

Der Erdmond

von

P. Hieronymus Felderer,

Professor, O. S. B.



Sarnen.

Druck von Jos. Müller.

1881.

Der Erdmond.

Ce que nous connaissons est peu de chose,
mais ce que nous ignorons est immense.
(Laplace.)

Von sämtlichen Himmelskörpern hat der Mond zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Erdbewohner am meisten gefesselt.

Durch die scheinbare Veränderung seiner Größe, durch seinen von Tag zu Tag wahrnehmbaren Gestaltenwechsel, durch das periodische Erscheinen und baldige Wiederver Verschwinden und durch die, auch mit unbewaffnetem Auge sichtbaren, hellen und dunkeln Stellen beschäftigte er die Phantasie weit mehr als die übrigen Gestirne, welche in stets unveränderter Gestalt tagtäglich um die Erde zu kreisen scheinen.

So finden wir denn bei verschiedenen Völkern über die dunkeln Flecken, welche das Gesicht des Mondes bilden, nicht dieselbe Anschauung.

In Indien glaubt man auf der Mondscheibe ein Reich zu erblicken, in Siam einen Mann und eine Frau, die einen Reishaufen ausschütten. Bei andern Völkern scheint, ohne Wechselverkehr, die Vorstellung entstanden zu sein, daß man im Monde einen Hasen sehe; zum Beweise ihres hohen Alters dient die Sanskritbenennung des Mondes, der „Hasenträger“.

Im Mittelalter ist, namentlich in Deutschland, von einem Manne im Monde die Rede, der zu verschiedenartig ausgeschmückten Sagen Veranlassung gegeben hat. Nach einer Tradition des Morgenlandes betrachtete man den Mond in den ältesten Zeiten als einen Spiegel, der uns das Bild der Erde reflektire. In Persien herrscht diese Vorstellung noch heutzutage. „Was wir dort im Monde sehen“, sagte ein Perser zu Humboldt, „sind wir selbst, es ist die Karte unserer Erde“.

Klarere Begriffe von dem Monde finden wir bei den griechischen Philosophen. Anaxagoras lehrte 450 v. Christus, daß der Mond eine andere Erde sei, mit tiefen Thälern und höheren Bergen als die damals bekannten Gebirge der Erde. Durch Aristarch wurde 300 v. Christus die richtige Erklärung der Zu- und Abnahme der Mondichel durch Veränderung der Sonnenbeleuchtung gegeben. Derselbe Aristarch war es auch,

der zuerst den Versuch machte, die Entfernung des Mondes von der Erde zu bestimmen; das Resultat, daß es bis zur Sonne 19mal weiter sei als bis zum Monde, war zwar bedeutend fehlerhaft, aber es bezeichnete doch für jene Zeiten, in welchen man geneigt war, Sonne und Mond für gleich weit entfernt zu halten, einen bedeutenden Fortschritt. Weiter als bis zu diesen ersten Grundlinien zu gelangen, war nicht wohl möglich, bis durch die Erfindung des Teleskops der Blick in neue Welten eröffnet wurde.

Mit Galilei begann für die Forschung der außerirdischen Körper eine neue Ära. Das Studium des Mondes wurde mit besonderm Eifer und vorzüglichem Interesse betrieben. Einerseits durfte ja dieses nächste Gestirn gleichsam als eine Brücke von der Erde in das Universum hinein betrachtet werden, über welche man den zahllosen Wundern des Schöpfers, die mit wachsender Kraft der künstlichen Sehinstrumente in immer neuen Schaaren aus den Tiefen des Himmels auftauchen, geistig näher zu treten glaubte; andererseits berechtigten die bei zunehmender Schärfe der Instrumente immer deutlicher hervortretenden Details der Mondoberfläche zur Hoffnung, daß durch genaue Forschung schließlich über die Natur unseres Begleiters helles Licht verbreitet werde.

Diese Voraussetzungen mußten jedoch bald als unerreichbar betrachtet werden; denn während der scheinbare Durchmesser der Fixsterne trotz der möglichsten Vergrößerung der Instrumente keiner Berechnung Zugang gewährte und so nur die undenkbar weite Entfernung dieser Sehobjekte bekundete, ist zwar für die Selenographie von den unermüdeten Mondbeobachtern Schröter, Lohrmann, Mädler, Schmidt und Neison in der That Großes geleistet worden, aber bezüglich der Selenologie, der Beschaffenheit des Mondes, konnte man zu keinen befriedigenden Resultaten gelangen. Selbst jene Fragen, welche man von Mädler, einem der berühmtesten

Mondforscher, früher als genügend beantwortet glaubte, wurden in neuester Zeit wieder als offene betrachtet.

Mit Hilfe möglichst vollkommener Instrumente führte die Forschung in den legt verfloffenen Jahren zu theilweise ganz neuen Anschauungen über die Natur des Mondes und dessen Wirkung nach außen.

Eine kurze Zusammenstellung der gegenwärtigen Ansichten über den Trabanten unserer Erde bildet den Zweck dieser Blätter.

Wir behandeln zuerst die physikalischen Elemente des Mondes, dann die physische Beschaffenheit desselben und endlich seinen Einfluß auf die Erde.

I.

Physikalische Elemente des Mondes.

Die physikalischen Elemente des Mondes begreifen die verschiedenen Daten in sich, welche über Gestalt, Größe, Dichtigkeit, Gewicht und Bewegung dieses Weltkörpers durch Beobachtung und Berechnung gefunden worden sind.

Bei voller Beleuchtung erscheint der Mond in hoher und niederer Stellung als vollkommener Kreis; daraus schließen wir auf die Kugelform desselben. Gehen wir aber von der Annahme aus, daß der Mond einstens im flüssigen Zustande sich befand, so müssen wir ihn als Sphäroid betrachten, dessen größere Axe nach dem Mittelpunkt der Erde hin gerichtet ist. Eine solche Form mußte die Anziehungskraft der Erde, die auf die zunächstgelegenen Theile des Mondes am stärksten wirkte, hervorbringen. Lagrange hat diese Gestalt aus der vollkommenen Uebereinstimmung der Rotation (Axiendrehung) mit der Revolution (Bewegung um die Erde) nachgewiesen, und Guffew fand als Ueberschuß der größeren halben Axe 0,07, eine verhältnißmäßig so geringe Differenz, daß bei der Berechnung der Monddimensionen die Formeln für die Kugel gebraucht werden können.

Zur Ermittlung der Größe des Mondes ist vorerst die Kenntniß seiner Entfernung von der Erde nothwendig. Diese wird aus der Mondparallaxe und dem Erdradius bestimmt. Unter Parallaxe kurzweg versteht man den Winkel, den zwei von den Endpunkten einer Standlinie nach einem Himmelspunkte gezogen gedachte Visirlinien einschließen. Die Mondparallaxe ist der Winkel, den die Verbindungslinien der Endpunkte des Erdradius am Mittelpunkte des Mondes bilden. Diese kann auf

verschiedene Weise gefunden werden. Wir führen hier nur die Methode von Richer und Lacaille an. An demselben Meridian messen zwei Beobachter, der eine nördlich und der andere südlich vom Aequator, die Zenithdistanzen des Mondes bei seiner Culmination. Vermindert man die Summe dieser Distanzen um die Summe der Polhöhen oder geographischen Breiten der beiden Beobachtungsorte, so erhält man als Differenz die sogenannte doppelte Höhenparallaxe des Mondes, d. h. den Schwinkel der Erdsehne zwischen den Beobachtern, vom Monde aus betrachtet. Diese Höhenparallaxe nimmt mit steigendem Monde ab und wird gleich Null, sobald der Mond an den Zenith kommt. Steht der Mond am Horizont, so ist seine Parallaxe am größten und wird Horizontalparallaxe genannt. Dieselbe wird dadurch ermittelt, daß man die doppelte Höhenparallaxe durch die Summe der Sinus der beiden Zenithdistanzen dividirt. Nach dieser Art der Berechnung fand man als mittlere Horizontalparallaxe einen Winkel von $57' 2,707''$. Bei den verschiedenen Entfernungen des Mondes von der Erde schwankt sie zwischen $53'$ und $62'$.

Bezeichnet man den Radius der Erde mit $r = 859,5$ geogr. Meilen, die mittlere Parallaxe mit $a = 57' 2,707''$ und die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde mit d , so ist in einem rechtwinkligen Dreiecke eine Kathete und der ihr gegenüberliegende Winkel bekannt, woraus die Hypotenuse nach der Formel: $d = r : \sin. a$ gefunden wird. Durch Rechnung erhält man für d den Werth von 51799,05 Meilen oder in runder Zahl 51800 Meilen. Die geringste Entfernung ist 48950 und die größte 54650 geogr. Meilen.

Ein weiteres Element zur Bestimmung der Größe des Mondes ist der scheinbare Durchmesser desselben. Man versteht darunter den Schwinkel des wahren Durchmessers oder den Winkel, welchen die Direktionslinien des Monddurchmessers im Auge des Beobachters bilden. Mit einem Teleskop, das mit einem Fadenkreuz versehen ist, wird er gefunden, indem man die Zeit des Durchganges der Mondscheibe über den senkrechten Faden genau beobachtet und das erhaltene Zeitmaß in das Bogenmaß reducirt. Bei mittlerer Entfernung des Mondes erhält man einen Winkel von $31' 6,62''$ als mittleren scheinbaren Durchmesser; folglich ist der scheinbare Mondradius $15' 33,31''$. Bezeichnet man diesen Winkel mit a und die Entfernung des Mondes von der Erde mit d , so ist der Mondradius r , als Kathete eines rechtwinkligen Dreieckes, dessen andere Kathete und der ihr anliegende Winkel bekannt sind, leicht zu bestimmen. Es ist $r = d \cdot \text{tang. } a = 51800 \times \text{tang. } 15' 33,31''$. Das Resultat ergibt 234,3 Meilen, wonach der Monddurchmesser in ganzen Meilen nach gegenwärtig allgemeiner Annahme 468 geogr. Meilen beträgt.

Nach bekannten geometrischen Formeln ist folglich:

$$\begin{aligned} \text{der Umfang} &= 2 r \pi = 1470 \text{ Meilen,} \\ \text{die Oberfläche} &= 4 r^2 \pi = 688085 \text{ } \square\text{-Meilen,} \\ \text{der Inhalt} &= \frac{4}{3} r^3 \pi = 53670692 \text{ Kb.-Meilen.} \end{aligned}$$

Da die Umfänge der Kugeln sich wie die Radien, die Oberflächen wie die Quadrate der Radien und die Volumina wie die Kuben derselben sich verhalten, so ist:

$$\begin{aligned} \text{der Umfang des Mondes} &= \frac{1}{3,67}, \\ \text{seine Oberfläche} &= \frac{1}{13,49} \text{ und} \\ \text{sein Volumen} &= \frac{1}{49,5} \end{aligned}$$

von den entsprechenden Größen unserer Erde.

Schwieriger ist die Ermittlung der Masse des Mondes. Vor der Auffindung des Gravitationsgesetzes durch Newton, den Vater der physischen Astronomie, war es unmöglich, die Masse der Himmelskörper zu bestimmen. Unter Zugrundelegung dieses Gesetzes, nach welchem die Anziehung zweier Körper in geradem Verhältnisse zu ihren Massen und im verkehrten Verhältnisse zu dem Quadrate ihrer Entfernung steht, können die Glieder unseres Sonnensystems auf verschiedene Weise gewogen werden. Für die Bestimmung der Mondmasse führen wir hier nur die Methode von Laplace an. Es ist bekannt, daß Sonne und Mond durch ihre Anziehungskraft eine Erhöhung des Meeresspiegels, die Fluth, bewirken. Diese erfolgt auf gleiche Weise, wie die sogenannten Störungen, d. h. die Abweichungen der Planeten von ihren regelmäßigen Bahnen, welche von der gegenseitigen Anziehung der Himmelskörper hervorgerufen werden. Die Störungen stehen im geraden Verhältnisse zu den störenden Massen und im verkehrten kubischen Verhältnisse ihrer Entfernungen. Es ist die solare Fluth nur 0,45 von der lunaren, die Sonnenmasse 354936 Erdmassen und das Verhältniß der Entfernung des Mondes und der Sonne von der Erde $\frac{1}{400}$. Es gilt folglich für m, die Mondmasse, die Proportion:

$$\begin{aligned} 1 : 0,45 &= m : 354936 \\ &= 400^3 : 1^3, \end{aligned}$$

$$\text{woraus } m = \frac{354936}{400^3 \times 0,45} = \frac{1}{81,12}$$

der Erdmasse wird.

