt; dieselbe Convergenz gegen die Plejaden zeigen aber auch die Perihelien der meisten in nachweisbar elliptischen Bahnen einhergehenden Cometen, also gerade derjenigen, welche, weil sie fast ausnahmslos rechtläufig sind, wahrscheinlich von jeher unserem Sonnensysteme angehört haben. Die übrigen Cometen, über deren Bahn nichts Bestimmtes feststeht, und bei welchen auch Rückläufigkeit viel häufiger vorkommt, zeigen in ihren Perihelien keine solche Convergenz weder gegen die Plejadengruppe, noch gegen

irgend einen anderen Punkt der Himmelskugel. Aber auch die Abstände von der Sonne, in welchen die Cometen ihr Perihel erreichen, sind so verschieden, wie bei den Planeten; ihre Perihelien liegen theils zwischen der Sonne und Merkur, theils zwischen diesem und Venus, zwischen dieser und Mars, und zwischen Mars und Jupiter; es wurden daher im Processe der Auslese Planeten aus allen Regionen des Sonnensystems ausgeschieden. Ohne Zweifel liegen auch außerhalb der Jupiterbahn noch viele Perihelien von Cometen; aber in solchen Entfernungen hört für uns die Sichtbarkeit der Cometen auf.

Nehmen wir nun eine gleiche Vertheilung der Cometen auch in jener Region an, in der sie uns nicht mehr sichtbar sind, so wächst damit die Anzahl der Cometen, deren Perihel innerhalb der Neptunsbahn liegt, allerdings auf Millionen an, und wenn wir auch nur einen Theil derselben als ursprüngliche Begleiter der Sonne reklamiren, so dürfte doch das Mißverhältniß mit der geringen Zahl der eigentlichen Planeten uns abgeneigt machen, einen so energischen Proceß der Auslese zu vermuthen; aber doch wäre ein solcher ganz analog manchen Ausjätungsprocessen im biologischen Gebiete, in welchem von allen Lebenskeimen nur eine sehr geringe Procentzahl zur Entwicklung gelangt. Wenn ein Forellenweibchen jährlich gegen 600, der Häring an 40,000, der Karpf gegen 200,000, der Stör mehrere Millionen Eier legt, so daß, wenn alle Störeier zur Entwicklung gelangten, schon eine der nächsten Generation allein an Caviar das Volumen der Erdkugel liefern würde, so zeigt sich in diesen Fällen noch ein viel größeres Mißverhältniß zwischen der Zahl der überlebenden und der vertilgten Keime, als in unserem Systeme zwischen den Planeten, welche ihre Bahnen beibehielten, und jenen, welche aus der Nähe der Sonne verwiesen wurden.

Jene Abneigung wird im Grunde nur durch die begleitende Vorstellung der Wichtigkeit der Sonne für das organische

Leben auf ihren Trabanten erzeugt, und es erleidet keinen Zweifel, daß in Hinsicht auf den organischen und biologischen Proceß die ausgeschiedenen Planeten nicht ernstlich in Betracht kommen können; denn abgesehen davon, daß dieser Proceß eine ihrer Raschlebigkeit entsprechende Verkürzung erfahren muß, kann auch innerhalb dieser kurzen Dauer ein regelmäßiger Fortgang nicht stattfinden, indem der Durchgang durch das Perihel eine Temperaturdifferenz erzeugen muß, die wie eine Katastrophe hereinbrechen, und die Entwicklung immer wieder ababschneiden muß. Der Comet von 1680. z. B. nähert sich, nachdem er 8,800 Jahre der intensiven Kälte des Raums ausgesetzt war, der Sonne bis auf 32,000 Meilen, wo er einer Temperatur ausgesetzt ist, welche die der Erdoberfläche mehr als 30,000 Mal übertreffen muß; und wenn er auch mit einer Geschwindigkeit von 53 Meilen in der Sekunde durch sein Perihel geht, so muß doch auf dem Planeten, dem er entstammt, bei jedem Periheldurchgange jede denkbare Flora und Fauna jeweilig vernichtet worden sein.

Im biologischen Processe auf der Erde wird also nicht nur das Zweckwidrige eliminirt, sondern auch das Zwecklose, wie bei der Verkümmerung rudimentärer Organe durch Nichtgebrauch; im kosmischen Processe dagegen werden nur die mechanischen Widersprüche eliminirt, aber es überleben Gebilde, die vom biologischen Standpunkte aus als zwecklos sich darstellen, und auch dieses wiederum zeigt uns, daß wir diesen Standpunkt der Betrachtung dem Kosmos gegenüber nicht einzunehmen haben.

Aber wenn schon bei den übrigen, normal gebliebenen, Planeten das Mißverhältniß zwischen den kosmischen und biologischen Zeitlängen uns augenscheinlich genug lehrt, daß wir in der kritischen Beurtheilung des Systems den mechanischen Standpunkt nicht verlassen dürfen, so muß die Betrachtung der ausgeschiedenen Planeten, die in ihrer Ueberzahl vom

anthropocentrischen Standpunkte nicht anders, denn als verfehlte Weltenkeime sich darstellen, mit dem ernüchternden Gedanken uns vertraut machen, daß die Bewohnbarkeit überhaupt nicht zu den nothwendigen Merkmalen eines Gestirns gehört. —

Indem wir also ausgegangen sind von der thatsächlichen mechanischen Zweckmäßigkeit unseres Planetensystems, sind wir zu dem gleichen Resultate gelangt, zu dem uns die vergleichende Astronomie führte, wobei wir die empirisch gegebenen planetarischen Phasen nach physikalischen Principien weiterentwickelten. Diese Zweckmäßigkeit, als Resultat indirekter Auslese aufgefaßt, nöthigte uns eine sehr große Anzahl sehr raschlebiger Planeten auf cometarischen Bahnen zu suchen, und endlich in logischer Folgerung Umschau zu halten nach Weltkörpern, welche in Meteoritenschwärme zerfallen, nur mehr in einzelnen, verdunstungsfähigen Fragmenten sichtbar werden. Hiedurch wurden wir von selbst auf die Cometen geführt, und nicht nur hat sich die physikalische Beschaffenheit derselben in causale Verbindung bringen lassen mit ihren Bahnelementen, sondern auch ihr Zusammenhang mit Meteoritenschwärmen hat sich als ein nothwendiger ergeben.

Von diesem Standpunkte aus erklärt es sich nun, daß der bekannte Novemberschwarm in einer Ellipse um die Sonne sich bewegt, daß — wie sich aus dem Eintritte der Sternschnuppenfälle hat nachweisen lassen — etwa der zehnte Theil seiner Bahn mit Meteoriten besetzt ist, und endlich daß der Comet I 1866 als ein Bestandtheil dieses Schwarms erkannt worden ist. Gleichfalls erklärt es sich nun, daß der Augustschwarm, ein Meteoritenstrom, den die Erde ebenfalls durchschneidet, über die ganze Länge seiner elliptischen Bahn auseinandergezogen ist, und daß die Cometen 1852 und III 1862 auf der gleichen Bahn sich bewegen. —

Die Bahnveränderungen der Cometen in Folge von Störungen geschehen nun wieder ganz im gleichen Sinne, wie die

ihrer ehemaligen Mutterkörper, und die hiebei wahrnehmbaren Gesetze sind identisch mit jenen, wodurch im Planetensysteme die Auslese besorgt wurde: von geringen Störungen wird nur die Excentricität der Bahn berührt, sie bleibt aber geschlossen, d. h. in sich zurücklaufend; bei beträchtlichen Störungen wird die Bahn parabolisch, oder hyperbolisch. Der Proceß der Auslese geht demnach auch hier noch fort, indem jene Cometen, die im Sonnensysteme verbleiben, wie schon früher gezeigt wurde, allmählig in zweckmäßiger Weise sich gruppiren, während diejenigen, deren unzweckmäßige Bahnen zu beträchtlichen Störungen Anlaß geben, vor die Thüre des Sonnensystems gesetzt werden, und in die Region der Fixsterne entweichen, um nicht wieder zu kommen.

Die weiteren Schicksale, welchen Cometen und Meteoritenschwärme entgegengehen, ergeben sich von selbst. Wenn ein aus dem engeren Planetensysteme ausgeschiedener Weltkörper in einen Schwarm kleiner Fragmente sich aufgelöst hat, so beschränkt sich seine materielle Gefährlichkeit auf die Möglichkeit, nach der Erde mit Steinen zu werfen. Zahlreicher noch werden die Meteoriten auf die Sonne und die übrigen Planeten fallen, so daß solche Schwärme mehr und mehr an Substanz verlieren müssen. Die sporadischen Meteoriten zeigen also die nächste Entwicklungsstufe an.

Jene Bestandtheile der Meteoritenschwärme, welche wir Cometen nennen, scheinen gleichfalls starken Substanzverlusten zu unterliegen; man hat bei ihren successiven Umläufen Abnahme der Helligkeit bemerkt, was darauf schließen läßt, daß sie die ihnen entströmende und den Schweif bildende Materie nicht mehr an sich zu ziehen vermögen. Der Comet von Halley soll 1456 einen Schweif gehabt haben, der 60 Himmelsgrade einnahm, während sein Schweif 1682 nur 30, 1835 nur 20 Grade betrug; auch sein Kern soll bei der letzten Erscheinung minder hell gewesen sein. Die Zeit, welche nöthig

ist, einen Cometen ganz aufzulösen, oder ihn seiner gasigen Bestandtheile zu berauben, wird von seiner Größe, von seiner Annäherung an die Sonne, und davon abhängen, innerhalb welcher Zeitintervallen er ins Perihel zurückkehrt. So erklärt es sich, daß der Comet von Enke, welcher die kürzeste Umlaufszeit hat, d. h. sehr oft ins Perihel zurückkehrt, und in der Sonnenferne nicht einmal die Jupiterbahn erreicht, nur mehr Spuren eines Schweifes zeigt, während er sonst deutlich schweifbildend war. Mehr noch scheint der Comet von Faye seine Vorräthe an verdampfbaren Stoffen erschöpft zu haben, der nur mehr als schweiflose Nebelmasse erscheint. Gleiches gilt auch von dem Cometen von Brorsen, der, gleich den beiden erwähnten, eine sehr kurze Umlaufszeit hat, und als kern- und schweiflose Nebelmasse entdeckt wurde. —

So lassen sich also für die Frage nach der Zukunft der Erde auch die Cometen heranziehen, und sie lehren uns, daß sogar die Mehrzahl der Begleiter unseres Sonnensystems jenes Stadium des Zerfalls bereits erreicht haben, das wir im Planetensysteme mit zunehmender Deutlichkeit eingeleitet sehen durch Mars, den Mond und die Asterioden.

Wenn aber die Gleichheit der kosmischen Gesetze und Stoffe uns genöthigt hat, die Geschichte der Erde als typisch für alle Gestirne zu betrachten, und die an Fixsternen wahrnehmbaren Erscheinungen unter dieser Voraussetzung sich als Phasen dieser Entwicklung erklären ließen, so verleiht zwar diese Uebereinstimmung der wahrnehmbaren Entwicklungsphasen mit Gliedern in der theoretischen Causalreihe der Hypothese eines gleichen Entwicklungsganges eine sehr große Wahrscheinlichkeit; aber eine empirische Bestätigung derselben hat sich in den früheren Untersuchungen nicht ergeben wollen.

Eine solche Bestätigung erhalten wir aber in der That durch jene Cometen, welche als rücklaufig sich als fremde Eindringlinge kundgeben, und da ohne Zweifel sehr viele Meteo-

riten, welche auf die Erde fallen, rückläufigen Schwärmen entstammen, so beweist die Uebereinstimmung derselben mit irdischen Elementen das Gleiche, was die Spektralanalyse beweist, daß wir nämlich für die ganze sichtbare Welt eine physische und chemische Gleichförmigkeit der Gestirne annehmen müssen, die eben so groß ist, wie die der Meteoriten und der Farbenspektra.

Manche der rückläufigen Cometen sind durch Störungen, welche sie erfuhren, unserem Systeme dauernd einverleibt worden, wie z. B. der Halley'sche Comet, der mit einer Umlaufszeit von $76^1/_6$ Jahren bis über den Anfang unserer Zeitrechnung sich verfolgen läßt. Aber noch immer erscheinen Cometen am Himmel, die früher nicht gesehen wurden. Von den bisher berechneten Cometenbahnen sind nur etwa $^1/_4$ elliptisch, etwa $^1/_{20}$ hyperbolisch, die übrigen parabolisch, aber vielleicht nur, weil sehr langgestreckte Ellipsen in der Nähe der Endpunkte der großen Axen sehr große Aehnlichkeit mit der Parabel haben, und eben nur diese Bahnstücke berechenbar sind, da die Cometen nur so lange sie innerhalb der Jupiterbahn sich bewegen, uns sichtbar sind. Es ist also sicher, daß sehr viele Cometen, aus der Region der Fixsterne kommend, zum Umlauf um die Sonne genöthigt werden, und erhalten wir dadurch nicht bloß die gewünschte empirische Bestätigung für die Gleichheit aller kosmischen Entwicklung, sondern auch den Beweis dafür, daß auch die Fixsterne ihre Planetensysteme haben, und daß auch in diesen die indirekte Auslese des Zweckmäßigen mit dem gleichen Resultate, wie im Sonnensysteme, geschieht, so daß also zwischen den Sonnen ein gegenseitiger Austausch solcher Weltkörper stattfindet, die als unzweckmäßig aus ihrer Heimath ausgewiesen, und zu parabolischen oder hyperbolischen Bahnen genöthigt wurden.

Die Sonnensysteme des Himmels schieben sich also gegenseitig jene Bestandtheile zu, welche als unzweckmäßig ausge-

schieden werden, — das Princip des Bösen in seiner ursprünglichsten Gestalt, vom Standpunkte der Definition Schopenhauers: Das Böse ist das Von-sich-auf-den-Anderen-Schieben des Uebels.

Auch dieser Proceß muß aber mit der Zeit aufhören; der Widerstand des Aethers allein genügt schon, alle parabolischen und hyperbolischen Bahnen allmählig in langgestreckte Ellipsen zu verwandeln; die Störungen innerhalb der Planetensysteme können sogar sehr kurze Ellipsen entweder vorübergehend, oder dauernd veranlassen, so daß also mit der Zeit alle Cometen zu festen Ansiedlern werden müssen, und alsdann keine weitere Zu- oder Abnahme der Cometen aller Systeme durch Aus- oder Einwanderung mehr erfolgen wird. —

Wir haben nur mehr einen Schritt zu thun, um der Geschichte der Erde, nachdem wir sie bis zur Phase der Meteoriten und Cometen verfolgt haben, auch das Schlußkapitel anzufügen: Aus dem Nachweise eines hemmenden Mediums im Raume folgt, daß die Begleiter der Sonne fortgesetzt, wenn auch innerhalb historischer Zeitlängen nicht merklich, an Tangentialkraft einbüßen müssen; von den beiden Componenten ihrer Bewegung erfährt also die eine, die Tangentialkraft, eine beständige Abnahme, die andere, die Schwerkraft, in der Annäherung an das Centrum eine beständige Zunahme, sie bewegen sich also streng genommen in Spiralen gegen die Sonne, wie Motten um das Licht, um schließlich, wie im Fluge ermattet, gegen sie zu stürzen. Aus der vorliegenden Untersuchung aber ergibt sich, daß die Erde, und zwar ohne Zweifel schon lange vor jener Schlußkatastrophe, aufgehört haben wird, ein bewohnter Weltkörper zu sein; sie wird nicht nur ihre Meere und Atmosphäre absorbirt haben, sondern auch in ihre Fragmente zerfallen sein. Nicht als eine Riesensternschnuppe wird sie ihr Dasein enden, sondern als Steinregen in die Sonne stürzen. An jenem Tage aber werden die Bewohner entlegener Welten, welchen unsere Sonne als Fixstern am Himmel steht,

das gleiche Schauspiel beobachten, das wir sahen, als in der Nacht vom 12. Mai 1866 ein Stern in der Krone aufleuchtete, und sie werden sich vielleicht sagen, daß in dem fernen Systeme unserer Sonne abermals ein Planet zu Grunde gegangen sei, der unbestimmbare Zeiten hindurch der Schauplatz irdischer Leiden und Freuden gewesen.