Da die Dichtigkeit eines Körpers durch den Quotient aus Masse und Volumen ausgedrückt wird, so ergibt sich für die Monddichte: $\frac{1}{81,12} : \frac{1}{49,5} = 0,61$ der Erddichtigkeit.

Letztere zu 5,56 angenommen, erhält man für die Dichtigkeit des Mondes $5,56 \times 0,61 = 3,4$ von der Dichtigkeit des Wassers. Das Gewicht des Mondes ist somit $= 53670692 \times 7419,83^3 \times 1000 \times 3,4 = 74543$ Trillionen Kilogramm oder etwas über $74\frac{1}{2}$ Trillionen metrische Zentner.

Mitteltst der Masse des Mondes kann endlich auch seine Schwerkraft an der Oberfläche berechnet werden. In jedem kugelförmigen Körper wirken die Anziehungskräfte der einzelnen Moleküle so auf äußere Gegenstände, als ob die ganze Masse der Kugel in ihrem Mittelpunkte vereint wäre. Die Wirkung nach außen ist folglich nach dem Gravitationsgesetze zunehmend mit der Masse und abnehmend mit dem Quadrate der Entfernung des angezogenen Körpers. Bezeichnen wir die Schwerkraft mit v, das Verhältniß des Mondradius zum Erdradius mit r und die Mondmasse mit m, so ist

$$v = m : r^2 = \frac{1}{81,12} : \frac{1}{3,67^2} = 0,167 = \frac{1}{6}$$

von der Schwerkraft der Erde, und der Fallraum der ersten Sekunde ist gleich $4,9045 : 6 = 0,8174$ Meter. Nach der Formel zur Berechnung der Pendellänge: $l = g : \pi^2$, worin l die Pendellänge und g die Endgeschwindigkeit der ersten Sekunde angibt, ist auf dem Monde die durchschnittliche Länge des Sekundenpendels $= 2 \times 0,8174 : 3,1416^2 = 0,1657$ Meter, während sie auf der Erdoberfläche im Durchschnitt 0,9935 Meter beträgt.

Hieraus folgt der Schluß, daß irgend eine Kraft auf dem Monde 6mal wirksamer ist als auf der Erde. Ein Mann, der auf der Erde 50 Kilogr. zu tragen vermag, bewältigt mit der gleichen Anstrengung auf der Mondoberfläche 300 Kilogr. oder 6 Zentner. Eine mit der Geschwindigkeit von 500 Meter senkrecht in die Höhe geschossene Kugel, die auf der Erde 12743,4 Meter hoch steigt, erreicht auf dem Monde eine Höhe von 76460 Meter.

Uebergend zur Darstellung der Bewegung des Mondes, müssen wir vorerst seine Bahn etwas näher kennen lernen.

Der scheinbare Durchmesser des Mondes ist bald größer und bald kleiner, als er eingangs dieses Theiles angegeben wurde; folglich kann der Mond nicht immer gleich weit von der Erde entfernt sein; seine Bahn ist nicht ein Kreis, sondern eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde sich befindet. Die Excentricität dieser Bahn beträgt 0,05484 der halben großen Ase und die Neigung zur Ekliptik oder zur Erdbahn $5^\circ 8' 40''$. In Folge der Erdbewegung um die Sonne wird die elliptische Bahn des Mondes zu einer Cicloide, Radlinie, oder bildet vielmehr eine convege Curve.

Merkwürdige Punkte der Mondbahn sind: Das Perigäum d. i. der Punkt, welcher der Erde am nächsten liegt, und das Apogäum, der entfernteste Punkt von der Erde; ferner die Knoten, zwei einander gegenüberliegende Punkte, in welchen die Mondbahn die Ekliptik durchschneidet, und zwar der aufsteigende Knoten oder Drachentopf, wenn der Mond sich nach Norden, und der absteigende Knoten oder Drachenschwanz, wenn er sich nach Süden bewegt.

Beobachtet man die Stellung des Mondes und vergleicht sie mit der eines nahe dabeistehenden Fixsterns, so findet man, daß der Mond täglich eine gewisse Strecke zurückbleibt; er bewegt sich folglich von West nach Ost um die Erde, und es vergeht eine Zeit von 27 Tagen, 7 Stunden, 43 Minuten und 11,545 Sekunden, bis er wieder in der gleichen Stellung desselben Fixsterns erscheint; dieser Zeitraum ist der siderische Monat.

Der tropische Monat, die Zeit des Mondumlaufes in Bezug auf das Frühlingsäquinocium, ist um 6,865 Sekunden kürzer als der siderische, weil der Aequinoctialpunkt gegen Westen, also der Mondbewegung entgegengesetzt, fortschreitet.

Die Zeit von Neumond zu Neumond wird der synodische Monat genannt; seine Dauer beträgt 29 Tage, 12 Stunden, 44 Minuten und 2,864 Sekunden, ist also 2 Tage, 5 Stunden und 51,309 Sekunden länger als die siderische Umlaufzeit. Diese Differenz bewirkt die Bewegung der Erde. Der Mond legt nämlich in nahezu $27\frac{1}{3}$ Tagen 360° , folglich in einem Tage $13,2^\circ$ zurück, während die Erde in einem Tage um einen Grad ebenfalls von West nach Ost fortschreitet. Es entfernt sich also der Mond von der Erde (vom Neumond an gerechnet) täglich um $12,2^\circ$ und in etwas mehr als 29,5 Tagen um 360° . Folglich tritt er in dieser Zeit in Conjunction mit Sonne und Erde; es ist wieder Neumond.

Vom Perigäum zum Perigäum zu gelangen, braucht der Mond eine Zeit von 27 Tagen, 13 Stunden, 18 Minuten und 37,44 Sekunden. Diese Zeit wird der anomalistische Monat genannt; er ist 5 Stunden, 35 Minuten und 25,895 Sekunden länger als der siderische. In Folge der ungleichmäßigen Anziehung der Erde und Sonne zur Zeit der Opposition und Conjunction wird die Bahn des Mondes selbst geändert. Das Perigäum rückt von West gegen Ost vor und legt in einem Zeitraum von 8,8505 Jahren den ganzen Umfang von 360° zurück. Daraus erklärt sich die längere Dauer des anomalistischen Monats.

Da die Mondbahn nicht mit der Ebene der Ekliptik übereinstimmt, sondern nach obigen Angaben zu derselben eine Neigung von $5^\circ 8' 40''$ hat, die Anziehungskraft der Sonne aber von der Ekliptik her auf den Mond wirkt, so kommt dieser etwas früher zur Ekliptik, als dies sonst geschehen würde; es ändern sich folglich auch die Knotenpunkte der Mondbahn und zwar von Osten nach Westen. Dadurch wird die Zeit, in welcher der Mond vom aufsteigenden Knoten zu demselben wieder zurückkommt, kürzer als der siderische Monat und dauert nur 27 Tage, 5 Stunden, 5 Minuten und 35,81 Sekunden. Dieser Zeitraum wird der draconische Monat oder der Drachemonat genannt. Die Umlauf-

zeit der Knotenpunkte der Mondbahn um die Ekliptik, welche 18 Jahre, 218 Tage, 21 Stunden, 22 Minuten und 46 Sekunden dauert, ist unter dem Namen „das draconische Jahr“ bekannt.

Eine weitere Folge der fast beständig gleichen Neigung der Mondbahn zur Ekliptik und des Rückschreitens der Knotenpunkte ist, daß der Mond während eines draconischen Jahres ungleiche Deklinationen hat. Fällt der aufsteigende Knoten mit dem Frühlingsäquinocium zusammen, so erreicht sowohl die nördliche als südliche Deklination ein Maximum. Sie ist der Summe der Neigungen der Ekliptik zum Aequator und der Mondbahn zur Ekliptik gleich, beträgt also $23^\circ 27' 20'' + 5^\circ 8' 40'' = 28^\circ 36'$. Die Monddeklinatio n steht in ihrem Minimum, wenn der absteigende Knoten auf das Frühlingsäquinocium fällt und ist gleich der Differenz obiger Neigungen, d. i. $23^\circ 27' 20'' - 5^\circ 8' 40'' = 18^\circ 18' 40''$.

Während der Mond auf die angeführte Weise um die Erde kreist, dreht er sich nur einmal um seine Aze, so daß die Rotationszeit mit dem siderischen Monate genau übereinstimmt. Im Vergleiche zur Erdrotation ist diese Agedrehung des Mondes sehr langsam. Man gibt hievon die große Wirkung der Centrifugalkraft bei der schnellen Revolution und dem verhältnißmäßig kleinen Krümmungsradius der Mondbahn als Grund an. Da die Centrifugalkraft der Masse des bewegten Körpers proportional ist, so mußten die schwereren Massen des noch flüssigen Mondes nach der jenseitigen Hälfte desselben sich bewegen und müssen, nun erstarrt, den Mond in einer Stellung erhalten, daß sein Schwerpunkt, welcher nach den Berechnungen von Hansen 8 geogr. Meilen oder genauer 59000 Meter von dem geometrischen Mittelpunkte entfernt ist, jenseits des letztern liegt, wodurch uns stets die gleiche Mondseite zugetehrt ist. Zieht man jedoch in Erwägung, daß die Größe der Centrifugalkraft direkt proportional der Masse und dem Quadrate der Geschwindigkeit, aber indirekt proportional dem Krümmungsradius der Bahn ist, und berechnet man nach diesem Gesetze die Centrifugalkraft des Mondes, so ergibt sich ein bedeutend kleineres Resultat, als man für die Centrifugalkraft der Erde und der Jupitertrabanten erhält, bei welcher letzteren nach Secchi die Rotation mit der Revolution nicht übereinstimmt. Die Lage des Schwerpunktes und der davon abhängigen Stellung des Mondes zur Erde dürfte ihren Grund vielmehr in der Erdattraktion als in der Centrifugalkraft haben. Schon Laplace sagte: „Es wäre gegen alle Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß Rotation und Revolution bei ihrem Ursprunge vollkommen gleich waren, sondern es ist hinreichend, daß ihre ursprüngliche Differenz nur gering war; in diesem Falle stellte die Anziehung der Erde die Gleichheit her, welche zur Zeit besteht“. Dr. Schmicke bestätigt nicht bloß diese Ansicht, sondern

beweist auch, wie wir im zweiten Theile sehen werden, daß der Schwerpunkt des Mondes in Folge der Erdattraction auf der diesseitigen Halbkugel liegt.

Aus der Thatsache, daß der Erde stets dieselbe Mondseite zugekehrt ist, darf man nicht den Schluß ziehen, die ganze jenseitige Halbkugel sei unserem Blicke unzugänglich. Wir sehen von der Mondoberfläche 0,59, während der uns stets unsichtbare Theil derselben nur 0,41 beträgt. Der Grund hiervon ist die sogenannte Libration.

Die Revolution des Mondes ist im Perigäum am schnellsten und wird gegen das Apogäum hin immer langsamer; die Rotation dagegen bleibt sich stets gleich. Betrachtet man den Mond vom Perigäum ausgehend während eines Umlaufes, so sieht man, daß er im vierten Theile der Revolution mehr als den vierten Theil seiner Bahn zurücklegt, während er sich genau 90° um seine Aze dreht; man sieht folglich etwas über den westlichen Rand hinein. Im Apogäum angekommen, hat der Mond die Hälfte des Weges zurückgelegt und die halbe Drehung vollendet; er zeigt sich unserem Auge wieder genau so, wie vom Perigäum aus. Nach $\frac{3}{4}$ Monaten hat er noch nicht $\frac{3}{4}$ seiner Bahn zurückgelegt, wohl aber $\frac{3}{4}$ seiner Umdrehung vollendet; unserm Blicke öffnet sich ein weiteres Feld gegen Osten hin. Dieses weitere Sichtbarwerden des westlichen und östlichen Theiles der Mondoberfläche nennt man Libration der Länge; sie beträgt im Maximum $7^\circ 53'$ auf jeder Seite.

Die Mondage bildet mit der Ebene der Mondbahn einen Winkel von $83^\circ 22'$, folglich hat der Mondäquator zu dieser Ebene eine Neigung von $6^\circ 38'$. Daher kommt es, daß wir über den Nordpol hinübersehen, wenn er uns zugewendet ist. Ist er aber von uns abgewendet, so eröffnet sich uns ein neues Gesichtsfeld über den Südpol hinaus. Diese von der Neigung der Mondage zu seiner Bahn herrührende scheinbare Schwankung wird Libration der Breite genannt; sie erreicht eine Größe von $6^\circ 47'$ im Norden und Süden.

Endlich sieht man von verschiedenen Stellen der Erde aus nicht den ganz gleichen Theil der Mondoberfläche, und diese, blos vom Standort auf der Erde abhängende, scheinbare Verschiebung nennt man die parallaktische Libration, die bis auf 61 Bogenminuten nach jeder Seite hin steigen kann.

Das ist das hauptsächlichste von den Elementen des Mondes, was zum bessern Verständnisse der folgenden Erörterungen vorausgeschickt werden mußte.

II.

Physische Beschaffenheit des Mondes.

Diese Aufschrift begreift von dem Monde alles in sich, was wir auf unserer Wohnstätte mit dem Namen Topographie, Geologie und Meteorologie bezeichnen. Wir lassen hier einer kurzen Beschreibung der Mondoberfläche die verschiedenen neuern Ansichten über die Bildung derselben, sowie über die Atmosphäre, Beleuchtung und Temperatur des Mondes folgen und führen schließlich die Resultate der Forschung über gegenwärtige Veränderungen an der Oberfläche und deren Bewohnbarkeit an.

Mit unbewaffnetem Auge erblickt man auf dem Monde ein Gemisch von hellen und dunkeln Flecken in unregelmäßigen Formen. Durch das Teleskop treten diese hellen und dunkeln Stellen vom blendendsten Weiß bis zum tiefsten Grau oder grünlich Grau deutlich nach Umfang und Form hervor und zeigen genau bemerkbare Grenzen gegen einander, die größtentheils der runden Form sich nähern. Die verschiedenen Formationen können in 5 Hauptklassen eingetheilt werden: in Ebenen, Ringgebilde, Berge, Kissen und Lichtstreifen.*)

1. Die Ebenen, welche mehr als die Hälfte der Mondoberfläche einnehmen, sind theils dunkel, theils hell. Die dunkeln hielt man früher für Gewässer. Die größeren wurden Meere, und ihre in die Gebirge einschneidenden Theile Bufen genannt, während die kleinern den Namen See oder Sumpf erhielten. Diese Bezeichnungen sind auch in den neuesten Mondkarten beibehalten worden. Mit scharfen Teleskopen bemerkt man auf diesen Ebenen zahlreiche Hügel und Dämme, wellenförmige Erhöhungen und Vertiefungen, sowie kleine Kraterhöhlungen. Die bedeutendsten, mit freiem Auge sichtbaren und mit bewaffnetem Auge bei gemäßigter Vergrößerung unterscheidbaren, dunkeln Stellen sind folgende: Der oceanus procellarum, der den größten Theil der nordöstlichen Mondscheibe einnimmt; er liegt zwischen dem $30.^\circ$ und $80.^\circ$ östlicher Länge und dem $20.^\circ$ südlicher und $45.^\circ$ nördlicher Breite. Im Norden vereinigt er sich durch den sinus roris mit dem mare frigoris und im Nordwest hängt er mit dem mare imbrium zusammen. Westlich von letzterem liegt das mare serenitatis, über welchem aufeinander folgend

*) Da wir nicht in der Lage sind, diesen Blättern eine Mondkarte beilegen zu können, führen wir nur jene Theile der Mondoberfläche mit annähernden Positionsangaben an, die auch mit geringer Vergrößerung leicht gefunden werden können. Zur bessern Orientirung sei bemerkt, daß die im ersten Viertel beleuchtete Mondseite die westliche und die im letzten Viertel beleuchtete die östliche ist.

die lacus somniorum und mortis sich befinden. Südwestlich vom mare serenitatis erstreckt sich das mare tranquillitatis im Südwesten bis zum mare nectaris und im Westen bis zum mare fecunditatis, der dunkeln Fläche nahe am äußersten westlichen Rande der Vollmondscheibe. Nördlich davon ist von hohen Bergen eingedämmt das beinahe ganz runde mare crisium, das tiefste von allen Meeren. Diesem diametral gegenüber, fast am südöstlichen Rande liegt das kleinste der Meere, das mare humorum, welches im Norden nur leicht vom oceanus procellarum getrennt ist. Das mare nubium bildet den südwestlichen Theil des oceanus procellarum. Auffallend sind außer den genannten dunkeln Flecken noch: der sinus medii im Centrum der Mondscheibe und das mare vaporum in der Mitte zwischen dem sinus medii und dem mare serenitatis. Die dunkeln Stellen sind am zahlreichsten im Norden, Nord-Ost und Nord-West, kleiner und schärfer umgrenzt gegen das Centrum und Süd-West, und fehlen gänzlich in den südlichen Breiten. Im scheinbaren Gesicht des Mondes bildet das mare imbrium das rechte und das mare tranquillitatis das linke Auge, das mare nubium den Mund und das mare vaporum die Nase. Die Schattierungen der rechten Seite und zwischen den Augenbrauen bezeichnen der Reihe nach die Lage des oceanus procellarum und des mare serenitatis.

Die hellen Mondebene sind bedeutend kleiner und bei weitem nicht so zahlreich als die dunkeln. Wegen der Ähnlichkeit der Farbe mit den sie umgebenden Gebirgen sind sie nicht besonders auffallende Theile der Mondoberfläche. Die größte dieser Ebenen zieht sich zwischen dem mare crisium und dem mare tranquillitatis nördlich bis zum 52. Grad. Eine kleinere dehnt sich nördlich vom mare crisium am Rande der Mondscheibe gegen Norden hin aus und eine dritte liegt östlich vom sinus medii.

2. Ringgebilde nennt man alle runden Mondformationen, die mit schwachen Instrumenten beobachtet den vulkanischen Kratern der Erde ähnlich scheinen. Sie werden unterschieden in Wallebenen, Ringgebirge und Krater.

Wallebenen werden jene runden Flächen genannt, welche 10 bis 30 geogr. Meilen Durchmesser haben und mit einem Walle von mäßiger Höhe umgeben sind. Das Innere der Wallebenen ist meistens verhältnißmäßig eben und ohne bedeutende Vertiefung, während der Wall größtentheils aus einem System von Bergketten besteht, die durch Thäler getrennt und von Schluchten durchkreuzt werden.

Die Ringgebirge unterscheiden sich von den Wallebenen durch den geringeren Durchmesser, der ungefähr 2 bis 10 geogr. Meilen beträgt, und durch die größere Erhebung der kreisförmigen, meistens schroff aufsteigenden und in seltenen

Fällen doppelten Umwallung. Bei einer großen Anzahl der Ringgebirge erhebt sich in der Mitte der vertieften Fläche ein kegelförmiger Berg, Centralberg genannt, der nie die Höhe des Walles erreicht. Einige Ringgebirge schließen sogar zwei und mehrere Centralberge ein. Die höchsten dieser Innengebirge erreichen eine Höhe von 4000 bis 5000 Fuß, während die sie umgebenden Wälle vom tiefsten Punkte des Innern aus gemessen 12000 und 16000 Fuß hoch sind. Sehr häufig liegt selbst die äußere Fläche höher als die Spitzen der Centralberge. Sind die Wälle der Ringgebirge unterbrochen und in einzelne Berge zerlegt, so nennt man sie Bergkränze.

Die Anzahl der Ringgebirge ist sehr groß. Sie kommen hauptsächlich in den südlichen Breiten in so dichtem Gedränge vor, daß sie sich sehr häufig in ihren Außenwällen berühren. Der Raum dieser Spalten erlaubt es nicht, mehrere dieser interessanten Mondgebilde zu beschreiben; wir führen beispielweise nur folgende an. Das große Ringgebirg Copernicus, 20 Grad östlich vom mare vaporum, auf der dritten oben erwähnten lichten Ebene, hat 12 geogr. Meilen Durchmesser; sein Wall erhebt sich 10584 Fuß über das Niveau der innern Ebene und 2478 Fuß über die äußere Umgebung. In der Mitte steht eine Gruppe von Centralbergen, worunter 3 über 2400 Fuß hoch sind. 20 Grad westlich von Copernicus im oceanus procellarum ist das strahlende Ringgebirg Kepler, der hellste Punkt im Vollmonde; er hat eine Höhe von 9400 Fuß. Das Ringgebirg Tycho, 12 Grad östlicher Länge und 42 Grad südlicher Breite gelegen, hat einen Walldurchmesser von $11\frac{3}{4}$ geogr. Meilen; seine Höhe beträgt 16662 Fuß. Im Centrum des Kessels erhebt sich ein Berg von 8000 Fuß Höhe. Dieses Ringgebirge ist einer der merkwürdigsten Punkte der Mondoberfläche, nicht so fast seiner Dimensionen wegen, als vielmehr wegen der zahllosen hellen Streifen, die von ihm aus über 100 Meilen weit sich nach allen Richtungen hin erstrecken. Eine Kuppel im Walle des Ringgebirges Curtius, nahe am Südpol des Mondes, hat nach Zul. Schmidt eine Höhe von mehr als 27000 Fuß und bildet die höchste Erhebung auf der Mondoberfläche.

Die dritte Art der Ringgebilde, die Krater, sind jene kreisförmigen Gebilde, deren Durchmesser weniger als 2 geogr. Meilen beträgt. Große Helligkeit und bedeutende Tiefe ist ihr charakteristischer Zug. Wenn sie eine wallförmige Erhebung haben, werden sie kleine Krater genannt, zum Unterschiede der Gruben, bei welchen kein erhöhter Rand bemerkbar ist. Die Zahl der Krater ist von Zul. Schmidt auf 100000 geschätzt. Sie erscheinen sowohl in den dunkeln und lichten Ebenen, wie auch innerhalb und außerhalb der Wallebenen, der Ringberge und deren Abhänge, oder liegen an verschiedenen Stellen kettenweise nebeneinander.

3. Berge nennt man diejenigen Erhöhungen, welche mit den gleichbenannten Formationen der Erde Aehnlichkeit haben, wie Gebirgsketten, Hochländer, Bergspitzen, Bergadern und Berggrücken. Die Bergketten sind auf dem Monde weit seltener und auf viel kürzere Strecken ausgedehnt als auf der Erde. Ihre Spitzen, die größtentheils domförmig sind, erreichen eine Höhe von 15000 bis 20000 Fuß. Die auffallendsten sind: Die Karpathen und Apenninen am südlichen und südwestlichen Ende des mare imbrium, die Alpen an der nordwestlichen Grenze desselben. Die Apenninen und Alpen, durch welche der mittlere Meridian geht, gewähren zur Zeit des Halbmondes durch ihre beleuchteten Gipfel einen sehr interessanten Anblick. Wie die angeführten Gebirgsketten um das mare imbrium, so erscheinen der Kaufasus im Nordost, das Hämus-Gebirge im Südost und der Taurus im Westen gleichsam als Reste eines ungeheuer großen Walles um das mare seronitatis.