In keinem Kapitel hat sich die Fruchtbarkeit der in die Astronomie eingeführten Darwin'schen Formel so sehr gezeigt, wie in der Untersuchung über den Ursprung der Cometen, daher es gestattet sein mag, die Resultate kurz zusammenzufassen. Die indirekte Auslese des Zweckmäßigen in ihrer Anwendung auf das Sonnensystem erklärt:

1) Die hohe Zweckmäßigkeit des Planetensystems.
2) Die überwiegende Mehrzahl der Cometen gegenüber den Planeten.
3) Sie fügt die Cometen bezüglich ihrer Bahnelemente organisch in die Nebularhypothese ein.
4) Sie erklärt das Auftauchen neuer Cometen in parabolischen oder hyperbolischen Bahnen.
5) Sie fügt die Cometen bezüglich ihrer physikalischen Beschaffenheit organisch in den aller kosmischen Materie zukommenden Abkühlungsproceß ein.
6) Sie erklärt den Zusammenhang der Cometen mit den Meteoritenschwärmen als einen nothwendigen.
7) Sie führt Cometen und Planeten, die ohne die indirekte Auslese in der Nebularhypothese nur dualistisch zu behandeln sind, dadurch auf die gleiche Entstehungsursache zurück, daß sie die Entstehung der Cometen als eine Fortsetzung der planetarischen Entwicklung erklärt.
8) Sie verknüpft endlich alle diese Einzelerscheinungen durch das Band einer gemeinschaftlichen Ursache, so daß sie in

innere Uebereinstimmung stehen. Die physikalische Beschaffenheit der Cometen ist z. B. mit ihren Bahnelementen causaliter verbunden, woraus wiederum ihre noch nicht vollendete Anpassung an die längst stationär gewordenen Zustände des Planetensystems folgt; und endlich ist von jeder Einzelerscheinung zu jeder anderen das Causalverhältniß nachzuweisen.

Die Nebularhypothese, wenn wir die Darwin'sche Formel in sie einführen, erklärt also ungleich mehr, als sie für sich allein zu erklären vermöchte. Das Erklärungsprincip der indirecten Auslese erweitert also den Umfang des zu erklärenden Gebietes, ohne doch die Erklärungsursachen zu vermehren, da sie, als einer causa vera, lediglich des Gravitationsgesetzes sich bedient, und demselben nur solche Wirkungen zumuthet, welche sich empirisch nachweisen lassen in den Störungen der Planeten, und, in der von der Hypothese vorausgesetzten Steigerung, noch jetzt bei den Cometen, z. B. bei der Verwandlung der hyperbolischen Bahn des Lexell'schen Cometen in eine kurze elliptische, und wieder zurück in eine hyperbolische. Da endlich der vorausgesetzte Zustand, in welchen die indirekte Auslese einzugreifen hat, in so ferne von der größten Einfachheit ist, als er chaotisch oder beliebig anders gedacht werden kann, in allen gezogenen Folgerungen aber die Uebereinstimmung mit jenen großen Generalisationen der modernen Astronomie gewahrt ist, nämlich Universalität der irdischen Gesetze und Gleichheit der kosmischen Stoffe, so dürfte die Uebertragbarkeit der Lehre Darwins auf die Astronomie kaum mehr einem Zweifel unterliegen.

X.

Die Ewigkeit des Schöpfungsvorgangs.

Wenn der Mensch, dem das Schicksal seiner Species Alles in sich faßt, was sein Herz zu ergreifen vermag, erbangen will bei den Perspektiven, welche die Astronomie uns eröffnet, so gibt es für ihn keinen anderen Trost, als den Gedanken, daß die Welt eine unermeßliche ist, daß, wie alte Welten vergehen, so immer wieder neue entstehen, und daß bei der unberechenbaren Zahl der Fixsterne innerhalb der Milchstraße und der kosmischen Nebelflecke in- und außerhalb derselben — Herschel allein entdeckte deren 2500 —, die sich entweder zu einem Gewimmel von Sternen bereits verdichtet haben, oder doch in einer Entwicklung nach dieser Richtung begriffen sind, vielleicht unzählige Verhältnisse gegeben sind, unter welchen ähnliche Processe eintreten können, wie auf unserem Planeten.

Die spektralanalytisch bewiesene durchschnittliche qualitative Gleichartigkeit der Gestirne legt sogar den Gedanken nahe, daß, wie das Individuum nur ein Exemplar einer zahlreichen Species ist, so auch die Erde sammt allen Organismen nur ein Exemplar einer zahlreichen Species von Sternen ist. Ja, der Augenblick selbst, in dem unser Planet seinem Verderben geweiht wird, ist es vielleicht, in welchem auf einem anderen fernen Sterne der Zustand der Dinge bis zu dem

Punkte herangereift ist, da ein neues Geschlecht lebender, aber gleich uns sterblicher, Gebilde seinen Beginn nimmt.

Jeder Wehruf ist verschollen,
Jede Klage ist verweht,
Wo mit seinem wechselvollen
Loos ein neu Geschlecht ersteht.

Andrer Jugend gold'ne Tage,
Andern Alters steile Bahn,
Neue Hoffnung, neue Klage,
Alles hebt von Neuem an.

(Martin Greif.)

Andrerseits müssen die quantitativen Unterschiede der Gestirne allein schon eine unendliche Verschiedenheit ihrer uns unvorstellbaren Bewohner bedingen, und da zudem die Glieder des Kosmos in verschiedenen Zeitlängen altern, so wären selbst bei gleichem Entwicklungsgange doch Unterschiede der jeweilig erreichten Organisationsstufen gegeben. Wir können uns also die Gestirne, je nachdem die Gesammtheit der Bedingungen auf ihnen günstiger oder ungünstiger liegt, als auf der Erde, in zahlloser Verschiedenheit mit Wesen bevölkert denken, die eben so gut höher organisirt sein können, denn wir Menschen — wir brauchen dabei nicht gleich an die lieben Engelein zu denken —, als niedriger.

Solche Gedanken sind es, die uns die Vorstellung vom einstigen Untergange unseres Planeten erträglicher erscheinen, ja ein Ereigniß darin uns erblicken lassen, dem im Kosmos nicht mehr Bedeutung zukommt, als auf unserer Erde dem Tode eines Individuums. Und wenn die christliche Weltanschauung, welche unsere Erde, dieses bloße Atom im Weltengewimmel, zum kosmischen und moralischen Mittelpunkte des Alls gestempelt hat, welche die Sterne gleichsam nur zur Verzierung an die Decke des Himmelsgewölbes gepappt, dem Menschengeschlechte aber die hyperbolische

Bedeutung des hüpfenden Punktes im Weltei gegeben hat, — wenn diese kurzsichtige Weltanschauung der besseren Einsicht gewichen ist, nämlich der Weltanschauung des Copernikus, dann erscheint uns dieser allerdings als der gründlichste Degradator des Menschengeschlechtes, der je unserem Hochmuthe Schranken gesetzt hat; aber andrerseits hebt uns die Erkenntniß, daß die vielen Millionen von Sternen als eben so viele Mittelpunkte von Planetensystemen anzusehen sind, hoch hinauf in Sphären, von welchen aus die Sorge um die Geschicke unserer Erde als kleinliche Besorgniß erscheinen muß.

Allerdings sind die biologischen Entwicklungsreihen der verschiedenen Gestirne scharf zu trennen von der kosmischen Entwicklung. Sie decken sich nicht nur nicht zeitlich — indem ja gerade die im absteigenden Aste der kosmischen Entwicklung eintretenden Zeichen des Verfalls, nämlich die Veränderlichkeit des Lichtes und die Verdunklung, den aufsteigenden Ast der biologischen Entwicklung solcher Sterne erst einleiten —, sondern sie sind auch in so ferne grundverschieden, als die biologischen Vorgänge der einzelnen Gestirne von einander isolirt sind, während die kosmischen Vorgänge sich gegenseitig ergänzen, Glieder einer ganzen Kette sind, mag diese auch eine in sich zurücklaufende sein.

Sollte in der biologischen Geschichte der Gestirne eine Absicht walten, wie wir anzunehmen begreiflicher Weise sehr geneigt sind, so könnte dieselbe nur darin liegen, daß vermöge des gleichen Kampfes ums Dasein, der die Harmonie der Systeme hervorrief, auf ihren Gliedern eine hochgesteigerte Stufe des Bewußtseins erzielt würde, womit solche Sterne ihre Aufgabe erfüllt hätten, und abtreten müßten, um wieder anderen Platz zu machen; aber wir dürfen nicht außer Acht lassen, daß auf jedem Sterne der Proceß von Neuem anhebt, und die tiefe Nacht der Erinnerungslosigkeit Alles bedeckt, was sich, allgemein genommen, als Geschichte der abtretenden Weltkörper

bezeichnen läßt. Kein anderes Geschlecht, keine zu Höherem berufene Art von Geschöpfen, wird einst die Erbschaft der Erde antreten, und nichts von dem, was die Menschheit geleistet hat, wird in die Hände anderer Wesen übergehen. Nur eine immer wieder beginnende, und immer wieder abgeschnittene Entwicklung läßt sich also vom biologischen Standpunkte aus erkennen, aber keine fortlaufende. Gleich der Penelope, welche nächtlicher Weile trennte, was ihre Hände bei Tage gesponnen, vernichtet die Natur jeweilig ihre Werke, und nicht die Absicht, das Gewebe zu vollenden, läßt sich ihr zuschreiben. Es fehlt die Verbindungsbrücke, der Faden, an welchem die Resultate der Einzelprocesse zum allgemeinen Verbande an einander gereiht würden. Wenn auf Erden kein Ereigniß, kein Individuum, keine That gedacht werden kann ohne Beziehung zu anderen, wenn Alles nur ein Glied in der langen Kette des Geschehens ist, dessen Endresultat als Gesammtzweck der Erde sich bezeichnen ließe, so fehlen dagegen die Beziehungen der Ereignisse auf den Einzelgestirnen zu einander, und nur das Dasein überhaupt kann dem Kosmos, im Ganzen betrachtet, als absoluter Zweck zugesprochen werden.

Anders in der kosmischen Entwicklung. Wir können das Schicksal jener Planetensysteme, welche sich mit ihrer erkalteten Sonne wieder vereinigt haben, nicht als ein definitiv abgeschlossenes ansehen, und können nicht annehmen, daß schließlich die erkalteten Weltleichen in gespensterhaftem Laufe durch den Raum ziehen werden, um schließlich mit dem Centralsysteme sich zu vereinigen, das schließlich durch den Aetherwiderstand in Bewegungslosigkeit übergehen würde; vielmehr können wir in unseren Rückschlüssen auf die Vergangenheit des Kosmos selbst bei jenen Urnebeln nicht stehen bleiben, aus welchen sich die Sternhaufen bilden, sondern können diese Nebel selbst nur wieder auffassen als das Produkt der Vereinigung aller Gestirne eines Sternhaufens, deren Bewegung, in Wärme und

Licht umgesetzt, eine Temperatur erzeugte, bei der die gesammte Materie in die Nebelform zurückverwandelt wurde, — ein Kreislauf, der uns unwillkürlich an jene Kalpas erinnert, mit welchen die Buddhisten die nach Myriaden von Jahresmillionen zählenden Weltperioden bezeichnen, welche, durch jeweilige Vernichtung des Weltalls abgeschnitten, einander folgen. Die Frage aber, ob diese Kalpas so gedacht werden müssen, daß gleichzeitig das ganze Weltall im Zustande der Verödung weilt, oder nur Theile desselben, in räumlichem Nebeneinander mit anderen Regionen, in welchen das gestaltenreiche Spiel der Sansara vorgeht, — diese Frage erfordert zu ihrer Beantwortung die Untersuchung der Beziehungen der kosmischen Systeme zu einander.

In jedem kosmischen Systeme besteht das Princip der Unterordnung; auch die Doppelsterne und Gruppensysteme bilden hievon keine Ausnahme, mag auch das, was sie beherrscht, nur ein gemeinsamer, virtueller Schwerpunkt sein, um den sie in Ellipsen sich bewegen. Selbst das Umlaufen größerer Sterne um kleinere, wie es in manchen Fällen vermuthet wird, läßt keinen Schluß zu auf das Bestehen anderer Gesetze, als welche den Fall des Steins regeln; denn die Größe eines Sternes besagt nichts über seine Masse, und der kleinere aber dichtere, kann gleichwohl als der mächtigere zum Centralkörper sich aufwerfen. Diese Allgemeingültigkeit des Gesetzes der Schwere legt es uns aber nahe, nach jenem Bande zu forschen, welches systematisch die Glieder des Weltalls verbindet.

Wenn Hipparch wieder erstünde — der nach einer Erzählung des Plinius (hist. nat. II. 26.) durch das Auflodern eines neuen Sternes zur Anlegung seines großen Sternkatalogs veranlaßt wurde — und die Sternbilder des nächtlichen Himmels mit den früheren vergleichen würde, so würde er ohne Zweifel in der Ansicht des Alterthums bestärkt werden, daß die Fixsterne unbeweglich seien; denn die seither eingetretenen Veränderungen in der Stellung der Sterne sind so gering, daß sie

nur bei genauen Messungen bemerklich werden. Heute aber besteht kein Zweifel mehr darüber, daß die Fixsterne in der That Eigenbewegung haben.

Wenn ein Schiff mit vollen Segeln dahingeht, so erscheint es doch aus der Ferne gesehen unbeweglich, und erst nach einiger Zeit wird ein Wechsel seiner Stellung sich bemerklich machen; bei den Fixsternen aber beträgt die für die Wahrnehmung des Ortswechsels nöthige Zeit Jahre, ja Jahrhunderte und Jahrtausende. Aber hat auch seit der Gründung Roms Sirius — dem eine Eigenbewegung von 45 Kilometer in der Sekunde zugeschrieben wird — seinen Standort am Himmel nur um $1^1/_2$ scheinbare Vollmondbreite verändert, α Bootis um das Doppelte, α Centauri um das Dreifache, hat auch Arkturus seit den Tagen Hipparchs nur um $2^1/_2$ Vollmondbreiten sich verschoben, so werden doch die späten Enkelgeschlechter eine bedeutendere Veränderung der Sternbilder beobachten; und wiederum wird ein Tag kommen, da das Sternbild des großen Bären, nach welchem der vielgewandte Odysseus, als er von Ogygia wegsegelte, den Schnabel seines Schiffes richtete (Od. XV.) — und von welchem die Worte Homers, daß es sich „niemals im Ocean bade" für Kleinasien schon jetzt nicht mehr ganz zutreffen, indem der äußerste Schwanzstern unter den Horizont sinkt, — sich aufgelöst haben wird; und wieder ein Tag, da das Haar der Berenice, das die schlaue Priesterin Cleonissa nicht an den Himmel versetzte, in den Raum zerflattert sein wird.

Die Sonnen des Himmels, unsere eigene mit eingeschlossen, zeigen also eine Bewegung im Raume, und zwar von verschiedenem, nicht nur optischem, sondern wirklichem Betrage, und führen zugleich ihr ganzes Gefolge von Planeten, Monden und Cometen mit sich. Es handelt sich also darum, in welchem Verhältnisse diese Bewegungen zu einander stehen, ob sie nach verschiedenen Richtungen divergiren, oder gleiche Richtung einhalten, oder endlich ein gemeinschaftliches Bewegungscentrum

haben, sei es eine Centralsonne oder einen gemeinsamen virtuellen Schwerpunkt. Denn daß die Bewegung der Fixsterne überhaupt nach dem Gesetze der Gravitation erfolgt, kann nicht bezweifelt werden, nachdem sich an den Doppelsternen die Kepler'schen Bewegungsgesetze nachweisen ließen, und nur um die Bestimmung des Ortes, von dem die Anziehungskraft ausgeht, kann es sich handeln.

Würde die Eigenbewegung der Fixsterne nur auf zufälliger Gruppirung anziehender Massen beruhen, ohne organischen Verband derselben, so könnte ein solches System von keinem Bestande sein, und hätte sich nicht bis zur Gegenwart erhalten können. Es bleibt somit nur die Wahl zwischen einer Centralsonne oder einem virtuellen Centralschwerpunkt.

Bedenken wir nun aber, daß die Sonne, um das Gefolge der Planeten an sich zu ketten, die Gesammtmasse derselben etwa 1000 Mal übertreffen muß, so muß uns dieß im Zusammenhalte mit der ungeheueren Zahl der Gestirne jedenfalls hindern, auf dieses Heer analogisch das gleiche Verhältniß zu übertragen, und eine materielle Centralsonne anzunehmen; denn eine solche müßte kaum vorstellbare Dimensionen haben, wenn ihre mit dem Quadrate der Entfernung abnehmende Anziehungskraft an den Grenzen der Milchstraße sich noch bemerklich machen sollte, und wenn sie die Gesammtheit dieser Sterne an Masse so sehr überwiegen würde, um sie an sich zu ketten.

Es läßt sich aber die Hypothese einer Centralsonne ausschließen, ohne daß darum die Welt der Fixsterne in ein Conglomerat von einander unabhängiger Partialsysteme zerfiele; denn schon an Doppelsternen und Gruppensystemen zeigt es sich, daß ein allgemeines Bewegungscentrum keineswegs materiell durch einen Stern erfüllt zu sein braucht, sondern daß ein durch die räumliche Vertheilung der Massen bestimmter Punkt, in welchem die Gesammtmasse der Sterne virtuell vereinigt wäre, genügt, den organischen Verband derselben herzustellen. Die

Virtualität dieses Punktes ließe sich nun allerdings nur wieder aus dem Ueberwiegen der um ihn gelagerten Gruppe über das übrige Heer erklären, auf welche Gruppe alsdann die ungeheuere Masse der unzulässigen Centralsonne zu vertheilen wäre.

Da die Sterne des Milchstraßensystems nicht in einer Ebene liegen, sondern einen Complex von abgeplatteter Kugelform bilden, der aus einer Reihenfolge hintereinander liegender concentrischer, durch sternarme Regionen getrennter Kreise besteht, so muß die dynamische Mittelgruppe der Milchstraße im gemeinschaftlichen Mittelpunkte dieser Kreise liegen. Diesen Punkt hat Argelander im Sternbilde des Perseus, Mädler mit mehr Glück in den Plejaden gesucht, der reichsten und glänzendsten Gruppe. Es stimmt mit dieser Hypothese überein, daß diese Gruppe innerhalb des Fixsternsystems keine Eigenbewegung hat, da die wirkliche Eigenbewegung, an der wir selbst theilnehmen, nicht wahrnehmbar sein kann, wie die Sonne sich vom Standpunkte der Planetenbewegungen sich als ruhend darstellt. Ebenso wird die Hypothese Mädlers dadurch unterstützt, daß die Sterne der Plejaden nur sehr langsame Bewegungen um ihren Schwerpunkt zeigen, während im Verhältnisse zum Abstand von dieser Gruppe die Bewegungsschnelligkeit der Fixsterne wächst.

Es ist somit in hohem Grade wahrscheinlich, daß diese Plejadengruppe — die „Gluckhenne mit den Küchlein" heißt sie im Buche Hiob (9,9.) —, in der ungefähr 80 teleskopische Sterne liegen, unter welchen besonders Alcyone durch Glanz und Größe auffällt, das Bewegungscentrum für alle Sterne bis zu den äußersten Grenzen der Milchstraße ist. Ihre Sterne scheinen zahlreich und mächtig genug zu sein, um den allgemeinen, wohl oscillirenden, Schwerpunkt wenigstens nicht aus den Grenzen des Sternbildes rücken zu lassen. Wenn wir aber schon für die Umläufe innerhalb dieser Gruppe eine Zeit von etwa 2 Millionen Jahren annehmen müssen, wenn schon

unsere Sonne nur etwa in $22^1/_2$ Millionen Jahren um die Gluckhenne sich bewegen könnte, obwohl sie dem Centrum des Milchstraßenringes sehr nahe zu stehen scheint, so erhalten wir für die äußersten Gestirne dieses Ringes solche Umlaufszeiten, daß vielleicht die biologische Phase der Planeten dieser Sonnen innerhalb Eines Umlaufs um die Plejaden sich abwickelt, und nicht der biologische Augenblick, sondern die Bewegung als das wesentliche Merkmal der Sonnensysteme erscheint.

Wie unsere Planeten mit geringen Abweichungen sich auf der verlängerten Aequatorebene der Sonne bewegen, so fallen auch die Aequatorebenen der Sternhaufen und Nebelflecke innerhalb der Milchstraße in geringer Abweichung mit der Ebene der Milchstraße zusammen, wohl eine Folge der gegenseitigen Anziehung dieser Gebilde; daß aber auch die außerhalb der Milchstrasse liegenden Sternhaufen und Nebelflecke unter einander, und wiederum mit der Milchstraße organisch durch das Gravitationsgesetz verbunden sind, zeigt sich schon darin, daß auch das System der doppelten und mehrfachen Sterne sich hier in größerem Maßstabe wiederholt. Die Doppelnebel scheinen sogar häufiger zu sein, als die Doppelsterne, und der jüngere Herschel hat unter 5000 Nebeln nicht weniger als 229 Doppelnebel gefunden, während die 3-, 4-, bis 9-fachen Nebel zunehmend seltener werden.

Aber wie sich der systematische Verband aller dieser großen Gebilde, die nur vermöge ihrer Entfernung als lichtschwache Scheiben von geringem Durchmesser erscheinen, nicht bezweifeln läßt, so ist die Analogie mit den Planeten unseres Sonnensystems auch in so ferne gegeben, als wir verschiedene Stadien der Entwicklung auch für diese großen Complexe annehmen müssen. Schon die Gleichzeitigkeit von Nebelflecken und Sternhaufen zeigt an, daß nicht alle kosmische Materie in der gleichen Entwicklungsphase begriffen ist, daß nicht alle Regionen des Himmels gleichzeitig von der Auflösung betroffen werden,

nicht alle gleichzeitig wieder aufleben, daß vielmehr in ewiger Abwechslung dort gealterte Sternhaufen zusammenstürzen, hier neue sich bilden, und die Vorstellung einer Schöpfung, welche die ganze sichtbare Welt gleichzeitig umfaßt hätte, nicht zulässig ist.

Aber wie so oft bei den Erscheinungen des Himmels zwischen optischem Scheine und Wirklichkeit zu unterscheiden ist, so bedarf es auch hier erst der Untersuchung, ob diese Gleichzeitigkeit von Nebeln und Sternhaufen in der That vorhanden ist, oder vielleicht nur eine durch die ungleiche Entfernung dieser Gebilde von unserem Standorte hervorgerufene optische Täuschung ist.

Da das Licht zu seiner Fortpflanzung Zeit braucht, und wir daher vom Himmel nur längstvergangene, und zwar der ungleichen Entfernung der Lichtquellen wegen verschiedene, Zeiten ablesen, so könnte man geneigt sein, zu Gunsten der Schöpfungshypothese aus dieser ungleichen Entfernung die Zustandsunterschiede als bloß scheinbare abzuleiten, so daß die auf wirkliche Nebel deutenden Spektra nur anzeigen würden, daß es einst gasförmige Nebel gab, aber nicht, daß solche noch vorhanden wären. Die Vorstellung eines Anfangs aller Dinge, einer gleichzeitig geschehenen Schöpfung, würde dadurch eine nicht geringe Stütze erhalten.

Aber diese Hypothese, welche die Zustandsunterschiede der kosmischen Materie nur optisch aus den ungleichen Lichtzeiten bei ungleicher Entfernung erklären will, ist schon darum unhaltbar, weil unter dieser Voraussetzung die uns räumlich nächsten Gebilde den jüngsten, die entferntesten den ältesten Entwicklungszustand uns melden müßten, was keineswegs der Fall ist. Vielmehr finden wir Nebelflecke und Sternhaufen in dieser Hinsicht ganz unregelmäßig vertheilt; es gibt Nebelflecke, die optisch und spektralanalytisch als Gasmassen sich kundgeben, und doch uns näher liegen, als andere, die sich auflösen lassen. Zudem vollzieht sich die Verwandlung von Nebeln in Stern-

haufen nur in so außerordentlichen Zeitlängen, daß selbst bei einer Verspätung der Nachricht um Millionen von Jahren, wenn wir eine solche Lichtzeit für die entfernteren Nebel annehmen wollen, doch auf keine wesentliche unterdessen eingetretene Veränderung der Lichtquelle geschlossen werden kann. Jahresmillionen kommen nicht einmal für die Entwicklung eines Planeten sonderlich in Betracht, genügen aber sicher nicht für die Verwandlung eines Nebels in einen Sternhaufen. Die Gleichzeitigkeit dieser Formen kosmischer Materie ist daher nicht als blos optische, sondern als wirkliche anzusehen.

Doch lassen wir den Vertretern der Schöpfungstheorie Gerechtigkeit widerfahren, und nehmen wir für den Augenblick an Stelle des Kreislaufes der Welten bei verschiedenen Entwicklungsstadien der Materie die Hypothese eines gleichzeitigen Anfangs aller Dinge an, um jene Folgerungen daraus zu ziehen, welche sich naturwissenschaftlich daraus ergeben:

Die Geschwindigkeit des Lichtes beträgt 42000 Meilen in der Sekunde; gleichwohl aber erhalten wir die Meldungen von der äußersten Grenze der Milchstrasse um etwa 4000 Jahre verspätet. Nehmen wir nun an, es sei die ganze Welt im gleichen Augenblicke, etwa vor 6000 Jahren, geschaffen worden, und es hätten damals alle Sterne gleichzeitig begonnen, ihre Strahlen gegen die Erde zu senden, so würde vom ersten Schöpfungstage an die Anzahl der Sterne für die Lebenden optisch beständig zugenommen haben. Zu allererst, und zwar schon nach 8—9 Minuten, würde die Sonne am dunklen Himmel aufgetaucht sein; erst nach $3^1/_2$ Jahren, während welcher außer dieser nur noch die wandelnden Planeten und der Mond sichtbar gewesen wären, würde der uns nächste Fixstern, α Centauri, erschienen sein. Immer mehr Gestirne würden sodann nach und nach am Himmel aufgekeimt sein, und auch heute noch müßte ihre Anzahl sich beständig vermehren. Die Milchstraße müßte als ein neues Phänomen die Verwunderung des Mittel-

alters erregt haben, und über die Milchstraße hinaus könnten wir selbst heute noch nichts sehen; keiner der entfernteren Nebel könnte Gegenstand unserer Untersuchung sein, und wir wären allein auf jene Sterne beschränkt, deren Lichtzeit für uns 6000 Jahre beträgt.

Eine solche optische Vermehrung der Gestirne hat aber niemals stattgefunden, und da wir zudem Sterne von 9000 Jahren Lichtzeit kennen, so wird schon hiedurch das Alter der Welt auf die gleiche Zeit hinausgerückt; die bloße Sichtbarkeit von Nebelflecken aber, deren Lichtzeit mehrere Millionen Jahre betragen muß, läßt ein dieser Lichtzeit gleiches Alter der Welt als die geringste der zulässigen Annahmen erscheinen. —

So zeigen sich denn im Kosmos neben einander gelagert alle Phasen jener ewigen Wandlung, in der gravitirende Bewegung in Wärme, diese in räumliche Bewegung sich umsetzt. Hier ein Gewirre von flammenden Welten, im Höhepunkte ihres Glanzes strahlend, dort nebenan welkende Sternhaufen, in welchen die veränderlichen Sterne den Niedergang anzeigen, und die verdunkelten Sonnen im Wiederauflodern mit letzter Kraftanstrengung sich der Erstarrung zu erwehren suchen; während in einer Region in scharfumrissenen Nebelballen die ersten Sonnen zu keimen beginnen, werden an anderem Orte die feingegliederten Sonnensysteme als diffuse Gasmassen wieder in den Raum hinausgetragen. Aber immer wieder hebt die Sisyphusarbeit der Natur an, und nach dem gleichen Gesetze, das die Bewegungen der Staubatome unseres Zimmers regelt, die der einfallende Sonnenstrahl uns sichtbar werden läßt, tritt auch in den ausgedehnten Nebelmassen jenes chaotische Durcheinanderwallen der sich bildenden Verdichtungscentren ein, die gegen einander spielend so lange sich stören oder ineinander fließen, bis schließlich in weiten Abständen nur eine relativ geringe Zahl von Sternen in harmonischer Vertheilung übrig bleibt.

So endet der natürliche Kampf, den das Gesetz der Gravitation einleitet, mit jenen so wunderbaren Combinationen großer Gestirne, bei deren Anblick wir uns der Ansicht kaum entschlagen können, als seien in allweiser Absicht ihre Bewegungen von Anfang her geregelt gewesen. Und doch können wir dieses zweckmäßige Resultat nur den absichtlos wirkenden Naturkräften zuschreiben, die hier, wie überall, nach dem Princip der Anpassung thätig sind, und die Phase der Harmonie unfehlbar hervorbringen müssen.

Es hat sich aber gezeigt, daß jener Kampf ums Dasein den Zustand geringster Reibung, nach dem die Natur gesetzmäßig hinstrebt, nie vollständig erreichen kann, weil immer wieder Störungen auszugleichen sind, und es immer wieder gilt, durch die Elimination des Unzweckmäßigen die indirekte Auslese des Zweckmäßigen herbeizuführen.

Nur vermöge der Zweckmäßigkeit ihrer Bahnen haben sich die Constellationen unserer Gestirne erhalten; wir können in ihrem wunderbaren Reigen nichts sehen, als Combinationen, welche als die günstigsten, oder wenigstens als für die überhaupt mögliche Bestandesdauer hinlänglich günstige, andere Combinationen überlebt haben, die als unzweckmäßig aufgelöst wurden. Aber dieser Proceß kann nicht dahin seinen Abschluß finden, daß nach Elimination aller störenden Elemente ein idealer Zustand größtmöglicher Zweckmäßigkeit erreicht wird, der weiter und weiter um sich greifend, schließlich das All umfassen würde. Auch im vollendeten Anpassungsprocesse sind keine definitiven Zustände gegeben, die Entwicklung kann nie zur Ruhe kommen, da gealterte Weltencomplexe sich immer wieder in Nebel verwandeln, aus welchen wieder neue Welten resultiren, den Kreislauf von Neuem zu beginnen. Jede, auch die höchstmögliche Zweckmäßigkeit ist eine in der Zeit begrenzte, und aus der natürlichen Makrobiotik der Systeme ist doch der Keim ihres Untergangs nicht zu eliminiren.

Es sind freilich tief eingewurzelte Vorurtheile, welchen solche Anschauungen widersprechen, und der Mensch, über dessen geängstigtes Herz im Anblicke des nächtlichen Himmels die Ruhe sich ergießt, hat auch von jeher nach den Sternen als nach einer Welt des ewigen Friedens emporgeblickt. Aber wenn wir in Gedanken dem großartigen Schauspiele nachsinnen, das unsere Erde bietet, wenn wir bedenken, daß sie der Schauplatz unabläßiger Kämpfe ist, in der leblosen Natur, wie im Pflanzen- und Thierreiche; wenn wir sehen, daß Alles, was sie erzeugt, der Vernichtung anheimfällt, so daß sie einem großen Kirchhofe vergleichbar ist, in dessen Gräber nach einander die Generationen der Arten, ja die Arten selbst, hinabsinken, — wie sollen wir doch angesichts dieses Phänomens glauben können, daß ganz im Gegensatze hiezu jene unendlich größere Welt der Schauplatz eines ewigen Friedens sei, der niemals durch natürliche Vorgänge irdischer Zwietracht unterbrochen werde!

Wir können nicht annehmen, daß nur das Atom unserer Erde speciell für einen so kriegerischen Zustand der Dinge auserlesen sei, daß nur auf Erden jener Kampf herrsche, in dem Alles gegen Alles steht. Es ist die gleiche Materie, aus der die ganze sichtbare Welt entstanden ist, und auf alle Sterne müssen wir im Großen und Ganzen die irdischen Verhältnisse übertragen. In der Veränderung liegt das Wesen der Materie, und keine Erscheinung vermag anders zu entstehen, als durch Auflösung anderer; wo immer daher das Phänomen des Lebens auftreten mag, kann es sich nur erhalten auf der Basis vorangegangener Naturstufen; nur als Kreislauf des Stoffes ist Leben denkbar, und nur auf Kosten niedrigerer Lebensformen vermögen sich höhere Formen zu entwickeln und zu erhalten. Der Schmerz ist demnach im ganzen Kosmos ein so allgemeines Gesetz, wie die Gravitation.

Wenn man uns aber dieses zulassen will, daß auch auf

den Oberflächen der übrigen Planeten ein friedlicher Zustand nicht denkbar sei, liegt dann nicht in der weiteren Vorstellung, daß dagegen der Verband der Gestirne in ewiger Harmonie verharren werde, die doch nur den Zweck haben könnte, daß auf ihnen der Proceß ewiger Erzeugung und ewiger Vernichtung ungestört bliebe, damit die Unruhe der Sansara ja nicht auch nur vorübergehend durch die Ruhe des Nirwana abgelöst würde, — liegt nicht in dieser Vorstellung noch viel mehr des Widerstrebenden, als wenn wir das ganze All vermöge einer unergründlichen Fatalität jenem harten Gesetze uns unterworfen denken, das wir auf Erden walten sehen?

Wie es auf Erden nur dieses Gesetz ermöglichte, daß aus der langen Reihe biologischer Vorgänge die hochentwickelte Menschheit hervorging, wie nur der gleiche Kampf in der Geschichte es bewirkte, daß diese Menschheit zu ihrem jetzigen Kulturzustande sich emporschwang, so müssen wir auch einsehen lernen, daß in der ganzen Weite des Kosmos keine Entwicklung ohne Kampf möglich ist, daß aber eben aus diesem Kampfe jene Harmonie der Gestirne hervorgehen konnte und mußte, die unser Erstaunen wachruft.

Per aspera ad astra!

XI.

Bewegung und Empfindung der Materie.

Wenn wir den Maßstab der Darwin'schen Formel an den Mechanismus der Gestirne legen, so finden wir nur zwei Faktoren, welche darin nicht aufgehen; zwei Elemente verbleiben noch, welche durch die Auslese des Zweckmäßigen im Kampfe ums Dasein sich nicht erklären lassen: die Bewegung der Gestirne und die Gesetzmäßigkeit der Materie. Diese Grundphänomene der siderischen Systeme, auf welche sich die Hypothese eines außerweltlichen Schöpfers noch stützen könnte, bedürfen daher noch einer näheren Untersuchung.