4. Ganz verschieden von den angeführten Mondformationen sind die Rillen. Man bezeichnet mit diesem Namen lange, schmale, tiefe Furchen, welche gewöhnlich gradlinig, seltener in sehr mäßigen Krümmungen, öfters sogar mehrere ganz nahe bei einander parallel durch Ebenen und Gebirgslandschaften, durch ziemlich steile Berge und Kratergruben hinziehen. Im Vollmonde zeigen sie sich dem Beobachter durch sehr starke Teleskope als glänzende Lichtlinien, bei schief auffallenden Sonnenstrahlen aber als dunkle Fäden. Von ungefähr 1000 Rillen, die man bis jetzt gesehen hat, wird meistens kein besonderes Hervortreten des Anfanges und Endes bemerkt; in einigen Fällen gehen sie von einem Krater aus und verlieren sich in einer Ebene.

5. Die merkwürdigsten Erscheinungen der Mondoberfläche sind die Lichtstreifen oder hellen Strahlen. Dieselben bilden fast ausnahmslos Strahlensysteme, die in größerer oder kleinerer Entfernung von Ringgebirgen, als Mittelpunkt, ausgehen, radial sich ausbreiten und bei hohem Sonnenstande so sehr leuchten, daß man in den von ihnen durchzogenen Gegenden gar nichts anderes wahrnimmt. Sie erstrecken sich viele Meilen weit über Ebenen, Krater, Berge, Thäler und alle Formationen ohne Unterschied, in keiner Weise sich verändernd. Ihre Breite beträgt meistens 3 bis 4 geogr. Meilen. —

Aus diesen kurzen, allgemeinen topographischen Angaben ist ersichtlich, daß die Formationen des Mondes von jenen unserer Erde bedeutend abweichen.

Es fragt sich nun, wie dieselben entstanden sind.

Mit dieser Frage haben sich die Naturforscher in jüngster Zeit mit vorzüglichem Fleiße beschäftigt; eine einstimmige Antwort ist jedoch noch nicht erfolgt.

Bevor wir die verschiedenen Ansichten hierüber anführen,

müssen wir uns mit der Basis, auf welcher sie aufgebaut sind, mit der Theorie über die Entstehung des Sonnensystems, vertraut machen.

Die Naturforscher sind gegenwärtig darüber einig, daß unser Sonnensystem im Laufe der Zeit aus einem Nebelfleck, dessen Masse ursprünglich im Zustande der höchsten Verdünnung im Raume gleichmäßig vertheilt war und weit über die Grenzen des gegenwärtigen Planetensystems hinausreichte, sich durch allmähliche Verdichtung entwickelt habe. Es wird angenommen, daß dieser ursprüngliche Gasball außer seiner Fortbewegung im Raume noch eine Rotation von West nach Ost um seinen Schwerpunkt gehabt habe. Die einzelnen Theile wirkten anziehend auf einander, und aus der Summe dieser anziehenden Kräfte entstand das Bestreben aller Theile, nach einem centralen Punkte zu gravitiren. Dadurch trat eine Verdichtung der Nebelmasse ein, wobei nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie die Temperatur der Masse nach innen zunahm, während die äußern Theilchen durch Ausstrahlen von Wärme in den unermesslichen Raum sich nach und nach abkühlten. Bei fortdauernder Verdichtung wuchs die anfangs sehr kleine Rotationsgeschwindigkeit, welche eine Vergrößerung der Centrifugalkraft zur Folge hatte. Sobald letztere der Anziehungskraft des Kerns gleichkam, lösten sich von der sich zusammenziehenden Masse die äußersten Theile ab und bildeten eine Anzahl Ringe, die mit dem centralen Kern concentrisch waren und um ihn rotirten. Durch die Störungen der gegenseitigen Anziehungen bei ungleichen Rotationsgeschwindigkeiten zerrissen diese Ringe, und ihre Theile bildeten, dem Gesetze der Anziehung folgend, isolirte Massen, die zuerst immer dieselbe Seite dem Hauptkern zuekehrten und im Sinne des Ringes sich bewegten, später aber bei der Zusammenziehung durch Abkühlung, in Folge der größten Geschwindigkeit der entferntesten und der geringsten Geschwindigkeit der nächsten Theile, eine Rotation um den eigenen Schwerpunkt annehmen mußten. Denn die Geschwindigkeit an den entferntesten Theilen war größer und an den nächsten kleiner als am Schwerpunkte, folglich eilten ihm jene voraus und diese blieben hinter ihm zurück, es entstand eine Rotation. Diese Kugeln hatten noch eine so hohe Temperatur, daß sie sich im gasförmigen Zustande befanden. Es trat bei ihnen wieder der gleiche Vorgang ein, durch welchen ihre Abtrennung von dem centralen Sonnennebel erfolgte. Es bildeten sich Ringe zweiter Ordnung, deren einige fortbestanden, wie wir es bei Saturn sehen, während andere sich auflösten und den verschiedenen Trabanten ihr Dasein gaben.

Ueber den Ursprung der Nebelmasse und deren Bewegung zu forschen wäre vergeblich. Mit Newton erkennen wir darin den Finger Gottes. Die letzten Ursachen bleiben jeder rein

naturwissenschaftlichen Betrachtung verborgen. Es liegen hier Thaten der göttlichen Freiheit und Macht vor, die kein mathematischer Verstand aus Naturgesetzen nachkonstruiren kann.

Diese Theorie, von Laplace aufgestellt und von Hinrichs und Roche mit den Grundsätzen der Mechanik in bester Uebereinstimmung befunden, gebietet hohe Achtung, weil sie die meisten Thatfachen in einfacher Weise erklärt, den höchsten Principien der Wahrheit nicht widerspricht, von ernstern Wahrheitsforschern mit dem, was uns die göttliche Offenbarung über das Schöpfungswerk lehrt, vereinbar gefunden und endlich durch Plateau experimentell nachgewiesen worden ist. Dieser berühmte Naturforscher brachte in eine Mischung von Wasser und Weingeist eine kleine Menge Olivenöl von genau derselben Dichte. Das Öl, welches dadurch dem Einflusse der Erdschwere entzogen war, ballte sich sofort in Folge der Cohäsion zu einer Kugel. Plateau steckte einen mit einem dünnen Scheibchen versehenen Stift so durch die Deltugel, daß das Scheibchen in der Mitte derselben war und der Stift eine Axe der Kugel vorstellte. Hierauf versetzte er die Axe und mit ihr die Deltugel in rasche Umdrehungen, und die Kugel plattete sich an den Polen ab. Bei schnellerer Bewegung trennte sich vom Aequator ein flacher Ring ab, der bei noch beschleunigter Geschwindigkeit in einzelne Kügelchen zerfiel, die sich kreisförmig um die centrale Kugel bewegten und um den eigenen Schwerpunkt sich drehten. Hier haben wir ein vollständiges Bild der Entstehung der Planeten und einen trefflichen Beweis obiger Theorie vor Augen.

Hiernach hat sich der Mond von der Erde zu einer Zeit abgelöst, als diese noch ihrer ganzen Masse nach in heißem, gasförmigen oder zähflüssigen Zustande war. Daraus folgt unmittelbar, daß der abgelöste Mond im Beginne seiner individuellen Existenz die gleiche Temperatur und den gleichen Aggregatzustand hatte wie die Erde. Der Abkühlungs- und Erstarrungsprozeß mußte aber bei dem Monde viel rascher vor sich gehen als bei letzterer. Denn bei Kugeln von verschiedener Größe ist bei übrigens gleichen Umständen die Wärmeausstrahlung mit der Größe der Oberfläche zunehmend, während die wärmebewahrende Kraft mit der Größe des Volumens wächst. Wie wir im ersten Theile gesehen, ist die Oberfläche des Mondes fast viermal größer als sein Volumen im Verhältnisse der entsprechenden Dimensionen der Erde; folglich kühlte sich der Mond ungefähr viermal schneller ab als die Erde.

Ueber die Bildung der Mondformationen während der allmählichen Abkühlung und Erstarrung sind in den letzten Jahren drei Hypothesen aufgestellt worden. Nach der ersten fand die Bildung der Mondoberfläche statt durch vulkanische Eruption, nach der zweiten durch kosmische Irruption und nach der dritten durch terrestrische Attraction.

1. Wegen der großen Aehnlichkeit sehr vieler Mondgebilde mit den Kratern tellurischer Vulkane gewannen viele Naturforscher die Ueberzeugung, daß die Bildung der Mondoberfläche ein Resultat vulkanischer Eruption sei. Mächtige Vertreter fand diese Hypothese in jüngster Zeit an den englischen Astronomen Maskyth und Carpenter. Diese unermüdblichen Mondbeobachter weisen nach, daß schmelzbare Substanzen größtentheils, namentlich die vulkanische Materie, in ihrem geschmolzenen Zustande specifisch schwerer sind als im festen, oder daß sie sich beim Schmelzen zusammenziehen und beim Erstarren ausdehnen. Gegenüber der Ansicht früherer Forscher, Dämpfe oder expansive Gase als treibende Kraft anzunehmen, bildete nach Maskyth und Carpenter diese Ausdehnung beim Erstarren in Verbindung mit der Zusammenziehung des Volumens bei der Abkühlung den Hauptfaktor bei der Entstehung der verschiedenen Theile der Mondoberfläche.

Durch fortwährende Ausstrahlung von Wärme in den kalten Raum mußte die Oberfläche zuerst erstarren und eine feste Schale bilden, welche einen mehr oder weniger flüssigen Kern einschloß. Sobald dieses Innere zunächst an der starren Hülle dem Festwerden nahe kam, dehnte es sich aus, zersprengte die feste Schale, weil für die Ausdehnung kein Raum übrig war, und wurde, je nach den Umständen, mit größerer oder geringerer Heftigkeit herausgeworfen. Durch dieses Ausströmen mußte die Schale verhältnißmäßig zu groß werden, so daß sie die Innenmasse nicht an allen Punkten berührte. Die Folge davon war, daß diese noch nicht sehr dicke Hülle, dem Bestreben der eingeschlossenen Masse sich anzuschließen folgend, sich abwechselnd in Erhöhungen und Vertiefungen zusammenzog, oder wellenförmig faltete, oder aber theilweise übereinanderschob. So entstanden die kleinern Unebenheiten der Mondoberfläche.

Bei fortschreitender Zunahme der festen Schale an Dicke mußte die auswerfende Kraft wachsen und die flüssige Masse wegen des geringen Fallraumes und der Widerstandlosigkeit einer Atmosphäre viel weiter fortgeschleudert werden, als bei den irdischen Vulkanen. Demnach glauben Maskyth und Carpenter die Bildung der enormen Anzahl größerer und kleinerer Krater, der Ringgebirge, der Berge und Gebirgsketten, sowie der Lichtstrahlen und Rillen von vulkanischen Ausbrüchen herleiten zu dürfen.

Durch eine kleine Oeffnung der festen Mondkruste fand die eingeschlossene Materie ihren Ausgang und bildete, wenn die auswerfende Kraft klein war, eine Anschwellung oder einen kleinen Hügel. War bei dem ersten oder irgend einem spätern Ausbruche die ejektive Kraft groß, so erweiterte sich die ganze Röhre, an der Oeffnung wurde die feste Materie zertrümmert und fortgeschwemmt, und es entstand am Ausflusse eine trichter-

förmige Höhlung, der sogenannte Krater. Die ausströmende Materie, welche am Grunde des Kraters radiale Richtung annahm, wurde weit über die Oberfläche hinausgeschleudert und fiel zum Theil in den Trichter zurück, größtentheils aber lagerte sie sich auf der Umgebung des Beckens und bildete den Anfang des Walles. Bei längerer Dauer eines Ausbruches, oder bei Wiederholung desselben wurde sowohl der Krater in der Breite und Tiefe, als auch der Wall in der Höhe vergrößert. Erfolgte auf eine sehr heftige Eruption eine weniger heftige, so brachte letztere einen Wall von kleinerem Durchmesser hervor; es bildete sich ein Krater mit doppelter Umwallung.

Bei allmählicher Abnahme der auswerfenden Kraft konnte die Materie nicht mehr über den Rand des Kraters hinausgeschleudert werden. Sie fiel in den Krater zurück, häufte sich am Grunde desselben an und zwar um so näher an der Mündung, je schwächer die Auswurfskraft wurde; dadurch entstand eine Erhöhung, ein sogenannter Centralkegel.

Es ist möglich, daß bei diesem langsamen Ausströmen die Krateröffnung verstopft wurde, die Materie an einer oder mehreren minder widerstandsfähigen Stellen zum Durchbruch kam und so neue Kegel bildete; in diesem Falle konnten, wenn die Widerstandsfähigkeit groß war, wieder heftigere Eruptionen erfolgen und an der Stelle der Kegel kleine Krater entstehen.

An den Kratern, in welchen kein Kegel sichtbar ist, wurde entweder die Eruption plötzlich unterbrochen oder die ausfließende Masse stieg so hoch, daß sie den Kegel überschwemmte, ja in seltenen Fällen sogar den ganzen Krater füllte und über den Wall hinausfloß.

Wie die Centralkegel der Ringgebirge sind, nach Nasmyth und Carpenter, auch die Berggipfel und Bergketten gebildet worden. Verhältnißmäßig langsam floß Materie aus einem kleinen Schlunde hervor und erstarrte um diesen herum. Der Eruptionskanal blieb offen und wurde gleichzeitig mit der erstarrten Masse länger, ähnlich wie in einer Fontaine bei sehr großer Kälte das herabfallende Wasser zu einem stets wachsenden Eishügel gefriert, der über den Ausfluß emporragend der Flüssigkeit eine Oeffnung läßt und bei andauernder Kälte zu einem massiven Kegel sich ausbildet, dessen Größe von der Treibkraft des Wassers abhängig ist.

Taucht man eine mit Wasser gefüllte und hermetisch verschlossene Glaskugel in warmes Wasser, so übt das eingeschlossene Wasser, weil es sich schneller ausdehnt als das Glas, einen so großen Druck auf die Kugel aus, daß diese am schwächsten Punkte zerspringt; von der Sprungstelle aus ist eine große Anzahl von Rissen nach jeder Richtung hin sichtbar. Wegen der auffallenden Aehnlichkeit der Lichtstreifen des Mondes mit

jenen Rissen wird die Entstehung derselben von Nasmyth und Carpenter ähnlichen Ursachen zugeschrieben. Die gleiche Kraft, welche einen Krater bildete, sprengte von diesem aus, als Centrum, die Mondkruste strahlenförmig; die darunter lagernde, flüssige Materie floß sogleich den ganzen Riß entlang hervor und trat zu beiden Seiten über, so daß die Streifen viel breiter wurden, als die ursprünglichen Spalten waren.

Dieselbe Ursache, welche die Lichtstreifen hervorbrachte, konnte in Verbindung mit dem Zusammenziehen der Kruste beim Abkühlen die Mondrillen gebildet haben. —

Wäre die Ausdehnung vieler kreisförmiger Gebilde des Mondes nicht so außerordentlich groß und die Anzahl derselben stellenweise nicht so überraschend, so böte die vulkanische Hypothese keine unlösbare Schwierigkeit dar. Allein Nasmyth und Carpenter selbst wagen es nicht die Entstehung der Wallebenen, eines so umfangreichen Theiles der Mondoberfläche, auf vulkanische Kräfte zurückzuführen; einerseits, weil sie keine Centralkegel besitzen, und anderseits wegen ihrer großen Ausdehnung. Letztern Grund dürfte man wohl auch bezüglich der größern Ringgebirge gegen die Vulkanisten vorbringen. Bei der Bildung der Ringgebirge von 10 Meilen Durchmesser und darüber hätte die ausgeworfene Materie über 5 geogr. Meilen weit nach allen Richtungen der Windrose hinfliegen und eben so hoch steigen müssen. Ungeachtet der großen Projektionskraft, die aus angeführten Gründen auf dem Monde wirkte, ist es doch kaum annehmbar, daß eine zähflüssige Masse, die sich durch eine verhältnißmäßig enge Spalte hindurchdrängen mußte, zu solcher Höhe emporgeschleudert werden konnte. Eben so schwerwiegend gegen diese Hypothese spricht die überaus große Anzahl der Ringgebirge, der Krater und kleinen Krater, mit denen die Mondoberfläche besät ist und zwar an vielen Stellen so dicht, daß sie neben einander gar nicht Platz finden, sondern in einander übergreifen müssen. Es ist schwer zu begreifen, warum nach der Bildung eines Kraters in nächster Nähe zwei, drei oder mehrere andere Krater gebildet werden mußten, da das flüssige Mondinnere doch durch die bereits vorhandene Oeffnung am leichtesten emporquellen konnte.

Da nach der vulkanischen Theorie viele Mondformationen gar nicht, andere nur unbefriedigend erklärt werden können, so ist die Beschaffenheit der Mondrinde noch ein Problem, dessen endgiltige Lösung aussteht. Die Hieroglyphe, von welcher Mädler bei Erklärung des Ringgebirges Aristoteles spricht, ist noch nicht entziffert. In dieses geheimnißvolle Dunkel hat in neuester Zeit ein gewisser Asterios Licht zu verbreiten gesucht durch Aufstellung der kosmischen Hypothese oder durch Erklärung der Gebilde auf der Mondoberfläche durch kosmische Eruption.

2. In der Zeitschrift *Sirius* erschien im Jahre 1877 Seite 180 von A. Meydenbauer folgendes: „Aus irgend einem staubförmigen Körper (Dextrin ist sehr geeignet) mache man sich auf einer Unterlage eine etwa 2 cm. hohe Schicht, streiche dieselbe glatt und lasse von einer Messerspitze aus einiger Höhe kleine Mengen desselben Körpers auf die Schichte herabfallen: Die Fallspuren stellen die Mondgebilde sammt und sonders bis auf die Strahlensysteme in einer Vollkommenheit dar, welche die bisher geltende Vulkantheorie als schwer begreiflichen Irrthum zeichnet.“

Der Gedanke, die Bildung der Mondoberfläche sei äußern Einflüssen zuzuschreiben, war also schon ausgesprochen, als Asterios 1879 mit der Ansicht in die Oeffentlichkeit trat, daß alle die kreisförmigen Gebilde, welche der Mondoberfläche ihr charakteristisches Gepräge aufdrücken und ihr ein von der Erdoberfläche so verschiedenes Aussehen verleihen, daß all' die Wallebenen und Ringgebirge, die cylindrischen Schlinde und Abgründe, die kleinern Krateröffnungen und Gruben, vielleicht sogar die Meere, sofern sie gerundete, schroffe Ufer zeigen, durch den Herabsturz kleinerer oder größerer kosmischer Körper entstanden sind. „Sphärische Weltkörper von kleineren Dimensionen als der Mond waren es“, schreibt Asterios, „die mit ihm zusammenstießen und seiner Oberfläche diese Gestalt gaben.“

Woher kamen diese Körper in so großer Zahl, in so verschiedener Ausdehnung, wird man sich vor allem fragen, daß sie solche Spuren auf dem Monde zurückließen?

Man betrachtet gegenwärtig wohl allgemein die Asteroiden als kleine, mit planetarischer Geschwindigkeit sich bewegende Massen, die im Weltraume nach den Gesetzen der allgemeinen Schwere, einzeln sowohl, wie auch in Schwärmen und Ringen um die Sonne kreisen; es ist bekannt, daß einige dieser Körper in den Bereich der Anziehungskraft der Erde kommen, als leuchtende Kugeln von bedeutender Ausdehnung (Feuerkugeln) sich rasch am Himmel hinkewegen, oft einen feurigen Schweif Sekunden lang zurücklassen, nicht selten mit mehr oder weniger lauter Detonation in der Erdatmosphäre zerplagen und als Meteorite oder Aërolithe zur Erde niederfallen. Die zahlreichen Ueberlieferungen von Steinfällen und Steinregen aus dem Alterthum dürften darauf hindeuten, daß solche Erscheinungen in den früheren Jahrtausenden häufiger vorkamen, als in der neuern Zeit.

Unvergleichlich größer ist die Zahl jener Asteroiden, welche unter dem Namen Sternschnuppen plötzlich auftauchen, als weiße, sternartige Funken rasch am Himmel hinschießen und eben so plötzlich wieder verschwinden. H. N. Newton schätzt die täglich auf der ganzen Erde mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Sternschnuppen auf $7\frac{1}{2}$ Millionen und auf 400

Millionen, wenn man den ganzen Himmel gleichzeitig mit starken Teleskopen beobachten könnte.

Mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 20 Meilen bewegen sie sich in zahlreichen Schwärmen um die Sonne in elliptischen Bahnen, welche die Erdbahn durchschneiden; jene des Laurentius-Stromes z. B. an dem Punkte, an welchem die Erde anfangs August ist.

Die Möglichkeit einer Collision der genannten Körper mit dem Monde wird man kaum in Abrede stellen können.

Einen fernern Borrath von Weltkörpern glaubt Asterios nach der Theorie von Laplace in nächster Nähe des Mondes suchen zu dürfen. Nach dieser Theorie und dem Plateau'schen Experiment kann sich von der Erde ein Ring losgetrennt haben; derselbe löste sich bei der Abkühlung in eine Anzahl sphärischer Massen auf, welche um so schneller erstarrten, je kleiner sie waren. Diese Körper setzten ihre Circulation fort, bis einer von ihnen, der Mond, mächtig genug war, nach und nach durch Attraction die andern alle mit sich zu vereinigen.

An Material fehlte es also nicht, die Bildung der Mondoberfläche äußern Einflüssen zuschreiben zu können.

Sehen wir nun, wie nach Asterios die verschiedenen Formationen entstanden sind.

Die Wirkung einstürzender Körper war in den verschiedenen Bildungsperioden des Mondes nicht dieselbe. In der ersten Periode, in welcher die ganze Mondmasse noch flüssig war, mußten die herabfallenden Körper in diesem Glut-ocean untertauchen, sich auflösen und verschwinden. Die Wirkung beschränkte sich darauf, daß die Masse des Mondes vermehrt wurde. Ein Denkmal ihres Einsturzes hinterließen sie auf der Oberfläche nicht, da die ringsförmigen Wellen, welche sie aufwarfen, sich wieder ebneten.

In der zweiten Periode, als die Oberfläche in einem Uebergangszustande sich befand und nicht mehr flüssig, doch auch nicht hart und spröde, sondern bildsam und zähe war, bildeten sich die Wallebenen. Herabfallende Körper durchdrangen die zähe Schale, versanken in die flüssige Tiefe und wurden in derselben aufgelöst. Die Wirkung an der Mondschale war erstlich, daß das Material geschmolzen, wellenförmig bei Seite gedrängt und am Rande aufgestülpt wurde. Während die innern Ringwellen sich abflachten, blieb die äußerste stehen, weil die halbgeschmolzenen Massen nicht mehr ganz zurücksaufen, sondern sich an der ungeschmolzenen Umgebung stauten. Diese erstarrende Welle bildet den Wall, der stets einen größern Durchmesser hat als der eingesunkene Körper. Eine zweite Wirkung war, daß durch den einstürzenden Körper eine seinem Volumen entsprechende Masse verdrängt wurde. Diese mochte zum Theil ausspritzen und den Wall vergrößern, oder an einer andern offenen oder schwachen Stelle entweichen,

oder aber an der Einsturzöffnung eine Fluth bilden. Im letzten Falle entstand bei vollständig geschlossenem Walle innerhalb desselben eine Ebene, deren Niveau bedeutend höher liegt als die äußere Umgebung, wie z. B. die Wallebene Wargentin; bei lückenhaften oder stellenweise zu niedrigen Wällen konnte die aufquellende Masse aus- oder überfließen, wovon bei einigen Wallebenen deutliche Spuren sichtbar sind.