Es handelt sich um die Frage, woher der ursprüngliche Anstoß gekommen ist, der die Materie in Bewegung versetzte; denn das Gravitationsgesetz regiert zwar die Bewegungen, oder leitet sie in ihrer Fortdauer, bringt sie aber nicht hervor. Wäre die Bewegung der Gestirne durch die Schwerkraft allein bedingt, so müßte sie senkrecht gegen die Anziehungscentren gerichtet sein. Zu senkrechter Bewegungsrichtung kann die Gravitation nur ruhende Körper veranlassen, aber nicht schon bewegte; bei letzteren wird sie nur eine Krümmung der Bahn, eine Ablenkung nach der Seite des anziehenden Körpers hervorbringen. Bei jeder krummen Bahn, also bei allen Bahnen der Gestirne, müssen wir also voraussetzen, daß die Schwerkraft mit einer anderen Kraft combinirt sei, daß also die Gestirne auch abgesehen von der Gravitation in Bewegung sich befinden. Alle krummen Bewegungen lassen sich also

in zwei geradlinige Bewegungen zerlegen, in eine centripetale und tangentiale. Nur jene Componente der Bewegung, welche die Gestirne gegen die Sonne ablenkt, wird durch die Schwerkraft erzeugt, die tangentiale Componente muß eine andere Ursache haben, sie muß ihnen ursprünglich sein, auf einem ursprünglichen Stoße beruhen. Newton wollte denn auch in der Tangentialbewegung geradezu den Finger Gottes erkennen, während die Nebularhypothese die dem Planeten bei seiner Abtrennung ertheilte tangentiale Geschwindigkeit als Ursache hinstellt.

Die Wirkung dieses Stoßes blieb constant; denn nach dem Gesetze der Trägheit verharrt jeder Körper, sei es ein ruhender, oder ein bewegter, in seinem Zustande in alle Ewigkeit fort, wenn nicht eine äußere entgegenwirkende Ursache eintritt. So muß auch die den Planeten bei ihrer Abtrennung ertheilte Tangentialgeschwindigkeit fortdauern, und im Unterschiede von der beständig wirkenden Schwerkraft können wir nicht eigentlich von einer Tangentialkraft reden, sondern nur von einer constant gebliebenen Folge jenes ursprünglich ertheilten Stoßes.

Diese beiden Kräfte combiniren sich also in der Bewegung der Himmelskörper, und das Verhältniß, in dem die Wurfkraft zur Schwerkraft steht, bestimmt die Figur der von ihnen beschriebenen Curve. Die Erde z. B. wird bei einer Geschwindigkeit von ungefähr 4 Meilen in der Sekunde gleichzeitig um $1^1/_3$ Linie in der Richtung gegen die Sonne abgelenkt.

Wenn sich aber auch bei der Abtrennung der Planeten eine Ursache für die ihnen ertheilte Tangentialkraft ersehen läßt, so stellt sich doch weiter zurück und allgemein die Frage nach jenem Anstoße ein, der zuerst Bewegung in die Materie brachte, so daß wir schließlich vor der Alternative stehen, entweder eine außerhalb der Materie liegende Ursache

anzunehmen, oder diese Bewegung als ursachlos zu bezeichnen.

Ob der Begriff einer ursachlosen Bewegung wissenschaftlich denkbar ist, hängt davon ab, ob wir die Ruhe oder Bewegung als den natürlichen Zustand der Materie anzusehen haben; denn einer nicht ursprünglichen Bewegung müßte, als einer erst eingetretenen Veränderung, nothwendig eine Ursache vorhergegangen sein. Wenn uns aber die Erfahrung geneigt machen möchte, die Ruhe als den ursprünglichen Zustand der Materie anzusehen, und für jede Bewegung eine Ursache zu suchen, so beruht dieses doch nur auf einer unvollständigen Induktion. Denn allerdings sehen wir einen ruhenden Körper niemals ohne Ursache in Bewegung übergehen; aber andrerseits ist es eben so sicher, daß ein bewegter Körper ohne Ursache niemals in Ruhe übergehen kann; und wenn auch dieses Axiom aus irdischen Vorgängen niemals direkte zu beweisen ist, so können wir uns doch Rechenschaft von dieser Unmöglichkeit geben: eine irdische Bewegung ohne hemmende Ursachen läßt sich nicht herstellen, weil sich die Anziehung der Erde und die Reibungsmomente eben niemals beseitigen lassen. Wohl aber wird dieses Axiom indirekte dadurch bewiesen, daß wir die Bewegungsgeschwindigkeit eines Körpers proportional den hemmenden Ursachen abnehmen und erst dann in Ruhe übergehen sehen, wenn die bewegende Kraft bis auf den letzten Rest aufgezehrt ist. Ziehen wir daher die ganze Summe der Bewegungswiderstände ab, so ist sofort der vorige Zustand, die Bewegung in der ursprünglichen Geschwindigkeit, wieder gegeben.

Die drehende Bewegung eines Kreisels wird gehemmt durch den Widerstand der Luft und die Reibung der Axe an dem Boden; die Versuche von Hooke zeigen aber, daß die drehende Bewegung um so länger andauert, je mehr der Kreisel verhindert wird, dieselbe an die Luft mitzutheilen, und daß sie, wenn sie im leeren Raume geschieht, wo sie nur durch die

Reibung der Axe verzögert wird, fast eine Stunde anhält. Ließe sich also auch die Reibung der Axe beseitigen, so würde ein solcher Kreisel, einmal in Bewegung gesetzt, so beständig rotiren, wie die kosmischen Körper. Nur darum erscheint uns die Bewegung so vergänglich, weil ihr an irdischen Objekten immer widerstehende Kräfte entgegen wirken, welche sie fortdauernd schwächen und schließlich aufzehren; an sich aber ist Bewegung eben so unzerstörbar, wie jede Kraft, und nimmt nur andere Formen an, wenn sie gehemmt wird.

Welcher Zustand der Materie ursprünglich sei, ob Ruhe oder Bewegung, darüber kann also die Erfahrung nichts aussagen. Wir sind gleich berechtigt, die Ruhe als gehemmte Bewegung, wie die Bewegung als gestörte Ruhe anzusehen. Beide Behauptungen sind nur verschiedene Ausdrücke für das Gesetz der Trägheit, daß ein gegebener Zustand nur durch äußere Ursachen aufgehoben werden kann. Das Gesetz der Trägheit bezieht sich auf Ruhe wie Bewegung, es schließt weder eine ursprüngliche Bewegung, noch eine ursprüngliche Ruhe als natürlichen Zustand der Materie aus, ist mit beiden gleich gut verträglich, da es ja nur ein besonderer Fall des allgemeinen Causalitätsgesetzes ist, wonach jeder Veränderung eines Dinges eine Ursache vorhergehen muß.

Die Forderung einer äußeren Ursache für den ersten Anstoß der Materie hat demnach nur Sinn, in so ferne die Ruhe als ursprünglicher, natürlicher Zustand der Materie behauptet wird, welche Behauptung eben nicht bewiesen werden kann, und deren Gegentheil gleich gut denkbar ist, daß nämlich Ruhe nur gehemmte Bewegung sei, und daß aller kosmischen Materie von Anfang an Bewegung zukomme, die freilich nicht anders, als geradlinig und von konstanter Geschwindigkeit gedacht werden kann. Sogar ist ursprüngliche Bewegung der Materie weit wahrscheinlicher, als ihre Ruhe, indem diese unter zahllosen möglichen Beträgen von Geschwindigkeit gerade den einen Fall

betrifft, in dem die Geschwindigkeit gleich Null ist. Nur eine Veränderung der Geschwindigkeit und der Bewegungsrichtung kann als ursachlos nicht gedacht werden. —

Das zweite Grundphänomen der Materie ist ihre Gesetzmäßigkeit. Auch diese fällt außerhalb des Erklärungsbereiches der Darwin'schen Formel, wird vielmehr von dieser schon vorausgesetzt, da die indirekte Auslese zweckmäßiger Bewegungen im Entwicklungsprocesse siderischer Systeme nur auf der Basis unveränderlicher Gesetze eintreten kann. Selbst wenn wir alle Teleologie in der Mechanik der Himmelskörper als natürlich sich einstellendes Resultat erklären können, so verbleibt doch die Gesetzmäßigkeit — die ja im Grunde selbst wieder ein teleologisches Problem bildet — als nicht zu erklärender Rest übrig.

Wenn also die Aufgabe der Naturforschung einer Kategorie von Erscheinungen gegenüber allerdings erfüllt ist, sobald dieselben auf gesetzmäßig wirkende Kräfte ohne Rest und in der Weise zurückgeführt sind, daß jede andere Erklärung durch bekannte oder unbekannte Kräfte ausgeschlossen erscheint, so ist damit dem Bedürfnisse des menschlichen Geistes noch kein Genüge geschehen, und auch die Erkenntniß des gesetzmäßigen Treibens der Natur ist noch kein Ruhekissen der Forschung.

Gerade bei den Bewegungen der Himmelskörper, die sich in mathematische Formeln bringen lassen, und bei welchen, in so ferne uns alle äußeren Umstände bekannt sind, das Resultat mit unfehlbarer Sicherheit sich voraussagen läßt, — gerade in diesem hartnäckigen Festhalten der Ursache an ihrer Wirkung wird es uns recht fühlbar, daß die Gesetzmäßigkeit an sich wieder ein Problem ist. Die Einsichtigen werden sich daher so gewiß immer über das Fallen des Steines verwundern, als das Volk diese Verwunderung niemals begreifen wird. In dem dunklen Kraftbegriffe liegt nicht gleichsam jene seelische Vermittlung, womit wir Ursache und Wirkung zu verbinden das Bedürfniß fühlen, weil wir uns mit einer nur äußerlichen

Zusammenkoppelung der Materie und ihrer Gesetze nicht begnügen können, und ein solcher Mangel innerer Vermittlung uns die Veränderungen siderischer Systeme so unbefriedigt betrachten läßt wie die Bewegungen eines seelenlosen Automaten, einer Wachsfigur.

So lange wir die Gesetzmäßigkeit der Materie als etwas ihrem Wesen Fremdes ansehen, das ihr nur äußerlich anklebt, so lange wir sie als todte Masse betrachten, die nur durch äußeren Anstoß in Thätigkeit geräth, an sich aber ganz gleichgültig ist gegen zweckmäßige, wie unzweckmäßige Bewegung, gewinnen wir kein Verständniß der Natur; einer solchen rein mechanischen Weltanschauung gegenüber bleiben die Worte von Dubois-Reymond (Grenzen des Naturerkennens 26.) immer zutreffend: „Es ist eben durchaus und für immer unbegreiflich, daß es einer Anzahl von Kohlenstoff-, Stickstoff-, Sauerstoff- u. s. w. Atomen nicht sollte gleichgültig sein, wie sie liegen und sich bewegen, wie sie lagen und sich bewegten, wie sie liegen und sich bewegen werden."

Aber die Atomenlehre geht auch einer radikalen Neugestaltung entgegen, und in der Naturwissenschaft selbst, gerade bei ihren vornehmsten Vertretern, macht sich eine gesunde Reaktion gegen die rein äußerliche Erklärung der Erscheinungen, und ein Bestreben geltend, das gesetzliche Verhalten der Materie aus ihrem inneren Wesen abzuleiten. Mehr und mehr tritt die Nothwendigkeit einer inneren Vermittlung der Veränderungen zu Tage, die wir nur finden, wenn wir jene Vorgänge aus dem Bereiche unserer Erfahrung, wo wir diese innere Vermittlung deutlich vorfinden, als typische Vorgänge für alle Veränderungen betrachten. Dieß kann aber nicht anders geschehen, als indem wir das Empfindungsvermögen als eine fundamentale Eigenschaft aller Materie anerkennen.

Daß eine chaotische Masse von selbst und aus eigenem Impuls im Spiele der sich kreuzenden Kräfte einen Zustand des Gleichgewichts und der geringsten Reibung erstrebt, daß

unter allen Umständen in dem anfänglichen Chaos eine gegenseitige Accomodation eintritt und zweckmäßige Combinationen resultiren, das bleibt ewig unverständlich von Seite einer Materie, der die chaotische Bewegung eben so gleichgültig sein kann, wie jede andere; erst wenn wir ihr Empfindungsfähigkeit beilegen, wird uns die Sache verständlich.

Die Empfindungsfähigkeit ist die einzige der uns empirisch gegebenen Eigenschaften, die zum Zwecke des Naturverständnisses geeignet erscheint, von bekannten Erscheinungen auf die noch erklärungsbedürftigen übertragen zu werden, und die Wissenschaft besitzt eben kein anderes Mittel, räthselhafte Erscheinungen zu erklären, als indem sie bekannte, in anderen Erscheinungen wirkende Kräfte auf die noch unerklärten Erscheinungen vorerst hypothetisch überträgt, und sodann zusieht, ob sich die wahrnehmbaren Vorgänge daraus ableiten lassen. Ist dieses vollständig der Fall, dann können solche Hypothesen als begründet angesehen werden, während die Zuflucht zu unbekannten, in keiner anderen Erscheinung gegebenen Kräften werthlos und wissenschaftlich unzuläßig ist.

Wie die Bewegung der Gestirne erst durch jene Generalisation Newtons erkannt wurde, der die irdische Eigenschaft der Schwere auf sie übertrug, und alle Fortschritte der modernen Astrophysik nur erreicht werden konnten, indem die Eigenschaften der irdischen Materie universell erweitert wurden, so muß auch die Gesetzmäßigkeit der Materie überhaupt durch eine Generalisation erklärt werden, indem wir aus dem Vorrathe bekannter Kräfte eine solche herausgreifen und auf das Problem anwenden, welche die Erklärung leistet. Nur auf diesem Wege kann es der Wissenschaft gelingen, zum inneren Verständniß der Gesetzlichkeit durchzudringen, die uns trotz aller Fortschritte der Naturwissenschaft gleich räthselhaft geblieben ist, so daß wir uns über die Zähigkeit deistischer Vorstellungen nicht verwundern dürfen. Da nun aber nur die Empfindungs-

fähigkeit uns die Erklärung leistet, so haben wir gar keine andere Wahl, als diese Eigenschaft der organisirten Materie universell auf alle Materie zu übertragen. Dem Naturforscher, dem es nur darauf ankommt, daß die Atome der Materie nothwendigen Gesetzen gehorchen, kann es freilich vollkommen irrelevant sein, ob sie dabei empfinden, oder nicht; die Philosophie aber kann sich mit dem Gesetze als letzter Ursache nicht begnügen, kann aber andrerseits das Gesetz auch nicht äußerlich an das Atom herantreten lassen.

Die trotz ihrer Großartigkeit verhältnißmäßig einfachen Erscheinungen in der Mechanik der Himmelskörper dürften sogar vorzugsweise geeignet erscheinen, die Berechtigung dieses Verfahrens ins Licht zu stellen; denn hier offenbart es sich deutlicher, als in anderen Gebieten, daß alle Veränderungen in der Bewegung einer beständigen Tendenz gleichkommen, den Streit der Elemente in der ursprünglich chaotischen Gestaltung mehr und mehr zu verringern, bis schließlich nach größtmöglicher Beseitigung aller Unzweckmäßigkeiten und Störungen, als Unlustempfindungen, jenes Gefüge der Welt in harmonisch gegliederten Sonnensystemen erzielt ist, wobei die Reibung auf ihr geringstes Maß gebracht ist.

Aber nicht nur das Bedürfniß, die Gesetzlichkeit der Natur zu erklären, drängt uns zu dieser Hypothese, sondern auch die Thatsache selbst der Empfindung der organisirten Materie bleibt ohne diese Hypothese unbegreiflich. Es wird immer ein vergebliches Bemühen der Naturforschung sein, diese Empfindung aus einer bestimmten Lagerung der Atome zu erklären; denn aus einer Materie, deren Wesenheit durch räumliche, zeitliche und causale Momente erschöpft wäre, wird keine Analyse andere Phänomene herleiten können, als eben wiederum zeitliche, räumliche und causale, da alle Naturkräfte nur Combinationen der einfachsten Atomkräfte sind.

So wird also wohl der lange Streit zwischen Materialismus

und Spiritualismus dahin seinen Abschluß finden, daß wir in der Empfindung der organisirten Materie lediglich eine Steigerung einer den Atomen aller Materie innewohnenden Grundeigenschaft anerkennen. Wenn die Naturforschung gar nicht anders kann, als in der Willenskraft die transformirte Energie der Materie zu sehen, da die Summe vorhandener Kräfte sich nicht vermehren kann, so folgt daraus im Grunde von selbst die wesentliche Identität der Vorgänge in der organischen und unorganischen Natur. Wir müssen daher alle Kraft mit Schopenhauer Wille nennen, darum aber auch den gleichen Modus der Bestimmung dieses Willens, die Reaktionsfähigkeit auf Grund einer Empfindung, anerkennen, indem wir die Unterschiede zwischen Ursache in engeren Sinne und Motiv fallen lassen, und die Empfindungsfähigkeit als primäre Eigenschaft der in allen Naturreichen nach den Principien von Lust und Unlust sich gesetzmäßig entscheidenden Materie ansehen, mag auch die Intensität dieser Atomempfindung denkbarst gering angenommen werden.