In der dritten Bildungsperiode war die Mondschale allmählig so fest geworden, daß ein herabstürzender Körper sie nicht mehr vollständig durchschlagen und sich in die Tiefe versenken konnte. Dieser Periode glaubt Asterios die Bildung der Ringgebirge zuschreiben zu können und in diesen kreisförmigen Bergmassen von ungeheurem Volumen nicht das aufgestülpte Material der Mondschale, sondern die auseinandergefallenen Bestandtheile des fremden Körpers zu erkennen. Denn durch den Zusammenstoß wurde sowohl im fallenden Körper als auch auf jenem Theile der Mondoberfläche, den er berührte, Wärme erzeugt, welche die Auflösung und den Zerfall beförderte. Es kann sogar eine Explosion dieser einstürzenden Körper mit Wahrscheinlichkeit vorausgesetzt werden, da ja die Feuerfugeln schon explodiren, wenn sie in die Erdatmosphäre eintreten. Die Wirkung einer solchen Explosion nach allen Seiten hin konnte es sein, welche den größten Theil der Masse des zersprengten Körpers sammt vorhandenem lockeren Mondmaterial in Gestalt eines schroffen Ringgebirges emporhürmte und jene ungeheuren, steilen, cylinderförmigen Kraterwände bildete.

Bezüglich des Innern der Ringgebirge unterscheidet Asterios drei Arten: Ringgebirge mit glatter, dunkler Fläche; Ringgebirge mit concaver Fläche, häufig in glänzend heller Färbung, und endlich Ringgebirge, in welchen sich ein Centralberg erhebt.

Bei der Bildung der ersten Art war der Stoß des herabstürzenden Körpers stark genug, die Mondschale zu sprengen; die erwirkte Oeffnung war zu klein, den Körper untertauchen zu lassen, wohl aber groß genug, das in Folge der Mittheilung des Stoßes nach innen nothwendig gewordene Aufsteigen der Flüssigkeit zu ermöglichen. Die Kraterfläche dieser Art Ringgebirge scheint also wie jene der Wallebenen entstanden zu sein.

In den Ringgebirgen mit concaver Fläche bohrte sich der fallende Körper in Folge seiner Rotation beim Sturze tiefer in die Mondschale ein, ähnlich wie eine Kugel aus einem gezogenen Rohre größere Wirkung hat. Ein Ausfließen des Mondinnern fand nicht statt. Die Materie des fremden Körpers bildet die Oberfläche des Kraters, worauf die auffallende Aehnlichkeit der Helligkeit dieser concaven Flächen mit dem umhergelagerten Ringgebirge hindeutet.

Die Ringgebirge mit Centralberg, der zuweilen als einzelner Kegele von bewunderungswürdiger Regelmäßigkeit, öfter als unregelmäßiges Centralgebirg im Mittelpunkte des Kraters erscheint, können auf den gleichen Ursprung, wie die frühern, zurückgeführt werden. Beim Auffallen des vielleicht etwas lockeren Körpers auf die dicke Mondschale wurde ein Theil radial hinausgeschleudert, während der Kern an der Stelle sitzen blieb, wie der Kern eines auf eine harte Fläche geworfenen Schneeballes in der Form eines mehr oder weniger regelmäßigen Kegels an der Fläche haftet, während die äußern Theile auseinanderfahren.

Die Erklärung der kleinern Krater und Gruben findet nach dieser Hypothese keine Schwierigkeit. An den Stellen, in welchen solche Oeffnungen dicht gesäet vorkommen, sind die Folgen eines kosmischen Hagelwetters erkennbar, von welchem solche Gegenden heimgesucht wurden. Schon Richard Proctor sah in ihnen die Spuren eines Regens von meteorischen Massen. Die zerstreut und einzeln liegenden Krater entstanden durch den Sturz kleiner Meteore von harter Beschaffenheit. An Stellen, welche keinen großen Widerstand leisteten, schlugen sie tiefe Löcher, wie die Meteorsteine auf der Erde 15 Fuß und darüber in das Innere eingedrungen sind.

Wie sind aber die Meere, die Gebirgsketten, die Rillen und die Lichtstreifen entstanden? Können auch diese Gebilde als Folgen kosmischer Irruptionen betrachtet werden?

Asterios bejaht auch diese Frage.

Die Meerbusen von halbkreisförmigem Rande, die Meere mit elliptischen und kreisförmigen Küsten, wie das mare crisium und das mare seronitatis grenzen in ihrer ganzen Beschaffenheit so nahe an die Wallebenen und Ringgebirge, daß die Möglichkeit einer gleichen Entstehung nicht verneint werden darf. Ja sogar das große mare imbrium, das von den größten Gebirgsketten, den Karpaten, Apenninen und Alpen, begrenzt ist, kann auf gleichen Ursprung zurückgeführt werden. Ein herabstürzender Körper von sehr großer Ausdehnung schlug ein ungeheures Stück der Mondschale ein; es erhob sich eine gewaltige Fluthwelle, welche die Mondkruste in weitem Umfange ausbrach und die Trümmer auf den stehengebliebenen Rand des Einbruches warf. Der Größe des herabgefallenen Körpers und den Folgen des Sturzes sind die Wirkungen, jene colossalen Gebirge, proportionirt.

Die Meere mit unregelmäßigen Umrissen hält Asterios für Ueberbleibsel großartiger Ueberfluthungen, welche die Niederungen des Mondes ausfüllten und bedeckten. Es wurde erwähnt, daß bei der Bildung der ersten und zweiten Art der Ringgebirge, der Wallebenen und runden Meere durch den Stoß und Druck der kosmischen Körper flüssige Materie aus dem Mondinnern emporgetrieben werden mußte. Bei nicht

vollständig schließenden Wällen strömte diese Materie über, breitete sich aus und bildete diese Flächen.

Die Mondrillen sind Risse, welche entweder durch Contraction der Oberfläche oder durch gewaltsame Erschütterung derselben von außen her entstanden sind.

Bezüglich der Entstehung der Lichtstreifen hat Asterios diese Ansicht: Bestand ein kosmischer Körper, der von dem Monde angezogen wurde, aus verschiedenartigen Stoffen, so erfolgten bei dem Anprall und der Explosion auch verschiedene Wirkungen. Die schwerflüssigern und dichtern Bestandtheile lagerten sich in Gestalt von Bergen und Terrassen in der Nähe ab, die leichtflüssigen dagegen wurden weiter hinausgeworfen und bildeten um das Ringgebirge herum jenen hellen Nimbus, der bei Tycho und andern bemerkt wird. War die explosive Kraft außerordentlich stark und die Quantität der leichtflüssigen Masse ungewöhnlich groß, so wurde letztere strahlenförmig auch verhältnißmäßig weit hinausgeschossen und bildete nach ihrem Niederschlage jene hellleuchtenden Strahlen, die sogenannten Strahlensysteme oder Lichtstreifen. —

Aus diesen kurzen Umrissen ist ersichtlich, daß die kosmische Hypothese gegenüber der vulkanischen den Vorzug der Einfachheit und Consequenz für sich hat: für sämtliche Details der Mondoberfläche, für die kleinsten, wie für die größten, gibt sie denselben Erklärungsgrund an.

Das Bedenken, daß Meteoriten auch auf die Erde hätten fallen müssen, wenn sie auf dem Monde solche Verheerungen bewirkten, ist leicht zu heben. Zur Zeit, als der Mond eine feste Schale erhielt, war die Erde als viel größerer Weltkörper noch lange nicht so weit abgekühlt, daß sich eine feste Oberfläche bilden konnte. Einschlagende Meteoriten mußten in das Innere eindringen, ohne auf der Oberfläche Spuren zurückzulassen. Die Möglichkeit, daß in der Erstarrungsperiode der Erdhülle große Körper fielen, ist nicht ausgeschlossen. Spricht ja Gruitthuisen die Vermuthung aus, die Inseln Ceylon, Neu-Holland, Neu-Guinea, und das Land Böhmen seien aus der Luft herabgefallen.

Wie aber die Bildung der ungeheuren Bergkränze durch Aufspritzen der innern zähflüssigen Masse oder der Theile explosiver Körper zu einer Höhe von 20000 Fuß möglich war, und wie leichtflüssige Substanzen zur Bildung der Lichtstreifen über 100 geogr. Meilen weit hinausgeschleudert werden konnten, überlassen wir weiterer Forschung und wissenschaftlicher Discussion von Fachmännern, und gehen über zur Darlegung der Ansicht von Dr. Schmida, wonach die Bildung der Mondoberfläche terrestrischer Attraction zuzuschreiben ist.

3. In den beiden behandelten Hypothesen über die Entstehung der verschiedenen Mondformationen wurde die gegen-

seitige Anziehung zwischen Mond und Erde ganz unberücksichtigt gelassen, und doch ist es möglich, daß diese allein dem Monde die gegenwärtige Physiognomie aufdrückte. Sobald Erde und Mond nach der Laplace'schen Theorie räumlich getrennt waren, blieben sie in gewisser Hinsicht noch ein Ganzes. Beide zogen einander gegenseitig an und kreisten um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt. Der Antheil des Mondes an dieser Anziehung ist in der Fluth- und Ebbebildung am klarsten bewiesen. Vermag aber der Mond bei senkrechter Anziehung das Meerniveau der Erde um $16\frac{4}{7}$ Zoll zu heben, so wird auch die Erde ihrerseits bei der Gestaltung des Mondes, als dieser noch nicht gänzlich erstarrt war, nicht ohne Einfluß gewesen sein. Durch Zusammenstellung der bezüglichen Factoren, als: Masse, Radienverhältniß, Schwere und Reibung, ergab sich, daß die senkrechte Erdbziehung auf dem flüssigen, rotirenden Monde eine Fluthwelle von $182\frac{1}{2}$ Fuß hervorbrachte; ohne Rotation würde die Fluthwelle eine Höhe von 547 Fuß erreicht haben. In Folge dieser Fluth- und Ebbebewegung konnte der flüssige Mond während seiner Rotation nicht kugelförmig sein. Denn nach dem Newton'schen Attractionsgeetze mußten jene Theile des Mondes, welche der Erde am nächsten lagen, stärker als sein Mittelpunkt, die entferntesten dagegen schwächer als dieser angezogen werden. Als bildsame Masse gab der Mond dieser Ungleichheit nach, dehnte sich in der Anziehungsrichtung aus und zwar nach demselben Gesetze der Erde zu mehr, als auf der der Erde abgewandten Seite; er bildete ein Ellipsoid. Durch diese ungleichmäßige Verlängerung wurde die diesseitige Mondhälfte dem Volumen nach größer als die jenseitige, während der Masse nach beide gleich bleiben mußten; folglich rückte der geometrische Mittelpunkt von dem statischen Mittelpunkte oder Schwerpunkte fort gegen die Erde hin. Solange der rotirende Mond in seiner Gesamtmasse noch vollkommen flüssig war, stellte er in jeder beliebigen Lage zur anziehenden Erde das Ellipsoid dar, dessen geometrischer Mittelpunkt der Erde stets näher lag als der statische.