Soll die Erhaltung der Kraft als Axiom gelten — wie dieses ja gerade von der Naturforschung am meisten betont wird — so muß alle Kraft als identisch mit dem angenommen werden, was wir in uns als Wille vorfinden, und was nur transformirte materielle Energie sein kann, indem andernfalls der Wille als spontane neuerstehende Kraft in den Causalnexus der Natur sich einführen würde. Aber auch daß diese wesentlich gleiche Kraft in allen Gebieten der Natur nur gesetzmäßig sich äußern, nur in äquivalenten Beträgen sich umwandeln kann, folgt von selbst aus jenem Axiome.

So ergibt sich die Berechtigung, den Makrokosmos aus dem Mikrokosmos zu erklären.

In dem gesetzmäßigen Zusammenhange der realen Veränderungen in der unorganischen Natur offenbart sich uns lediglich die reine Aeußerlichkeit, die causale Seite des Wesens

der Materie, dahingegen das Innerliche so sehr zurücktritt, daß man wohl glauben möchte, es sei das Wesen dieser Materie in der Aeußerlichkeit erschöpft. Dagegen kehrt die organische Natur die innerliche Seite ihres Wesens vorwiegend heraus, so daß das causale Moment unserem Blicke fast verloren geht. Je deutlicher uns die causale Seite des Wesens der Materie entgegentritt, wie z. B. in der Bewegung der Gestirne, desto mehr bleibt uns die innere verborgen; wo dagegen diese uns deutlich wird, wie im menschlichen Willensakte, dort vermögen wir die äußere Seite kaum mehr zu erkennen. Dies verführt uns, qualitativ zwischen den mechanischen und psychischen Vorgängen der Natur zu unterscheiden, während in der That die Causalität das äußerliche, der Wille das innerliche Merkmal aller Veränderungen ist, und auf allen Naturstufen beide Faktoren der Veränderung wesentlich identisch, und nur dem Grade nach verschieden sind, indem dort das eine, hier das andere Moment überwiegt.

Jenes Naturgesetz also, welches, dem Causalgesetze coordinirt, alle Veränderung beherrscht, begleitet alle causalen Momente durch einen inneren Parallelismus; was dagegen äußerlich als das Gesetz der Trägheit sich kundgibt, erscheint innerlich als Mangel eines Motivs zur Veränderung.

Alle materiellen Veränderungen der Natur lassen sich in Hinsicht der Arbeitsleistung in zwei Kategorien theilen: es wird entweder Spannkraft, potentiale Energie, in lebendige Kraft, Bewegungsenergie, verwandelt, oder umgekehrt Bewegungsenergie in Spannkraft. Analog dem Processe bewußter Empfindung ist die erstere Arbeitsleistung als mit Lustempfindung verknüpft anzusehen; es müssen also, wenn die Erregung der Empfindung von Einfluß auf die Bewegung sein soll — um mit Zöllners Worten zu reden — „die den Elementen der Materie innewohnenden Kräfte so beschaffen sein, daß die unter ihrem Einfluße stattfindenden Bewegungen dahin streben,

in einem begrenzten Raume die Anzahl der stattfindenden Zusammenstösse auf ein Minimum zu reduciren"; oder allgemeiner ausgedrückt: „Alle Arbeitsleistungen der Naturwesen werden durch die Empfindung der Lust und Unlust bestimmt, und zwar so, daß die Bewegung innerhalb eines abgeschlossenen Gebietes von Erscheinungen sich so verhalten, als ob sie den unbewußten Zweck verfolgten, die Summe der Unlust auf ein Minimum zu reduciren." (Natur der Cometen 326.) Erst so aber erhält auch jenes allgemein gültige Gesetz, daß jede, sei es mechanische, oder organische, oder geschichtliche Entwicklung in der Linie des geringsten Widerstandes vor sich geht, seine innere Begründung.

Die Gesetzmäßigkeit steht daher dem Atome nicht rein äußerlich gegenüber, das Atom ist nichts vom Gesetze Verschiedenes, und seine Wesenheit kann nicht erschöpft sein durch Ausdehnung und Trägheit, sondern enthält in sich die Energie zu allen Processen der Natur.

Betrachten wir unter diesem Gesichtspunkte die Bewegungen der kosmischen Materie von den nebelartigen Anfängen bis zur schließlichen Gliederung, so offenbart sich in dem Ausgleichsprocesse, wodurch die Elemente naturgemäß alle Unzweckmäßigkeiten eliminiren und den Zustand geringster Störung erzielen, nicht nur im metaphorischen Sinne, sondern wesentlich das gleiche Gesetz, nach welchem auch die psychischen Kräfte in einem Organismus den Zustand des Gleichgewichts erstreben. Es ist lediglich die einseitige Auffassung der in den verschiedenen Vorgängen der Natur zunächst sich offenbarenden Seiten der Aeußerlichkeit oder Innerlichkeit, die uns verleitet, wesentliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Kategorien der Erscheinungen zu behaupten. Erst in dieser Weise gewinnen wir das volle Verständniß für das Phänomen der kosmischen Harmonie, indem wir die Constellationen und Bewegungen der Glieder siderischer Organismen als solche erkennen, in welchen die

Summe der möglichen Unlustempfindungen auf ihr geringstes Maß gebracht ist.

Es ist also ein und dasselbe Gesetz, eine und dieselbe Grundeigenschaft der Materie, welche im unorganischen Reiche das Gleichgewicht der mechanischen Kräfte erstrebt, im organischen Reiche die größtmögliche Anpassung der Organismen an die veränderlichen Lebensbedingungen zu erreichen sucht, und im Reiche des Gedankens immer mehr den Irrthum, als Widerspruch zwischen Vorstellung und Realität, ausscheidet, und hiedurch indirekte der Wahrheit zum Siege verhilft, so daß im Verlaufe der Kulturgeschichte die Welt unserer Gedanken, als Abbild der Realität, in immer größere Harmonie mit dieser gesetzt wird, bis schließlich vielleicht die Anpassung unserer Ideen an die Wirklichkeit eine vollkommene sein wird.

So mahnen uns denn auch von diesem Gesichtspunkte aus die Erscheinungen des Himmels davon ab, sie aus anderen, als natürlichen Ursachen zu erklären, und kommen wir auch auf diesem Wege zu dem Resultate, daß es die Wissenschaft nicht nöthig hat, zur Erklärung der Realität um extramundane Principien bei der Volksmetaphysik betteln zu gehen.

XII.

Die Mehrheit bewohnter Sterne.

Bei allem Fortschritte, dessen sich die Astronomie seit Jahrhunderten in Europa zu rühmen hat, sind doch in mehrfacher Hinsicht schon im grauen Alterthume bei den Kulturvölkern Ansichten zur Geltung gekommen, die im Abendlande erst sehr spät durchdrangen. In einer Zeit, da in Europa noch keinerlei wissenschaftliches Bedürfniß sich regte, verzeichneten die alten Chinesen schon fleißig alle Cometenerscheinungen, ja sie berechneten sogar jene Sonnenfinsternisse voraus, worüber damals unsere Ahnen noch erschracken, wie später die von Columbus mit dem Entzuge des Sonnenlichtes bedrohten Indianer. Es mag sich freilich in das rein wissenschaftliche Bedürfniß der Chinesen auch die Illusion eines praktischen Werthes solcher Beobachtungen im Sinne von Auspicien gemischt haben; wenigstens erklärt es sich kaum anders, daß im Jahre 2158 v. Chr. der Kaiser von China zwei seiner Hofastronomen — der eine hieß Hi, der andere Ho — hinrichten ließ, weil sie die in diesem Jahre eingetretene Sonnenfinsterniß, die erste historisch erwähnte, nicht ganz richtig vorausberechnet hatten. Aber jedenfalls spricht dieser chinesische Bericht, dessen Richtigkeit neuere Berechnungen bestätigt haben, für das hohe Alter chinesischer Kultur.

Auch in den selbst heute noch geläufigen Anschauungen über die Mehrheit bewohnter Sterne kann gegenüber jenen der

Indier, Aegypter und Griechen nur ein Rückschritt erkannt werden. Die christliche Weltanschauung hatte, indem sie die Erde in den Mittelpunkt der Welt versetzte, die Menschheit, wie den von ihr bewohnten Stern in eine schiefe Stellung zur Natur gerückt, und indem das in Rom fabricirte System die Menschheit zum hüpfenden Punkt im Weltei machte, konnte auf solchem geistigen Boden die Ansicht von der Mehrheit bewohnter Welten keine Wurzeln fassen. Zwar hat es das ganze Mittelalter hindurch Geister gegeben, welche diese alte Wahrheit nicht preisgaben, und mit mehr oder weniger Glück versuchten, sie mit den Dogmen der katholischen Kirche in Einklang zu bringen; aber sie blieben vereinzelt in einer Zeit, da man noch kaum erkannt hatte, daß es im Kosmos kein Oben und Unten gebe, sondern nur Anziehungscentren, die Richtung nach welchen von allen Seiten her als Unten, die Richtung von welchen ab als Oben zu bezeichnen ist; in einer Zeit ferner, da eben wegen seines Buches über die Unendlichkeit der Welten Giordano Bruno den Scheiterhaufen besteigen mußte. Die Erde aus dem Mittelpunkte der Welt rücken, das hieß eben ihre moralische Würde und die der Menschheit antasten, und dagegen war man damals so empfindlich, wie es unser Jahrhundert gegen die Theorie Darwins ist.

Der bloße Anblick des gestirnten Himmels, die Erwägung, daß die unzählbare Menge der mit bloßem Auge wahrnehmbaren Sterne kaum den 200,000sten Theil der teleskopisch wahrnehmbaren beträgt, daß ferner über eine Entfernung von 4500 Billionen Meilen hinaus einzelne Sterne auch nicht mehr teleskopisch gesehen werden können, sondern nur große Anhäufungen derselben als scheinbare Nebel, und die wirklichen Nebel als zukünftige Sternhaufen, — dieß alles predigt dem Unbefangenen die Mehrheit bewohnter Sterne mit größter Eindringlichkeit, und er wird nimmermehr glauben, daß das

Atom, welches wir Erde nennen, allein von empfindenden und erkennenden Wesen bewohnt sei, daß dagegen im ganzen übrigen Kosmos die Weltkörper als verödete Massen nur dem allgemeinen Zuge der Materie folgen.

Indessen sind Schlüsse, welche sie lediglich auf ein solches numerisches Mißverhältniß gründen, durchaus von keinem wissenschaftlichen Werthe. Ein kleiner bewohnter Planet in Mitte eines Gewimmels unbewohnter Sterne, — diese Vorstellung ist um nichts weniger faßlich, als die einer Oase in der endlosen Wüste Sahara, einer bewohnten Felsenklippe in Mitte des stillen Oceans; und wenn es auf der zu $^2/_3$ ihrer Oberfläche mit Meeren bedeckten Erde, numerisch genommen, auf das Fischleben abgesehen zu sein scheint, und das Leben allgemein im Kosmos nur eine kurze Zeitspanne innerhalb der Entwicklung der Gestirne füllen kann, endlich aber aus mehrfachen Gründen die Bewohnbarkeit der Gestirne nicht als ein nothwendiges Merkmal derselben erscheint, so lehrt uns dieses Alles, daß wir uns dem Kosmos gegenüber nicht auf den biologischen Standpunkt der Beurtheilung stellen dürfen. Daß aus numerischen Verhältnissen auf die Bewohntheit der Gestirne nicht geschlossen werden darf, hiefür ist der beste Beweis wohl der, daß ja in der That von den mehr als tausend Millionen Sternen, welche das Teleskop in unser Gesichtsfeld herabzieht, keiner als bewohnt angesehen werden kann; denn diese Fixsterne sind ausnahmslos Sonnen, in ihren elementaren Bestandtheilen mehr oder minder dem Fixsterne unseres Planetensystems ähnlich, Ansammlungen von glühenden Gasen, die sich theilweise zu feurig-flüssigen Kernen verdichtet haben. Die Spektralanalyse, welche hierüber keinen Zweifel zuläßt, würde unserem Trachten, die Erscheinung des Lebens auf andere Gestirne zu übertragen, vollständig Einhalt thun, wenn nicht Erwägungen anderer Art uns nöthigen würden, dem Leben gleichwohl eine kosmische Bedeutung zu geben.

Nach den Principien der Mechanik müssen alle Fixsterne von Planeten begleitet sein, auf welchen sich, wenn sie genugsam abgekühlt sind, wegen der Gleichheit der kosmischen Stoffe und Gesetze die Möglichkeit des Lebens einstellen muß. Diese Möglichkeit fällt aber naturwissenschaftlich mit Wirklichkeit zusammen. Da das Vorhandensein der materiellen Vorbedingungen diese Möglichkeit erschöpft, die zureichende Ursache für die Lebenserscheinungen enthält, ohne daß das Eingreifen eines weiteren, etwa übernatürlichen, Princips noch dazu zu kommen hätte, so kann zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit des Lebens kein Verzug eintreten; die Verwirklichung des Lebens besagt nichts weiter, als den Eintritt der Wirkung bei gegebener zureichender Ursache.

So sehen wir denn auch auf Erden das wirkliche Leben bis zu den äußersten Grenzen der Möglichkeit verbreitet. Auf den Gipfeln unserer höchsten Berge, wie in den Tiefen der Oceane, in jeder Zone, in jedem Elemente, in jedem Klima und in jeder Jahreszeit sehen wir Lebensformen der verschiedensten Art gedeihen. Selbst dann, wenn nur für wenige Stunden die Möglichkeit des Lebens vorliegt, sehen wir jene Eintagsexistenzen ins Dasein treten, eben so vollkommen mit Organen ausgerüstet, wie alle übrigen. Die erstarrten Pole selbst, in deren Nähe kein sichtbares Leben sich findet, sind der Schauplatz mikroskopischen Lebens. Tausende von pflanzlichen und thierischen Zellen gehen im Entstehen zu Grunde, und nur die geringste Zahl derselben gelangt zur Entwicklung; in allen Reichen der Natur läßt sich diese Verschwendung beobachten, die eine andere Deutung gar nicht zuläßt, als daß eben die Wirklichkeit des Lebens überall eintritt, wo die Möglichkeit gegeben ist, ohne alle Rücksicht darauf, ob solche Gebilde sich auch zu erhalten vermögen und zur Reife kommen können. Die organischen Produkte verwirklichen sich, sobald die Bedingungen ihres Entstehens vorliegen, und trotzdem die Bedingungen ihrer

Erhaltung nicht vorhanden sein mögen, wie eben im Allgemeinen aus der Ursache die Wirkung folgt, mag sie zum Guten, oder zum Schlimmen ausschlagen, oder auch von gar keinem Belang sein.

Wie an den Klippen der Meeresküste, in den Spalten und Ritzen des Gesteins, sich organische Keime ansetzen, und, mögen sie auch jeweilig von einer hochgeschleuderten Woge hinweggespült werden, die Natur die vergebliche Arbeit doch immer wieder aufnimmt, so muß auch auf solchen Sternen sich das Leben zu regen beginnen, auf welchen der Proceß unfehlbar immer wieder abgeschnitten werden muß. Auch auf jenen Planeten, welche im Processe der Auslese in cometarische Bahnen gerückt wurden, klammerte sich im Beginne ihrer Erstarrung das Leben an, das bei jedem Periheldurchgange wieder vernichtet wurde; auch auf ihnen nahm die Natur ihre Sisyphusarbeit immer wieder auf, wenn auch der Proceß nie über die ersten Anfänge hinauskommen konnte. Denn allerdings sind auch auf Erden die Existenzverhältnisse veränderlich und schritthaltend passen sich die Organismen ihnen an; aber diese Anpassung vermag sich weder in Extremen zu bewegen, wie sie in der Differenz zwischen der Temperatur des Raumes und dem verzehrenden Feuer liegen, dem solche Weltkörper bei großer Sonnennähe ausgesetzt werden, noch kann sich die Anpassung an das Extrem vollziehen, wenn die Existenzverhältnisse sich so plötzlich ändern, wie bei diesen Planeten, welche mit zunehmender Geschwindigkeit dem Perihel sich nähern.

Es muß also auf jedem Sterne unter allen Umständen jenes Leben anheben, welches nach den vorliegenden Bedingungen möglich ist, mögen auch zahlreiche Ansätze ohne bleibendes Resultat sein, immer wieder abgeschnitten werden, und erst nach wiederholten Versuchen und nur auf solchen Gestirnen, welche wenig schwankenden und nur langsam sich verändernden Verhältnissen ausgesetzt sind, ein biologischer Proceß von geregelter Entwicklung seinen Fortgang nehmen.

Gerade aus der Natürlichkeit alles Geschehens folgt aber, daß überall nur solche Organismen sich finden können, welche ihrer äußeren und inneren Struktur nach ihren Lebensverhältnissen entsprechen; denn nicht für, sondern durch diese Verhältnisse sind die Wesen geschaffen, und Naturprodukte können daher für ihre Sphäre nie heterogen sein. Die beständigen, wenn auch langsamen Veränderungen auf der Erdoberfläche sehen wir seit Millionen von Jahren von der Lebenskraft unseres Sternes überdauert; jede geologische Periode weist nach einander auftretend andere Lebensformen auf, während wiederum die höchste Mannigfaltigkeit derselben in der gleichen Periode neben einander Platz findet.

Wenn wir nun aber auf die übrigen Planeten unserer Sonne und die uns ewig unsichtbaren, aber unbestreitbar vorhandenen Planeten der Fixsterne ähnliche Verhältnisse übertragen, so dürfen wir dabei doch nicht vergessen, daß bei aller durchschnittlichen Gleichartigkeit in ihrer stofflichen Zusammensetzung doch ihre individuellen Eigenthümlichkeiten bedeutend genug sind, um uns jeden Gedanken daran verwerfen zu lassen, als könnten wir irgendwo im Kosmos dem irdischen Menschen begegnen. Nur das läßt sich mit Bestimmtheit sagen, daß ohne die allbelebende Kraft der Sonne die Materie der Planeten in Erstarrung liegen würde, und daß überall der Einfluß von Wärme und Licht es ist, unter welchem die Energien der Materie der Art transformirt werden, daß hieraus, wohl nur durch Steigerung einer in den Atomen aller Materie liegenden Empfindungsfähigkeit, die Erscheinung thierischer Empfindung und des Bewußtseins sich einstellt. Für die Erde wenigstens kennen wir keine andere Kraftquelle als die Sonne, und jede irdische Bewegung, wenn weit genug zurückverfolgt, weist auf diese Quelle hin; in jener Kette von Verwandlungen, welche die zuerst als räumliche Bewegung auftretende Kraft eingeht, um schließlich die Form organischer Kräfte anzu-

nehmen, treten immer Wärme und Licht als Zwischenformen auf.

So steht denn der Ansicht von der Bewohnbarkeit und somit Bewohntheit aller erkalteten Planeten vielleicht auch der erkalteten Sonnen, wenn und so lange ihre innere Wärme eine äußere ersetzen sollte, nicht nur Nichts im Wege, sondern alle Erwägungen weisen auf diesen Punkt hin; und wenn sich die Menschheit diesen Glauben nie hat rauben lassen, so kann er heute, nachdem ihm durch die Spektralanalyse eine wissenschaftliche Grundlage gegeben worden ist, wohl nur demjenigen als paradox erscheinen, der auf dem extremen Standpunkte ptolemäisch-christlicher Weltanschauung steht.

Frägt man aber nun weiter nach der leiblichen, geistigen und moralischen Natur der Planetenbewohner, so kann hierauf allerdings nur sehr vorsichtig geantwortet werden, wiewohl sich über die anscheinend schwerer zu bestimmenden intellektuellen und moralischen Eigenschaften Sichereres aussagen läßt, als über die leibliche Beschaffenheit, analog jenem Verhältniße, daß wir über die chemische Natur der Fixsterne besser instruirt sind, als über ihre räumlichen Bewegungen.

Die leibliche Beschaffenheit der Bewohner eines Gestirns hängt ab von den chemischen Elementen, aus welchen es zusammengesetzt ist, von den Mischungsverhältnissen dieser Elemente, und von der Masse des Gestirns.

Würde unter den uns bekannten chemischen Grundstoffen unserer Erde einer fehlen, so würde die Entwicklung unseres Sternes einen anderen Gang genommen haben. Keine Phantasie vermag sich vorzustellen, wie sich die Erde gestellt haben, und welche Gebilde sie nun tragen würde, wenn etwa Wasserstoff oder Sauerstoff fehlte. Die leibliche Organisation der Bewohner anderer Sterne läßt sich somit nur negativ dahin bestimmen, daß sie durchaus von der menschlichen sich unterscheiden muß, denn selbst bei allfälliger Gleichheit der elementaren Bestandtheile ihrer

Wohnplätze würden doch die Unterschiede in den Mischungsverhältnissen von der weittragendsten Bedeutung für die Organismen sein, da diese überall in größter Uebereinstimmung und Anpassung an den Boden gedacht werden müssen, der sie gebar.

Die vielfache Verschiedenheit irdischer Organismen selbst bei relativ geringen elementaren und klimatischen Unterschieden, und wiederum die Verschiedenheit unserer Flora und Fauna von der vergangener Epochen, läßt auf eine unerschöpfliche biologische Mannigfaltigkeit im Kosmos schließen. Wenn schon die Veränderungen, welche die irdische Atmosphäre im Verlaufe der geologischen Perioden erlitten hat, begleitet war von einer vollständigen Umwandlung der Organisationen, wenn die Grundbedingungen unserer Existenz, der Athmungsproceß, ganz abhängig ist von der derzeitigen Beschaffenheit der Atmosphäre, und Schall und Licht, also auch Gesicht und Gehör, in Beziehung stehen eben zu dieser Beschaffenheit, so sind wir wieder ganz auf unsere Phantasie angewiesen bezüglich der Wahrnehmungsorgane der Bewohner anderer Sterne.

Nehmen wir aber selbst eine vollständige Gleichartigkeit aller Gestirne an, so müssen doch die bedeutendsten Unterschiede der Lebensformen aus den quantitativen Unterschieden der kosmischen Massen sich ergeben, welche das Gewicht der auf den Oberflächen befindlichen Gegenstände regeln. Nach Flammarion ergeben sich für unser Sonnensystem in Bezug auf die Schwere und die Fallräume in der ersten Sekunde folgende Werthe:

	Schwere.	Fallraum in Metern.
Sonne	29,37	143,91
Merkur	1,15	5,63
Venus	0,95	4,64
Erde	1,00	4,90
Mars	0,40	2,16
Jupiter	2,55	12,49
Saturn	1,09	5,34

	Schwere.	Fallraum in Metern.
Uranus	1,11	5,44
Neptun	1,02	5,00
Mond	0,22	1,08

Ein Mensch, der also auf der Erde ein Gewicht von 60 Kilogramm hätte, würde auf den Mond versetzt, nur mehr 13, auf der Sonne dagegen 1762 Kilogramm wiegen. Da die Lokomobilität und Arbeitsleistung der Organismen direkt vom Gewichte ihres Körpers abhängt, auf jedem Sterne aber nur die ihm entsprechenden Organismen vorhanden sein können, so sind wir wiederum in Hinsicht der Lebensformen anderer Sterne ganz auf die Phantasie angewiesen, und nur das läßt sich behaupten, daß wir den irdischen Organismen nur auf solchen Sternen begegnen könnten, deren Masse gleich der der Erde wäre. Wenn wir, ohne das Gewicht unseres Körpers sonderlich zu fühlen, auf der Erdoberfläche aufrecht gehen, so würden wir auf dem Monde bei geringen Anlässen in die Luft gehoben werden, und wären auf der Sonne zur Bewegungslosigkeit verurtheilt.

Die Entwicklungsgeschichte eines Gestirns ist nur anzusehen als ein Proceß der Umwandlung derjenigen Kräfte, welche innerhalb seines Umfanges bei seinem Entstehen beschlossen waren. Als sich vom rotirenden Sonnenball jener Nebeltheil ablöste, den wir Erde nennen, da trugen die molekularen Kräfte derselben bereits die ganze Reihe der späteren geologischen und biologischen Veränderungen, die ganze gestaltenreiche Geschichte des Menschengeschlechts in ihrem Schooße. Die ganze gewaltige Kraftsumme, die sich darin äußerte, war ursprünglich in der Form der Schwerkraft als ruhende Spannkraft vorhanden, die immer mehr in lebendige Kräfte sich differenzirte, deren verschiedene Formen sich in einander umwandelten. Keine andere äußere Voraussetzung ist für den Fortgang dieses Prozesses zu machen, als Licht und Wärme unserer Sonne, unter

deren Einfluß sich diese Umwandlungen vollzogen. Es ist die gleiche Kraft, welche ursprünglich die chaotischen Theile unseres Nebelballens gegen einander gravitiren ließ, die in anderer Form der geologischen Entwicklung zu Grunde lag, später die meerbedeckte Erde mit Fischen bevölkerte, und wiederum, in moralische und intellektuelle Energien transformirt, einem Buddha die Empfindung der umfassendsten Nächstenliebe, einem Sokrates den Gedanken der Selbsterkenntniß hervorrief.

Da dieses Verhältniß entscheidend ist für die Bestimmung der moralischen Eigenschaften kosmischer Wesen, deren Anlagen in durchgängiger Abhängigkeit direkt von ihrer leiblichen Organisation, indirekt von der Beschaffenheit ihrer Wohnplätze stehen, so bewegen wir uns hier auf ungleich sichererem Boden. Wenn alle Entwicklung eines Sternes nur auf dem Kreislaufe seiner Stoffe beruht, so können neue stoffliche Verbindungen nur aus der Auflösung anderer entstehen; jede neue Stufe steht auf den Schultern der früheren, wie das Thierreich auf den Schultern des Pflanzenreichs. Kein Organismus schöpft aus sich selbst die Kraft sich zu erhalten; aller Mangel, der beständig in ihm liegt, kann nur von Außen gedeckt werden. Darum ist der Schmerz ein allgemeines Naturgesetz; nur unter Schmerzen kann Neues geboren werden. Nur darum sehen wir den Menschen zur Herrschaft über das Thierreich gelangen, weil er den Thieren überlegen und befähigt ist, im biologischen Haushalte der Natur die größten Umwälzungen herbeizuführen; und nur in so ferne kommen die Völker der Geschichte zur Präponderanz, als sie die Nachbarvölker schmälern, sei es nun, daß sie die Kräfte derselben in Kriegen brechen, oder in der Handelsconcurrenz aufsaugen.

Mögen auch auf anderen Gestirnen Verhältnisse sich finden, unter welchen der beständige Kampf, der sich aus solcher Sachlage überall ergeben muß, mildere Formen annimmt, so liegt es doch in der Natur der Dinge, daß keine Art von Ent-

wicklung ohne begleitenden Kampf denkbar ist, und daß gerade auf jenen Sternen, auf welchen er in geringerer Intensität auftreten mag, auch das Moment des Fortschrittes eine geringere Triebkraft entfalten wird.

Mangel, Bedürfniß, Schmerz und die physischen Uebel aller Art sind daher von universeller Bedeutung, und dieses Verhältniß bestimmt unmittelbar die moralische Natur der Weltbewohner; aus dem Uebel folgt unmittelbar die Existenz des Bösen.

Jede unmoralische Handlung, wenn weit genug zurückverfolgt, weist auf ein physisches Uebel hin, das sie gebar. Schopenhauer nennt daher ganz richtig das Böse nur ein Von-sich-auf-den-Anderen-Schieben des Uebels. Selbst solche Charakterdispositionen, aus welchen ohne Nutzen für den Thäter, vom Gefühle der Schadenfreude begleitet, unmoralische Handlungen entspringen, vermögen sich nur in einer Welt des Uebels zu entwickeln; sie sind nur Steigerungen des normalen Hanges, und eine Anlage, die sich in den aufeinanderfolgenden Generationen durch gewohnheitsmäßiges Handeln mehr und mehr befestigt und vererbt hat.

Wenn wir sonach die moralische Vervollkommnung der Wesen über die von uns erreichte Stufe hinaus selbst zugeben, so scheinen ihr doch durch die, für den biologischen Proceß allerdings sehr günstige, Unmöglichkeit, das Uebel je ganz zu beseitigen, unüberschreitbare Grenzen gesetzt zu sein. Die Moral, bis zur letzten Consequenz praktisch durchgeführt, würde die Möglichkeit unserer Existenz aufheben, und da Uebel und Schmerz universeller Natur sind, so mögen wir wohl berechtigt sein, uns niederschlagender Betrachtungen über die Verderbtheit gerade des Menschengeschlechtes zu enthalten, — ein Trost von allerdings sehr zweifelhafter Art.

Fragen wir schließlich noch nach der intellektuellen Natur der Bewohner anderer Sterne, so lassen sich auch hiefür einige

positive Anhaltspunkte gewinnen. Zwar läßt sich keine Grenze bestimmen, bis zu welcher die geistige Entwicklung der Menschheit, oder etwa einer andern irdischen Lebensform, gehen kann, noch läßt sich sagen, ob es uns je gelingen mag, in unseren unabläßigen Fragen an die Sphinx Natur ihr Räthsel zu lösen, und wissen wir nicht einmal, ob die Stufe des Bewußtseins der Menschheit in Ansehung anderer Weltbewohner eine hohe, oder niedrige, zu nennen sei; aber das Grundphänomen der Empfindung und des Bewußtseins ist nicht auf diese Erde beschränkt, bei aller möglichen Verschiedenheit der da und dort erreichbaren Stufen.

Es ist ferner ein und dieselbe Welt, welche den Bewohnern aller Gestirne gegenübersteht: ausgebreitet im Raume, veränderlich in der Zeit, und unterworfen dem Gesetze der Causalität. Nach natürlichen Gesetzen muß aber der biologische Proceß die Anpassung der Organismen an die Natur, in die sie gestellt sind, herbeiführen. Bei der großen Mannigfaltigkeit der leiblichen Organisationen können zwar die Wahrnehmungsorgane in Form und Funktionsweise höchst verschieden sein; aber wie in der Wechselwirkung der Natur und der Wesen nur solche Wahrnehmungsorgane sich entwickeln können, die sich für die Nöthigung zu handeln als nützlich erweisen, d. h. solche, wodurch die Wesen sich über jene Verhältnisse orientiren, deren Wahrnehmung behufs der Existenz nothwendig ist, so können auch nur solche Erkenntnißorgane sich entwickeln, welche das von den Wahrnehmungsorganen übermittelte Empfindungsmaterial richtig zu deuten, auf die entsprechende Ursache zurückzuführen, mehr und mehr befähigt werden.

Da Bedürfniß und Unbehagen der natürliche Zustand aller Organismen ist, und mit der hieraus resultirenden Nöthigung zu handeln die Concurrenz der Individuen gegeben ist, in so ferne sie nicht schon aus ihrer Vermehrung entspringt, so wird überall eine natürliche Auslese solcher Individuen stattfinden

müssen, welche hinsichtlich der praktischen Orientirung die relativ geringste Irrthumsfähigkeit besitzen, weil jeder höhere Grad der Befähigung zu richtiger Deutung der Erscheinungen das Individuum concurrenzfähiger macht. Es läßt sich demnach als Grundgesetz aller biologischen Entwicklung hinstellen, daß mit der leiblichen Anpassung im Allgemeinen die der Empfindungs- und Erkenntnißorgane Hand in Hand gehen, und die Entwicklung in intellektueller Hinsicht überall dahin zielen muß, eine Uebereinstimmung zwischen den allgemeinsten Formen der äußeren Natur, Raum, Zeit und Causalität, und den Erkenntnißformen herbeizuführen. Nur ein Intellekt, der als Spiegel der Erscheinungen dieser vornehmsten Bedingung genügt, macht seinen Träger existenzfähig; es liegt daher in der Natur der Dinge, daß die Erkenntnißorgane eben so sicher im biologischen Processe sich der Realität anpassen müssen, als die leiblichen Organe nach Maßgabe ihrer Funktion.

Von diesem Gesichtspunkte aus liegt dem Vorschlage eines gewissen Brandes, behufs einer Correspondenz mit den Mondbewohnern auf weiter Fläche, etwa auf der Wüste Sahara, geometrische Figuren in so großem Maßstabe herzustellen, daß sie vom Monde aus gesehen werden könnten, und vielleicht Anlaß zu einer in ähnlicher Weise ertheilten Antwort würden, ein ganz richtiger Gedanke zu Grunde, mag man auch im Uebrigen hierüber beliebig denken. Denn im ganzen Kosmos sind die Raumverhältnisse die gleichen, in aller Welt behält der Lehrsatz seine Richtigkeit, dem Pythagoras die Hekatombe opferte, und jeder Stern, in so ferne er die entsprechende Organisationshöhe erreicht haben sollte, wird Bewohner tragen, welchen die Axiome des Euklid unumstößliche Wahrheiten sind. Das erste Bewußtseinsindividuum, wo immer es entstehen mag, wird sich in der Praxis vor das Problem gestellt finden, welche Linie zwischen zwei Punkten die kürzeste sei, und jedes wird in dieser Praxis zur Erkenntniß hingeleitet werden, daß es die

Gerade sei, — eine Erkenntniß, die sich in seinen Nachkommen bis zur aprioriſchen Gewißheit der Art befestigen muß, daß nach Jahresmillionen, wenn das Ob des Problems längst aufgehört hat, praktisch aufgeworfen zu werden, ein späteres Wesen von entsprechender Besinnung nur das Wie des Problems in Erwägung ziehen könnte.