Durch ununterbrochenes Ausstrahlen von Wärme gegen den kalten Weltraum wurde im Laufe der Zeit die Temperatur so herabgestimmt, daß eine äußere Hülle allmählig in den Zustand der Steifflüssigkeit und schließlich in den der Starrheit überging. In dieser Periode bewirkte die Reibung an der steifen Oberfläche eine Schwächung der Ebbe und Fluth, es bildeten sich Unregelmäßigkeiten an der Wölbung, welche von der schwächern Fluth nicht mehr beseitigt werden konnten, und dadurch nahm auch die Rotation nach und nach an Geschwindigkeit ab, bis sie endlich zum Stillstande kam, nachdem bei fortgeschrittener Erstarrung der Reibungswiderstand der Fluthwellen an jenen stets wachsenden Unregelmäßigkeiten der

azialen Richtung des geometrischen und statischen Mittelpunktes zum Erdcentrum immer mächtiger entgegengewirkt hatte.

Wie stand aber der Mond stille?

Bringt man in einer hohlen Kugel außerhalb des Centrum ein Gewichtchen an, so daß der Schwerpunkt nicht mit dem geometrischen Mittelpunkte zusammenfällt, und läßt sie langsam über eine horizontale Ebene rollen, so kommt sie derart in Ruhe, daß das Barycentrum, der Schwerpunkt, genau unter dem geometrischen Mittelpunkte, also genau zwischen letzterem und dem anziehenden Erdcentrum liegt. Vor Erreichung dieses stabilen Gleichgewichtes oscillirt die Kugel eine Zeitlang um ihr Barycentrum. Auf gleiche Weise kam auch der Mond nicht plötzlich von seiner Rotation in die gegenwärtige Ruhe; der Uebergang war eine lang andauernde Pendelbewegung. Das statische Centrum blieb jetzt das der Erde nähere und bildete gleichsam die Scheibe des mit der ganzen Mondmasse beschwerten Pendels, welches in der Richtung des Mondäquators mit allmählig abnehmenden Schwingungsweiten oscillirte.

In dieser Periode war die starre Mondhülle anfangs noch so dünn, daß sie entsprechend starkem Drucke nachgab, stellenweise zerriß und andrängende flüssige Unterstoffe durchließ. Der Mond nahm eine von der Kugelform mehr abweichende Gestalt an. Die senkrechte Erdanziehung wirkte nur mehr auf zwei entgegengesetzte Bögen des Mondäquators. Die große, der Erde zugekehrte Aze nahm zu, während die Pole sich abplatteten. Auf der diesseitigen Mondhalbkugel waren die gewaltigen Hübe der hin- und herlaufenden Unterfluthen nach Newtons Gesetz größer als auf der jenseitigen. Sie förderten also auf ersterer jedesmal mehr flüssige Masse auf die Oberfläche zur Erstarrung als auf letzterer. Die Folge davon war, daß die der Erde zugekehrte Mondhälfte mehr beschwert wurde als die gegenüberliegende, daß also der Schwerpunkt sich immer mehr und mehr vom geometrischen Mittelpunkte gegen die Erde hin bis zum Schlußbetrage von 8 geogr. Meilen entfernte. Denn gleich wie in einem Hebel, in welchem der eine Arm mehr belastet wird als der andere, zur Herstellung des Gleichgewichtes eine Verschiebung des Unterstützungspunktes gegen die schwerere Last hin nothwendig ist, so mußte auch der Schwerpunkt des Mondes, gleichsam der Unterstützungspunkt der langen Aze, welche diesseits des Mittelpunktes mehr als jenseits belastet wurde, der größern Last näher rücken.

Die Lage des Schwerpunktes war während der Pendelungsperiode nicht nothwendig auf dieselbe Aze beschränkt. Durch das Hervorfließen größerer Massen an schwächeren Stellen der Oberfläche und deren Erstarrung einerseits und in Folge der Librationen andererseits wurden einige Mondörter schwerer als andere, weil specifisch schwerere Stoffe an längere

Hebelarme gelangten. Eine solche Annahme hatte eine Verückung des Schwerpunktes, eine daraus resultirende Aenderung der Mondage und eine Drehung der Mondkugel nothwendig zur Folge. Die Formation der sichtbaren Mondoberfläche läßt eine solche Veränderung vermuthen. Zur Zeit der Rotation und am Anfange der Pendelungsperiode lag der Nordpol des Mondes fast in der Mitte des mare imbrium. Die Stellen der großen Meere südöstlich und südwestlich von demselben geben Zeugniß von großen Ausströmungen schwererer Innenmassen. Durch diese Beschwerung der Nordhälfte nahm der Mond eine nord-südliche Richtung an. Das Uebermaß solcher Uebersfluthungen auf der Nordostseite im oceanus procellarum veränderte jene nord-südliche Drehung in eine südwestliche. In Folge dieser Polverrückung des Mondellipsoides ist die geringe elliptische Verlängerung nicht bemerkbar, weil die ehemalige nordpolare Abplattung uns schräge zugekehrt ist und die südpolare auf der jenseitigen Mondhämisphäre liegt.

Der Mond stellt uns hiernach einen Weltkörper dar, welcher einem nahezu gleichen und gleichgerichteten Einflusse der Erde ausgesetzt, seine beweglichen Innenstoffe so angeordnet hat, daß der Schwerpunkt stark seitwärts seines mathematischen Mittelpunktes und nach dem anziehenden Weltkörper hin verlegt wurde. Daß beim Uebergange der Rotation in die Pendelbewegung und während der ganzen Dauer der letztern das Ebbe- und Fluthphänomen an der Oberfläche lebhafte Bewegungen, großartige Veränderungen und bei theilweiser und völliger Erstarrung des Körpers bleibende Unregelmäßigkeiten bewirkt haben muß, kann nicht in Abrede gestellt werden.

Wie steht aber die gegenwärtige Gestaltung der Mondoberfläche mit diesen Vorgängen in Verbindung?

Nach sorgfältiger Prüfung der Mondphotographien von Warren de la Rue durch das Stereoskop urtheilte Dr. Schmick, daß eine durchscheinende, ja theils völlig durchsichtige Masse von geringer Reflexionsfähigkeit nachträglich über eine andere undurchsichtige geflossen und erstarrt sei und jetzt die sogenannten Meere, wirkliche Einsenkungen der Oberfläche, bilde. Diese Masse ist glasartig und theils schwach röthlich, theils schwach grünlich gefärbt, wie ein so verschiedener Schimmer der Meere bekundet. Eigenschaften glasartiger Stoffe sind Sprödigkeit nach der Erkaltung und sternförmiges Zerspringen unter Einwirkung eines Druckes oder Stoßes.

Nach dem specifischen Gewichte des Mondes, das im Durchschnitt etwas größer als die Glasdichte ist, zu schließen, besteht die Masse desselben aus homogenen Stoffen als die Erdmasse. Deshalb erfolgten bei Störungen der mehr oder weniger harten Oberfläche durch einen Druck von oben oder unten, welcher bei Kugeln immer nur runde Flächen trifft, stets kreisförmige Zersprengungen.

Nach dieser kurzen Darstellung der Ansicht des Dr. Schmiel über die Beschaffenheit der Mondmaterie lassen wir dessen Erklärung der Bildung der mondoberflächlichen Details durch Stoffumsetzung folgen.

Mit bewaffnetem Auge sieht man auf der Vollmondscheibe um das mare imbrium, den ehemaligen Nordpol, herum ganz deutlich das mare serenitatis, die beiden lacus somniorum und mortis im Westen, das mare frigoris im Nordwest und Norden, den sinus roris im Nordost, einen Theil des oceanus procellarum im Ost und Südost, den sinus æstuum im Süden und das mare vaporum im Südwest. Diese fast regelmäßige circumpolare Calotte entstand durch Ueberfließen innerer Materie an durchbrochenen und eingestürzten Stellen der dünnen Mondschale. In der Rotationsperiode des Mondes drängten sich die Massen desselben zufolge der Centrifugalkraft um so mehr gegen den Aequator hin, je schneller die Rotation war. In gleichem Maße nahm die Abplattung der Pole zu. Mit abnehmender Rotationsgeschwindigkeit näherte sich der Mondkörper vermöge der eigenen Centralanziehung wieder mehr und mehr der Kugelform, und die noch flüssige Materie strömte gegen die Pole hin. Hatte sich an den Polargegenden wegen der geringen Ebbe- und Fluthstörungen schon eine feste Hülle bilden können, so wurde sie theilweise durch jene Strömung gesprengt, die überfließende Masse breitete sich über die Niederungen aus und erstarrte.

Als in der Pendelungsperiode und während der nord-südlichen Drehung des Mondes die Axe zur Erde hin und von ihr weg sich verlängerte, verflachte sich die Gegend des genannten Meerfranzes. Die neugebildete schwache Hülle war jetzt nicht mehr in vollständiger Berührung mit der flüssigen Innenmasse und stürzte in Folge ihres Gewichtes ein. Unterliegendes Flüssiges drang als das leichter Verschiebbare empor, drückte als das specifisch Schwerere die starren Schalenstücke hinunter und erhärtete selbst zu einer neuen Oberfläche.

Die übrigen großen Meere bilden in zwei gleich breiten Streifen mit dem nördlichen Meerfranze einen größten Kugelfreis des Mondes. Der westliche Kreis besteht aus den Meeren serenitatis, tranquillitatis, fecunditatis und nectaris; er erstreckt sich sichtbar über den südwestlichen Mondrand hinüber. Der östliche Streif umfaßt einen großen Theil des oceanus procellarum, das mare nubium nebst dem mare humorum und verläuft sich sehr bemerkbar weiter gegen den Südostrand. Diese zwei Streifen bildeten am Anfange der Pendelungsperiode die Grenzen der größten Schwingungsamplituden. Die mit jedem Pendelschlage neu entstandene Fluthwelle durchbrach, stets dem Schwunge entgegengesetzt, die starre Hülle in so größerer Ausdehnung, je dünner sie war, schlug über die Ränder der Einbrüche hinüber und ließ rasch erstarrende Masse

zurück. Bei der darauf folgenden Ebbe stürzte die noch sehr schwache Hülle ein und wurde von flüssigen Innenstoffen überfluthet. Durch diesen alternirenden Hub- und Niederdruckwechsel kam stets flüssiges Material an die Oberfläche, die allmählig durch Erstarrungsverlust sank und nach Abnahme der Schwingungsweite der Pendelbewegung im großen Ganzen die gegenwärtige Gestalt annahm.

Eine derartige Bildung der genannten Flächen beweisen auch die Bergadern oder Berggrüden auf denselben. Diese flachen, meist langgestreckten, fast gleich hohen Mondformationen folgen in derjenigen Region der Mondscheibe, bei welcher der primäre Wellenschlag sich geltend machen konnte, größtentheils einer nord-südlichen Richtung. Was sind sie anderes, als die Grenzen des nach Osten und Westen gerichteten Wellenschlages bei abnehmenden Schwingungsamplituden? Der graduelle Fortschritt des Steifwerdens über die Meerflächen hin verengerte immer mehr und mehr die freiwogenden Strecken derselben, und die so sich bildenden Grenzen mußten jedesmal durch flache Brandungsaufschüttungen für immer bezeichnet bleiben.

Gleichen Ursachen kann die Entstehung der kleinen Meere, der Wallebenen, der Ringgebirge und der verschiedenen Krater zugeschrieben werden.