So mag denn zum Schluße auch das noch bemerkt werden, daß auf jedem Sterne die intellektuelle Entwicklung der Organismen nothwendig durch jenen Punkt hindurchgehen muß, wo ein hochorganisirtes Wesen, in tiefer Verwunderung darüber, daß wir Weltbewohner die Formen des äußeren Seins als subjektive Erkenntnißformen in uns tragen, sich über das Problem besinnen wird, das Kant in die Worte kleidete: Wie sind synthetische Urtheile a priori möglich?

XIII.

Anmerkungen.

1. Zu Seite 12.

Die Gestirne und die Weltgeschichte. Gedanken über Raum, Zeit und Ewigkeit. Von Dr. Felix Eberty. Breslau, 1874. 2. Auflage.

Diese kleine Schrift hat so merkwürdige Schicksale gehabt, daß ich nicht umhin kann, davon zu erzählen, bevor ich auf ihren Inhalt eingehe; denn besser als durch diese Geschichte, wie sie der Verfasser berichtet, könnten die Verhältnisse des deutschen Büchermarktes nicht illustrirt werden. Eine erste Auflage der Schrift erschien nämlich schon im Jahre 1846; ihre eigentliche Geschichte aber spielt — im Auslande. Buchhändler Baillere in London ließ sich nämlich, ungeachtetet der Proteste des Verfassers, nicht abhalten, eine englische Uebersetzung herauszugeben, ohne des deutschen Originals oder des Autors auch nur Erwähnung zu thun. Nach einigen Jahren war das elfte Tausend der 6. Auflage vergriffen. Bald fand das Büchlein auch den Weg über den Canal nach Paris, fiel einem dort lebenden Deutschen in die Hände und dieser beeilte sich, das vermeintliche Original ins Deutsche zu übersetzen. Die importirte Waare fand natürlich schon als solche Beifall und wurde vergriffen. Proteste von Seiten des ursprünglichen Verlegers fanden nicht statt, weil derselbe nach Südamerika ausgewandert, sein Verlag aber durch Verkauf und Verpfändung durch so viele Hände gegangen war, daß der Verfasser erst nach jahre-

langen Bemühungen die verwickelte Angelegenheit zu ordnen und eine zweite Auflage zu veranstalten vermochte. —

Was nun den Inhalt des Büchleins betrifft, so könnte man es leicht für englisches Fabrikat halten. Die beiden Hauptströmungen des englischen Geistes sind darin in der Weise vertreten, daß die Naturwissenschaft in den Dienst der Theologie genommen wird. Es geschieht das in sehr anziehender Form, in sehr geistreicher und phantasievoller Weise, und selbst Leser, welche zur Opposition gehören, werden zum Bewußtsein derselben gewiß nicht in ärgerlicher Weise kommen.

Der Verfasser geht von den bekannten Gesetzen der Fortpflanzung des Lichtes aus, welchen gemäß die Strahlen selbst der nächsten Fixsterne mehr als 3 Jahre bedürfen, uns zu erreichen, so daß wir im Anblick dieser Sterne um die gleiche Zeit zurückversetzt werden, gleichwie andrerseits ein Bewohner dieser Sterne, wenn er unsere Erde beobachtete, bei entsprechender Sehkraft etwa dem Verlaufe des vergangenen Krieges gegenwärtig folgen könnte. Desgleichen würde der Bewohner eines Sternes, dessen Lichtzeit 4000 Jahre beträgt, der Gründung von Memphis zusehen können. So muß jedem Jahre unserer Geschichte, jedem Ereignisse ein Stern entsprechen, von welchem aus dasselbe als ein gegenwärtiges sich darstellen würde. Hätten wir das Vermögen, uns plötzlich an jeden beliebigen Punkt des Weltraums zu versetzen, so könnten wir auch jeden beliebigen Augenblick der Vergangenheit zurückrufen. In den Schwingungen des Lichtes sind alle Bilder der Vergangenheit erhalten, und würden zu gegenwärtigen für ein Wesen, welches in der entsprechenden Erdferne stünde.

Diese Verhältnisse gestatten noch complicirtere Anwendung. Nehmen mir an, ein mit unendlicher Sehkraft begabtes Wesen bewohnte einen jener Sterne, die uns ihrer großen Entfernung wegen als Sterne 12. Größe erscheinen. Würde sich dieses Wesen durch den Raum mit solcher Geschwindigkeit der Erde nähern, daß es die Entfernung von 5000 Billionen Meilen in

einer Stunde zurücklegte, so würde es beim Beginne der Wanderung jene Scenen erblicken, welche etwa vor 4000 Jahren sich abspielten, auf halbem Wege würde es der Schlacht von Gaugamela zusehen, und nach abgelaufener Stunde endlich könnte es mit uns verkehren. Kein Zweifel! Ein solches Wesen würde innerhalb einer Stunde ganze vier Jahrtausende gelebt, — nicht doch, erlebt, haben. In diesem Sinne legt der Verfasser die Worte der Bibel aus: Vor Gott sind tausend Jahre wie ein Tag. Hierüber läßt sich wohl nicht streiten; aber seine aus dieser Betrachtung gezogene Folgerung, daß die Zeit überhaupt keinen objectiven Verlauf habe, dürfte auf einem Mißverständnisse beruhen. Denn mit gleichem Rechte ließe sich etwa behaupten, eine Postkutsche habe keine objective Schnelligkeit, da sie mit verschiedener Geschwindigkeit sich uns nähere, je nachdem wir sie erwarten, oder ihr entgegenfahren. Allerdings läßt sich in dieser Weise die auf den Schwingungen des Lichtes einem erkennenden Wesen zugetragene Geschichte eines Sternes in eine Secunde zusammendrängen, doch nur bei entsprechendem Wechsel im Raume; und so läßt sich die Cardinalfrage, ob der Zeit Realität zukomme, oder nur Idealität, bei solcher beschränkenden Voraussetzung nicht lösen.

Ein Wesen, das im Raume allgegenwärtig wäre, müßte in Bezug auf vergangene Dinge allwissend sein, es müßte alle Ereignisse der Vergangenheit gleichzeitig in seinem Bewußtsein haben, weil ihm auf jedem Standorte eine andere Vergangenheit als Gegenwart erscheinen müßte. Was im ganzen Kosmos zeitlich aufeinanderfolgte würde ihm als gleichzeitig geschehend räumlich neben einander liegen. Aber wenn auf diese Weise die Allwissenheit des Schöpfers gleichsam ihre naturwissenschaftliche Begründung erhalten soll, so wäre dabei doch zu fragen, was uns das nützen soll, da ja das Wunder der Allgegenwart dabei vorausgesetzt werden muß. Ein Wunder

wird nicht im Geringsten erklärlicher, wenn es nur zum Theile — und wäre es selbst bis auf einen minimalen Rest — in Naturwissenschaft aufgelöst wird. Es gibt eben innerhalb der Wunder Unterschiede der Begreiflichkeit überhaupt nicht. Einfacher wäre es daher sicherlich, die Allwissenheit in Bezug auf Vergangenes statt aus der Allgegenwart aus einem unendlich gesteigerten Erinnerungsvermögen abzuleiten. Das Wissen der Zukunft von Seite des allgegenwärtigen Wesens bleibt ja zudem dem Verfasser trotz aller geistreichen Combinationen ungelöst, davon ganz abgesehen, daß jede Allgegenwart, wenn ernstlich genommen, auf Pantheismus hinausläuft.

Gleichwie für ein Auge, das sich mit entsprechender Geschwindigkeit einem Sterne näherte, die Begebenheiten auf demselben ins Unendliche zusammengedrängt würden, so könnten auch umgekehrt durch entsprechend schnelle Entfernung die Ereignisse unendlich ausgedehnt werden. Die Entwicklung einer Knospe ließe sich z. B. zu einem Jahrtausend ausdehnen, und mit Hülfe eines solchen „Mikroskopes für die Zeit" würden sich in den Vorgängen der Natur sicherlich Zwischenstadien entdecken lassen, die uns unsichtbar bleiben, und jene Aufschlüsse, die sich aus solcher Verlangsamung des Geschehens überhaupt erzielen lassen, würden uns gewährt werden. Die angenommene Allgegenwart würde nun wohl die gleichen Dienste leisten; aber die Erkenntniß selbst aller Zwischenstadien der Veränderungen bliebe doch fruchtlos ohne das Verständniß der zu Grunde liegenden Kräfte.

Auch noch in anderer sinnreicher Weise versucht es der Verfasser, die Relativität unserer Zeit- und Raumbegriffe zu demonstriren. Würden nämlich alle Begebenheiten des Kosmos, von der Bewegung der Gestirne angefangen bis zum Leben der Infusorien mit doppelter oder unendlicher Schnelligkeit vor sich gehen, so würde kein Wesen hievon das Geringste bemerken. Dagegen läßt sich nichts einwenden; denn der Verlauf einer

Begebenheit läßt sich zeitlich nur bestimmen durch Vergleich mit einem anderen Verlaufe, jede allgemeine und gleichmäßige Beschleunigung würde daher unbemerkt bleiben, und würden selbst Jahresmillionen in Secunden verlaufen. Das Gleiche gilt vom Raume. Unser ganzes Fixsternsystem könnte sich zu einem Atom verkleinern ohne daß wir es inne würden, wenn Alles gleichmäßig verkleinert würde; denn Ausdehnung läßt sich nur an Ausdehnung messen. Dies Alles hat seine unbedingte Richtigkeit; aber auch dieses entscheidet nichts über die Frage, ob Raum und Zeit ideal seien, oder real, oder endlich beides.

Die Philosophie hat gegen die Position unmöglicher Fälle, wie sie der Verfasser sich mehrmals erlaubt, gar nichts einzuwenden; es kann sogar durch solche Aufstellungen und indem man alle Folgerungen daraus zieht, das begriffliche Verständniß der Dinge oft sehr gefördert werden. Aber so sehr es der Verfasser versteht, in dieser Schrift seine Leser zu interessiren, so können wir ihm doch nicht zugeben, seine Hauptabsicht erreicht zu haben: den Widerspruch zu lösen, der vom Standpunkte des Theismus zwischen der einheitlichen Schöpfungsursache und dem Gegensatze der Dinge besteht. Denn dieser Gegensatz, auf welchem alles Uebel und alles Böse der Welt beruht, liegt im tiefsten Inneren der Naturdinge, keineswegs blos in ihren äußeren Daseinsformen Raum und Zeit, würde daher auch nicht überwunden werden durch Modification dieser äußeren Formen, ja selbst nicht durch ihre Aufhebung. Es ist wesentlich ganz gleichbedeutend, ob der Zwiespalt der Geschöpfe in einem Oceane sich abspielt oder in einem Wassertropfen mit unsichtbaren Infusorien, daher wir auch im letzteren Falle den Eindruck des Schreckhaften erhalten, sobald uns mit Hülfe des Sonnenmikroskops der Tropfen zum Meer anwächst. Nicht blos aus dem Gebiete der Vorstellung, sondern aus dem Kerne selbst der Welt wächst der Pessimismus heraus, und bisher wenigstens sind alle Versuche fehlge-

schlagen, das Uebel für eine sekundäre Erscheinung zu erklären, um auf diese Weise liebgewordene Hypothesen zu retten.

2. Zu Seite 133.

Der Venusmond und die Untersuchungen über die früheren Beobachtungen dieses Mondes. Von Dr. F. Schorr. Braunschweig 1875.

Ob der Planet Venus einen Mond hat oder nicht, — dieß ist eine Frage, deren Hauptinteresse vielleicht weniger im Resultate liegt, als in der Methode ihrer Erforschung, in so ferne, als sie zur „Astronomie des Unsichtbaren" gehört. Innerhalb der Jahre 1645—1764 ist der Begleiter der Venus von zahlreichen berühmten Astronomen beobachtet worden, die ihm ein Volumen gleich dem unseres Mondes, und eine Umlaufszeit von etwa 11 Tagen zusprachen; seither aber ist dieser Trabant unsichtbar geworden, und trotz der bedeutenden Verbesserung der Fernrohre nicht mehr gefunden worden. Es liegt nun allerdings nahe, diese früheren Beobachtungen als Täuschungen, etwa als Spiegelbilder des Augenglases im Teleskop zu erklären; aber die auffallende Uebereinstimmung in denselben läßt diese Erklärung nicht zu, während andrerseits die sichelförmige Gestalt, in der sich dieser Trabant immer gezeigt hat, auch die Möglichkeit einer Verwechslung mit einem Fixsterne oder mit einem Asteroiden ausschließt. Es ist nun der Astronomie die Aufgabe gegeben, diesen Stern, der sich direkt nicht mehr beobachten läßt, indirekt zu erschließen. Dieser Aufgabe hat sich unter Benützung früherer Beobachtungen Schorr unterzogen.

In der Erwartung, den unsichtbar gewordenen Venusmond wenigstens dann zu sehen, wenn er von einer besonders günstigen Folie sich abhebt, hat man die seltenen Vorübergänge der Venus vor der Sonnenscheibe zu Beobachtungen benützt,

und glaubt in der That den Trabanten erkannt zu haben, der als tiefdunkler, erbsengroßer Punkt seinem Planeten vorangeht oder nachfolgt. Aber auch die helle Venusscheibe selbst ist eine solche günstige Folie und auch auf ihr glaubt man periodisch einen dunklen Fleck fortrücken zu sehen, und schließt aus seiner unveränderlichen Gestalt, daß er nicht der Atmosphäre der Venus angehöre, sondern der gesuchte Trabant sei. Im Uebrigen aber ist die Wissenschaft darauf angewiesen, die Existenz dieses Mondes indirekt zu erschließen aus gewissen Besonderheiten, die sich an der Venus zeigen. So vermehrt sich ihr Glanz oft plötzlich in so intensiver Weise, daß sie sogar bei Tage sichtbar wird. Wäre dieses Phänomen allein abhängig von der Stellung der Venus zur Sonne und Erde, so müßte es in berechenbaren Perioden eintreten, was nicht der Fall ist; es muß daher von der Stellung eines Trabanten zu ihr abhängen, welche eine Vereinigung der beiden Lichtintensitäten herbeiführt. Andrerseits hat man bemerkt, daß bei solchen auffallenden Glanzperioden die Intensität des Lichtes sich oft plötzlich auf kurze Zeit wieder vermindert. Es scheint also, daß ein Venusmond, je nachdem er uns seine Tages, oder Nachtseite zuwendet, den Glanz seines Planeten vermehrt oder verringert. Manchmal auch, wenn unser Erdmond die Venus perspectivisch bedeckt, zeigen sich an den Berührungsstellen prismatische Farbenspiele, welche, da unser Mond eine Atmosphäre nicht besitzt, der Atmosphäre eines Venusmondes zugeschrieben werden, welche die hindurchgehenden Strahlen der Venus prismatisch zerlegt. Endlich ist noch ein Phänomen zu erwähnen, das für unsere Frage sehr wichtig ist: Wenn unser Mond als schmale Sichel am Himmel steht, so fällt es unserem Auge nicht schwer, auch noch den übrigen Theil der Scheibe in fahler, aschfarbener Beleuchtung zu erkennen; die helle Sichel empfängt hiebei das direkte Sonnenlicht, die übrige Scheibe das indirekte, von der Erde auf den Mond reflektirte Sonnenlicht.

Die gleiche aschfarbene Beleuchtung zeigt sich nun an der Venus, wenn sie in den betreffenden Phasen teleskopisch als Sichel wahrgenommen wird; auch ihre dunkle, von der Sonne nicht beleuchtete Scheibe zeigt sich von sekundärem Lichte erhellt. Sie empfängt also ebenfalls indirektes Sonnenlicht, das wohl nur der Reflexion von einem nahestehenden Trabanten zugeschrieben werden kann. Wenn aber der aus jeder dieser Erscheinungen gezogene Schluß auf die Existenz eines Venusmondes noch Skeptiker finden sollte, so dürfte doch Folgendes am überzeugendsten wirken: Schorr hat aus jedem einzelnen der erwähnten Phänomene unter Berücksichtigung der Zeitfolge und Häufigkeit des Eintrittes die Umlaufszeit des hypothetischen Mondes berechnet und hat in merkwürdiger Uebereinstimmung der Einzelberechnungen eine mittlere Umlaufszeit von 12 Tagen 3 Stunden gefunden.

Man kann also in der That diese Untersuchungen einen Beitrag zur „Astronomie des Unsichtbaren" nennen, welche hauptsächlich von Leverrier und Bessel begründet wurde: Jener schloß aus gewissen Unregelmäßirkeiten in der Uranusbewegung auf die Existenz, die Masse und den Ort eines noch entlegeneren Planeten (Neptun), der hierauf auch wirklich entdeckt wurde; dieser berechnete aus den Bewegungen des Sirius, daß derselbe mit einem zweiten, unsichtbaren Fixsterne ein Binarsystem bilde, und daß beide Massen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich bewegen. Seitdem solche Untersuchungen auch noch auf andere Sterne ihre Anwendung gefunden haben, besteht kein Zweifel mehr darüber, daß außer den Millionen leuchtender Sterne, welche das Fernrohr uns sehen läßt, auch noch eine gar nicht abzuschätzende Anzahl von dunklen Weltkörpern den Raum füllt. Ja in unserem Sonnensysteme selbst finden sich vielleicht dunkle Planeten oder Trabanten, deren Existenz zu beweisen nur auf mathematischem Wege gelingen kann, und die niemals einem menschlichen Auge leuchten.

Berichtigungen.

Seite 13	Zeile 5 v. o.	ist nach „ergab“ einzuschalten: „alle Erscheinungen des Himmels in eine Causalreihe unterzubringen und“.
„ 17	„ 19 v. o.	ist das Wort „einfache“ zu streichen.
„ 24	„ 6 v. u.	lies „gekommenem“ statt „gekommenen“.
„ 27	„ 7 v. u.	ist nach „Geschwindigkeit“ einzuschalten: „d.h. ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Anziehung des Centralgestirns“.
„ 28	„ 11 v. u.	ist nach „kann“ einzuschalten: „ — wobei solche Gebilde nur als seltene Ausnahmen vorhanden sein könnten —“
„ 28	„ 10 v. u.	ist nach „muß“ einzuschalten: „ — und hieraus erklärt sich das Ueberwiegen des Zweckmäßigen in der Natur —“.
„ 165	„ 5 v. o.	ist am Schlusse der Zeile „in“ anzufügen.
„ 195	„ 13 v. o.	ist nach „Zweckmäßigkeit“ einzuschalten: „aus ihrer Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit“.
„ 225	„ 17 v. o.	ist vor „Herabstürzen“ einzuschalten: „in der umgekehrten Reihenfolge ihrer Abtrennung erfolgende“.
„ 240	„ 15 v. o.	lies: „in der Kohlensäure der Luft“ statt „als Kohlensäure in der Luft.“
„ 241	„ 16 v. o.	lies „waren“ statt „war“.
„ 244	„ 1 v. o.	lies „Deleſſe“ statt „Delleſſe“.
„ 248	„ 3 v. u.	lies „laſſen“ statt „läßt“.
„ 253	„ 14 v. u.	lies „Form“ statt „Fom“.
„ 255	„ 4 v. u.	lies „bei Dhurmſalla“ statt „in Dhurmſalla“.
„ 264	„ 4 v. u.	lies „Begegnung“ statt „Bewegung“.
„ 272	„ 15—16 v. o.	lies „zerfallener Weltkörper“ statt „eines zerfallenen Weltkörpers“.
„ 273	„ 5 v. u.	lies „erzeugt“ statt „erzeugen“.
„ 280	„ 8 v. o.	lies „Kryſtallindividuen „ſtatt „Kryſtallindividuuen“.

Die erste Auflage dieses Werkes

wurde von der Kritik überaus günstig aufgenommen und erlauben wir uns einige der hervorragendsten Urtheile anzuführen:

Dieser jedenfalls interessante Versuch, Darwins Formel in der Mechanik der Sternenwelt nachzuweisen, sei sowohl den Anhängern des großen englischen Naturforschers, als auch seinen Gegnern empfohlen. Beide werden aus der ideenreichen Schrift des vielseitig strebsamen Verfassers manche geistige Anregung empfangen und letzteren bietet sich sogar vielleicht noch mehr Gelegenheit, daraus lernen zu können, als ersteren. Ueber das Meritorische des Hauptbestandtheils der mit großer Literaturkenntniß hier unternommenen wissenschaftlichen Untersuchungen können allerdings nur Fachmänner ein competentes Urtheil fällen. Wir beschränken uns daher darauf, die Thatsache zu constatiren, daß der Verfasser in seiner durch Präcision der Darstellung, sowie durch Energie der Denkfähigkeit sich auszeichnenden Arbeit, wohl die wichtigsten astronomischen Probleme berührt hat, welche überhaupt seit Jahrhunderten die Forscher auf diesem Gebiet beschäftigen und wahrscheinlich auch fernerhin beschäftigen werden. „Ausland" vom 26. October 1874.

Die Arbeit ist zunächst allen denen zu empfehlen, welche über die interessantesten Fragen der Astronomie und kosmischen Physik eine mühelos aufzunehmende, anregende und mit voller Sachkenntniß dargebotene Belehrung suchen. „Nationalzeitung" vom 7. October 1875.

Geistreiche, interessant geschriebene Schrift, die auch von denjenigen gelesen wird, die dem Verfasser nicht überall beistimmen.

„Gäa" vom 1. August 1874.

. . . . . Es ist kein Zweifel, daß sich der Verfasser nicht nur große Verdienste um die Lösung des uralten Problemes der Teleologie erworben, sondern auch um die Naturwissenschaft, indem er zuerst sich den astronomischen Erscheinungen gegenüber auf den Darwin'schen Standpunkt gestellt hat. Und daß er es in einer Weise gethan, daß Jeder, auch ohne Fachkenntniß, seiner lichtvollen, ja oft poetischen Darstellung mit Genuß folgen kann, dafür werden ihm gewiß zahlreiche Leser Dank wissen. „Frankfurter Zeitung" vom 9. Januar 1875.

. . . . . Im höchsten Grade anziehend sind die Kapitel über die Harmonie des Weltalls und die Ewigkeit des Schöpfungsvorganges. Bezüglich der Darstellungsweise sagen wir nicht zu viel, wenn wir behaupten, daß sich du Prel's „Kampf ums Dasein am Himmel", abgesehen von seinem wissenschaftlichen Werthe, in derselben Weise spannend liest, wie Jules Vernes jetzt so beliebte Schriften; nur fehlt hier das Fabelhafte. Das schöne Buch ist für Gelehrte geschrieben, aber vermöge seiner einfachen, klaren Schreibart so leicht lesbar, daß man es jugendlichen Personen in die Hand geben kann, denen es eine Fülle von Belehrung und Unterhaltung bietet.

„Wiener Fremdenblatt" vom 4. December 1874.

Die unseres Wissens neue Idee, die Darwin'sche Theorie der organischen Entwickelung auf die anorganischen Himmelskörper anzuwenden, erscheint auf den ersten Blick vielleicht bizarr und phantastisch, allein der Verfasser begründet seine kühnen Schlüsse so scharfsinnig aus den Gesetzen der Mechanik und in einer so klaren allgemein verständlichen Ausdrucksweise, daß der Leser, welcher an einer großartigen und einheitlichen Auffassung der gesammten Naturerscheinungen Freude hat, der geistvollen Deduktion mit wahrem Genuße folgen wird.

„Romanzeitung" 1875, Nr. 1.

Der Verfasser, dem wir auf philosophischem Gebiete schon vielfache interessante Untersuchungen verdanken, hat sich in dieser seiner neuesten Arbeit eine Aufgabe gestellt, welche nicht verfehlen wird, in Fachkreisen sowohl als bei den für die geistige Bewegung sich interessirenden Publikum gewisses Aufsehen zu erregen. Unternimmt er doch nichts Kleineres, als den Darwinismus auf die Astronomie zu übertragen, d. h. den Nachweis zu führen, daß die von Darwin für die Biologie aufgestellten Gesetze nicht nur in der Mechanik des Himmels walten, sondern sogar von diesem Felde der Erscheinungen sich deutlicher ableiten lassen, demzufolge erkennt du Prel in dem gegenwärtigen Ansehen des Himmels und der Konstellation der Gestirne das Resultat eines langen Prozesses, gleichsam eines Kampfes zwischen den zweckmäßigen und unzweckmäßigen siderischen Gestaltungen. Das Gesetz der Anpassung, von dem Darwin so ausgiebigen Gebrauch macht, findet in der That ein frappantes Analogon beispielsweise in den so ungebundenen Kometen, welche schließlich doch der Harmonie des Ganzen sich anpassen.

Constit. Vorstadt-Zeitung-Wien vom 16. Oktr. 1874.

In **Denicke's** Verlag in Berlin erschien ferner von demselben Herrn Verfasser:

Unter Tannen und Pinien.

Wanderungen

in den Alpen, Italien, Dalmatien und Montenegro.

1875. 20 Bogen. Preis 6 Mark.

. . . . . Obwohl Herr du Prel ein Meister in anschaulichen und farbenreichen Naturschilderungen ist, geht er der Versuchung aus dem Wege, die tausend Mal gepriesenen Schönheiten

Italiens in neue Worte zu fassen und sieht sich dafür einmal schärfer die Beobachter an. Er verwebt auch ab und zu in seine Betrachtungen kunsthistorische Essays, und wenngleich über den Petersdom und das Colloſſeum schon sehr viel geschrieben worden ist, weiß er dennoch neue und fesselnde Gesichtspunkte aufzufinden. Wenn wir noch die Bestimmtheit und lichtvolle Kürze des Ausdrucks und die Beschränkung in dem Umfange jeder einzelnen Schilderung rühmend hervorheben, so haben wir damit einen in diesem Zweige der Literatur seltenen Vorzug erwähnt.

„Post" vom 17. Juli 1875.

. . . . . Was nun die Tannen und Pinien anbelangt, so legen diese wieder Zeugniß dafür ab, daß des Philosophen du Prel scharfer Verstand keineswegs seinem Gemüthe Eintrag gethan hat. Dieses ist vielmehr der poetischen Stimmung in hohem Grade zugänglich; und die vorliegenden Reiseskizzen sind gerade deswegen so fesselnd, weil der Leser in ihnen dem denkenden und dem fühlenden Menschen in einer Person begegnet.

„Wiener Fremdenblatt" vom 29. Juli 1875.

Ein feingebildeter trefflich unterrichteter Geist erzählt uns von den Eindrücken, welche er, auf seine Weise wandernd, von Land und Leuten erhalten hat; namentlich die classischen Stätten Italiens sind es, welche die reichste Gelegenheit geben zu interessanten Excursionen in die Vergangenheit des Wunderlandes. Auch wo er oft Beschriebenes schildert ist er originell und weiß dem Gegenstande eine neue Seite abzugewinnen, was in diesem Falle gewiß etwas bedeutet.

„Blätter für literarische Unterhaltung."

. . . . . Der Verfasser schreibt im höchsten Sinne natürlich und zugleich modern realistisch. Er verschmäht allen künstlichen Aufputz und bringt eben darum reine und echte künstlerische Wirkung hervor. Abgesehen von den geschichtsphilosophischen Rückblicken empfindet man überall an der Anschaulich-

keit der Darstellung, daß man es mit selbstgesammelten Eindrücken zu thun hat. Der Grundcharacter der du Prel'schen Schreibeweise ist das Sinnige, getragen von dem Fundamente tiefen Gemüthes und einer vielseitigen Bildung.

„Wiener Zeitung" vom 4. September 1875.

Die den Natur- und Reisegenuß sich mehr und mehr zuwendende Richtung des modernen Lebens hat auch dieses Buch hervorgerufen, das, modern im besten Sinne des Wortes, vom Herzschlag der Gegenwart durchzittert, und dessen Verfasser ein ebenso rüstiger wie unruhiger, fein und philosophisch veranlagter Sohn seiner Zeit ist. Eine begeisterte Liebe zur Natur und ihren Schönheiten mischt sich in ihm in wunderbarer Weise mit der klaren und vielfach ausgesprochenen Erkenntniß von der im Grunde doch unwiderlegbaren Unzugänglichkeit und Neuheit der Geliebten; wo und wie er die Natur auch schildern und verherrlichen möge, so wird das berechtigte Entzücken dieses Wanderers doch niemals in das widerwärtige Triumphgeschrei der Natur-Enthusiasten ausarten, sondern stets, wenn nicht durch ein elegisches Band gehalten, so doch durch ein skeptisches oder pessimistisches Fragezeichen beschwert sein. In gleicher Weise wird er Land und Leuten, Kunst und Geschichte vielseitig und nicht blos von einseitig fixirtem Standpunkte aus gerecht.

„Nationalzeitung" vom 14. September 1875.

Reiche Lebenserfahrungen, philosophische Weltanschauung, gediegene Kenntnisse und eine geschmackvolle, feinsinnige Art des Vortrags, worüber du Prel gebietet machen das Werk desselben zu einem ungemein Anziehenden und einer werthvollen Bereicherung der Literatur. Gleich der so vieles Wahre enthaltende einleitende Aufsatz, „Reisen und Wandern" der die zahlreichen Schattenseiten des modernen Reisens gegenüber der alten Sitte des weit poesievolleren Wanderers trefflich hervorhebt — verdient gelesen und warm beherzigt zu werden, alsdann interessiren hauptsächlich die geistreichen Schilderungen aus Rom, deren mehrere einander folgen, sowie die

Skizzirung des oberitalischen Lebens u. s. w. Italien ist so unglaublich oft beschrieben worden — von Goethe an bis Adolf Stahr — daß man kaum meinen sollte, es könnte darüber noch etwas neues gesagt werden; dennoch ist dies dem trefflichen du Prel in hervorragender Weise gelungen; man lese z. B. nur den Artikel IX. „Rom" genannt.

Hamburg. Correspondent vom 29. August 1875.

Von demselben Herr Verfasser erschien in **Carl Dunker's** Verlag in Berlin:

Der gesunde Menschenverstand

vor den

Problemen der Wissenschaft.

In Sachen J. C. Fischer contra Ed. v. Hartmann.

1872. 13 Bogen. Preis 2 Mark.

Professor Dr. Franz Hoffmann schreibt in seinen „Philosophischen Schriften" Bd. III, Vorwort S. XXXII: „Herrn J. C. Fischer fehlt jede Ahnung des Abstandes seines engen Kopfes von der Hochbegabung Ed. v. Hartmann's, und es macht einen komischen Eindruck, einen geistvollen Mann wie Herrn Frh. du Prel in einem wissenschaftlichen Streit mit einem geistlosen und nur um so roheren Nachtreter des verflossenen Materialismus Moleschott's (vgl. J. C. Fischer's Schrift über die Freiheit des Willens) in nobler Selbstüberwindung kämpfen zu sehen. — Allein böse Beispiele verderben gute Sitten und verderben schlechte noch mehr als sie schon verdorben sind. Darum mußte eine Züchtigung vorgenommen werden, um nach Möglichkeit der Ansteckung, die heute so leicht aus dem bösen Beispiel hervorgehen könnte, zu wahren. Herr Frh. du Prel

hat sich daher ein Verdienst erworben, sich einer so unangenehmen Arbeit zu unterziehen."

Hieronymus Lorm äußert sich im Feuilleton der Wiener „Presse" 1872, Nr. 259, folgendermaaßen:

„Man müßte bedauern, daß ein gelehrter und dabei künstlerisch begabter Schriftsteller, wie Baron du Prel, sich die unsägliche und ekelhafte Mühe nahm, die wissenschaftliche und moralische Schlechtigkeit des Machwerks „Fischer's Hartmann's Phil. des Unbewußten. Ein Schmerzensschrei des gesunden Menschenverstandes" in allen Einzelheiten aufzudecken, wenn er dadurch nicht seine Virtuosität bewährte, philosophische Materien in glänzender Klarheit dem Verständniß nahe zu legen. Man erkennt bald, daß der „Schmerzensschrei des gesunden Menschenverstandes" nichts weiter ist als das blöde Lachen des bestialisch gesunden Unverstandes und Herr Fischer nicht eine Persönlichkeit, sondern ein Collectiv-Name für das Pöbelhafte ist, welches sich von der Vornehmheit des Geistes beeinträchtigt fühlt. Dadurch gewinnt die interessante Schrift des Freiherrn du Prel allgemeinere Bedeutung, als eine Antikritik hätte, die sich mit einer einzelnen albernen Persönlichkeit beschäftigte.

Dr. F. A. Hartsen sagt im Katholischen Theologischen Literaturblatt 1872, Nr. 22: „Was die Einzelheiten betrifft, so zeigt sich du Prel als einen anziehenden Schriftsteller und scharfsinnigen Kritiker. Sehr beachtenswerth ist seine Einleitung, wir meinen die Charge gegen dasjenige, was man gewöhnlich „der gesunde Menschenverstand" nennt.

Ernst Eckstein in:

„Unsere Zeit." Deutsche Revue der Gegenwart. Herausgegeben von Rudolph Gotschall. 11. Jahrgang. 24. Heft. 15. Dezember 1875.

„Auch direkt als theoretischer Philosoph ist du Prel für die Lehrsätze des Pessimismus in die Schranken getreten. So in der köstlichen Feuilleton-Serie: „Der gesunde Menschenverstand vor den

Problemen der Wissenschaft." (Berlin, Dunker.) du Prel bekundet in diesem Werke ein polemisches Talent, wie es seit Lessing nicht zermalmender und geistblitzender ausgeübt worden ist..... du Prel sucht in erster Linie den Standpunkt der freien Forschung zu wahren, indem er dem sogenannten gesunden Menschenverstande, der alle Dinge auf Erden so verteufelt klar findet, gründlich zu Leibe geht, und den kläglichen Patron nicht übel zerbläut und zerschunden vor die Thüre setzt. Diese Einleitung ist ein feuilletonistisches Meisterstück. Klare, durchdringende Logik verbindet sich hier mit der wunderbarsten ironischen Anmuth zu einer wahrhaft klassischen Wirkung."

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

Druck von Leopold & Bär in Leipzig

Werk.