Die auffallende Erscheinung, daß bei einem großen Theile ausgebehnterer Rundformationen im Norden und Süden die Wälle bedeutend niedriger sind als im Osten und Westen, läßt vermuthen, daß diese Wälle durch ostwestlich seitliches Ueberstoßen und schichtenweise Erhärtung flüssiger Massen entstanden sind. An größern oder kleinern Durchbruchstellen der starren Mondkruste drang die Flüssigkeit unter dem wechselnden Hube der Erdattraction empor und strömte, der Schwingungsrichtung des pendelnden Mondes entsprechend, mehr nach Osten und Westen als nach Norden und Süden an den schon vorhandenen Erstarrungsringen hinauf. Bei der mit der Verdickung der Mondschale abnehmenden Größe der Einbruchstellen mußte dieser Erhebungsunterschied der Wälle immer weniger ausgeprägt werden, weil innerhalb der kleinern fluthenden Spiegelfläche Reflexionswellen von fast gleicher Höhe in kurzer Zeit nach allen Seiten des nähern Randes liefen und annähernd gleich große erstarrende Reste zurückließen.

Die doppelten und mehrfachen Wälle, sowie die Berggrüden um einige derselben herum, entsprechen vollkommen der fortschreitenden Erstarrung der Oberfläche und der dadurch abnehmenden Schwingungsweiten der Pendelbewegung.

Die Vertiefung der Innenfläche in den Rundgebilden erklärt sich dadurch, daß einerseits bei dem allmählichen Schwinden des Mondkörpers durch Abkühlung die durch Wälle gefestigte Oberkruste den schwächern Theilen nicht gleichen Schrittes

nachfolgte, und daß anderseits der fluthende Spiegel innerhalb der Wälle durch wiederholtes Ueberströmen nach und nach zum Sinken gebracht wurde, so daß er schließlich bei gänzlicher Erstarrung unter das Niveau der den Ringwall umgebenden älteren, starren Fläche zu liegen kam. Diese Vertiefung wurde um so größer, je kleiner bei der Bildung der spätern Formationen die Wallhöhe war, da die gedachte Senkung später, wie früher, gleichmäßig fortschritt.

Die außerordentliche Erhebung einiger Wälle über ihre Umgebung kann ebenfalls als eine Folge der Stoffumsetzung durch terrestrische Attraction angesehen werden. Denn erstlich wurden die Fluthwellen durch ihren eigenen Impetus an den innern, wachsenden Böschungen hinausgeschleudert und durch Stauung in der Höhe gesteigert. Ferner wuchs bei zunehmender Verengerung der Bruchkreise die Stärke der Fluthwelle in gleichem Verhältnisse, in welchem das Quadrat der Oeffnung abnahm. Endlich ist zu beachten, daß diese Ausschüttungen immer noch unbedeutend sind gegen die in ähnlicher Weise schließlich zustandegekommene Verlegung des Mondschwerpunktes um 8 geogr. Meilen.

Wenn man eine steifflüssige Masse mit runder Begrenzung in der Mitte stört, so entsteht eine Welle, welche am Rande reflektirt wird und in der Mitte einen kleinen Höcker aufwirft und bleibend zurückläßt. Wie dieser Regel im Kleinen, entstanden bei den großen Ringgebirgen die Centralkegel. Die zurückkehrenden Randwellen schlugen jedesmal in der Mitte zusammen und hinterließen dort bei vorgeschrittener Abkühlung erstarrende Rückstände, welche allmählig zu Spitzen aufwuchsen. In einigen Fällen ist diese innere Erhöhung übersluthet, weil bei der graduellen Drehung des Mondes einzelne Theile unter eine mehr senkrechte Erdanziehung gelangten, wodurch die feste Kraterfläche aufbrach und flüssige Masse nicht selten bis zum Rande des Walles hervorschießen ließ.

Die übergreifenden Krater sind eine Folge der Drehung des Mondkörpers und der Abnahme der Pendelbewegung. Die wiederkehrenden Fluthwellen durchbrachen einen andern Theil der Oberfläche, oft in nächster Nähe eines vorhandenen Kraters, zerstörten einen Theil des Walles und warfen einen neuen, kleinern Wall auf.

Die große Höhe der uns sichtbaren Mondberge, namentlich der schon mehrmals erwähnten Gebirgsketten, wird nicht auffallend erscheinen, wenn man bedenkt, daß das bei ihnen vorhandene Mehr im Vergleiche mit denselben Gebilden auf der von uns abgekehrten Mondhälfte nur einen geringen Theil des Uebergewichtes bilden kann, durch welches die bedeutende Verlegung des Schwerpunktes bewirkt wurde. Die höchsten Erhebungen gehören der ehemaligen nördlichen Circumpolar-gegend an. Während dort bei beginnender Pendelbewegung

große, runde Flächen einsanken und sich abflachten, blieben um die Einsenkungskreise herum breitere oder schmälere Ränder stehen. Diese Urhöhlen erster Erstarrung, welche nach Art des Packeises zusammengepreßt wurden, reichten weit in die Tiefe hinab und gaben so der lokalen Mondrinde eine derartige Festigkeit, daß sie dem Drucke der umgestaltenden Kraft dauernden Widerstand zu leisten vermochte. Diese Hochgebirge sind demnach stehengebliebene Reste des runden Mondes und ragen, wenn sie auch ein wenig mitgesunken sein mögen, wenigstens mit einem großen Theile ihrer ursprünglichen Höhe über das allgemeine Niveau der nordpolaren Abflachung empor.

Die Mondrillen sind eine Folge der schließlichen Zusammenziehung der Außenschale, nachdem die letzte innere Wärme des Mondkörpers ausgestrahlt war und nicht länger die Kruste auf einem gewissen Grade der Temperatur erhielt, bei welchem die Oberdecke noch ihren Zusammenhang bewahrte.

Die letzte umgestaltende Kraftäußerung der Erde dem Monde gegenüber bestand in der Sprengung der dicken Mondschale. Bei der Bildung einiger Ringgebirge und Gruppen ähnlicher Formationen, die sehr lange dem Ebbe- und Fluthphänomen ausgesetzt waren, wurde die nunmehr starre Hüllschichte des Mondes durch die heftigen Fluthwellen gewaltig erschüttert. Die spröde, glasartige Decke erhielt dadurch von dem Centrum größter Wirkung aus, als der schwächsten Stelle, strahlenförmige Sprünge, welche durch wiederholte Stöße der Fluthwelle successive sich verlängerten. Diese so zahlreichen Sprünge der Mondoberfläche sind die sogenannten Lichtstreifen, jene bei hohem Sonnenstande so hell leuchtenden Strahlen. Sie haben ganz das Aussehen von Zertrümmerungsstellen einer Glasmasse und bilden Reflexionsebenen, die je nach dem Winkel des ein- und ausfallenden Lichtes sichtbar werden und verschwinden.

Das ist die skizzierte Darstellung der Mondbildung durch Stoffumsetzung in Folge terrestrischer Attraction.

Ohne dem Innern des Mondes nach den Vulkanisten außerordentlich große Kräfte zuschreiben zu müssen, oder nach den Vertheidigern der kosmischen Hypothese ganze Scharen von Weltkörpern ihre Bahnen verlieren zu lassen, verfolgt Dr. Schmid, an der Hand gemachter Beobachtungen über die Anziehungskraft von Sonne und Mond der Erde gegenüber im Großen und über die Wirkung der Erdattraction auf die Körper der Oberfläche im Kleinen, in seiner neuen Anschauung durch und durch allgemein anerkannte Geseze und findet in den verschiedensten Mondformationen begründete Wirkungen derselben. Zudem gibt er uns befriedigenden Aufschluß über den Uebergang der ehemaligen Mondrotation in die gegenwärtige Stabilität zur Erde, sowie über die Lage des Schwerpunktes, die in der sofort zu behandelnden Frage über das

Vorhandensein einer Mondatmosphäre nicht ohne Bedeutung ist.

Die Resultate, welche die Forschung über die Mondatmosphäre erzielte, sind ungleich bestimmter, als jene über die Bildung der Oberfläche. Der weit größere Theil der Astronomen stimmt darin überein, daß auf dem Monde Luft und Wasser entweder gar nicht, oder nur in höchst geringem Quantum vorkommen. Die Gründe dafür sind folgende:

Gäbe es auf dem Monde eine Atmosphäre und Wasser, so müßten sich dort von Zeit zu Zeit Wolken und Nebel bilden, wie auf der Erde, und die Details der Oberfläche müßten in ähnlicher Weise verdunkelt erscheinen, wie wir dies z. B. bei den Planeten Jupiter und Mars sehen. Kein Beobachter hat aber jemals eine Spur solcher Verdunkelungen entdeckt.

Die Dämmerung und Tageshelle sind Folgen der Reflexion und Diffusion der Sonnenstrahlen durch die Erdatmosphäre, wenn die Sonne unter dem Horizont ist. Würde das Sonnenlicht nicht in dieser Weise reflektirt und diffundirt, so wären jene Theile unserer Erde, welche nicht direkt dem Sonnenschein ausgesetzt sind, ganz in Dunkelheit gehüllt. Wenn nun der Mond eine Atmosphäre hätte, so müßte man offenbar auch jene Theile des Mondes sehen, welche nicht direkt von der Sonne beschienen werden. Kurz vor dem Aufgang und nach dem Untergang der Sonne würden sie noch theilweise von dem Lichte der Dämmerung beleuchtet sein. Die beschatteten Theile des Mondes sind aber völlig schwarz, ohne die geringste Spur von Beleuchtung durch zerstreutes Licht; die Wirkung der Dämmerung fehlt gänzlich.

Das Spektrum des Mondes stimmt mit dem der Sonne überein; es findet sich in demselben, weder in Bezug auf die relative Intensität, noch auf das Hinzukommen und Verschwinden von Linien irgend eine Abweichung von den dunkeln Linien des Sonnenspektrums. Es muß aus dieser gänzlichen Abwesenheit von besondern Absorptionenlinien ebenfalls der Schluß gezogen werden, daß der Mond keine Atmosphäre habe.

Gase und Dämpfe haben die Eigenschaft, einen Theil des Lichtes, das durch sie hindurchgeht, zu absorbiren. Wäre unser Trabant mit einer Atmosphäre umhüllt, so würde seine schwarze Scheibe, sobald sie bei einer Sonnenfinsterniß auf dem hellen Hintergrunde erscheint, am Rande von einer Art Halbschatten oder einer Schattenzone umgeben sein; durch die Atmosphäre könnte nicht alles Licht der Sonnenscheibe durchdringen. Allein weder bei den Sonnenfinsternissen, noch bei dem Durchgange der Fixsterne hinter dem Monde hat man je eine Schwächung der Lichtstrahlen am Mondrande wahrnehmen können.

Das zuverlässigste Mittel zur Untersuchung des Vorhandenseins einer Mondatmosphäre ist die Lichtbrechung. Die

Lichtstrahlen werden beim Uebergange in ein anderes Medium von der geraden Richtung abgelenkt, sie werden gebrochen. In Folge dieser Refraction sehen wir z. B. die Sonne bei ihrem Auf- und Untergange über dem Horizont, wenn sie in Wirklichkeit noch unter demselben sich befindet. Bei Sternbedeckungen durch den Mond müßten nach Analogie der Erdeerscheinungen die Sterne, falls der Mond eine Atmosphäre besäße, später verschwinden und früher wieder erscheinen, also kürzere Zeit hinter dem Monde bleiben, als wenn er der Atmosphäre entbehrte. Der scheinbare Durchmesser des Mondes ist häufig gemessen worden, so daß man ihn mit großer Genauigkeit kennt; die Bewegung des Mondes im Weltraume ist ganz genau bestimmt. Es ist daher leicht zu berechnen, wie viel Zeit der Mond nöthig hat, eine Strecke des Himmels zu durchlaufen, welche der Länge seines eigenen Durchmessers gleich ist. Besitzt der Mond keine Atmosphäre, so muß das Zeitintervall, während dessen die Sterne verborgen bleiben, genau der berechneten Zeit gleich sein, die der Mond nothwendig hat, über jene Sterne hinwegzugehen. Umgibt aber den Mond eine Atmosphäre, so werden diese zwei Intervallen nicht übereinstimmen; die berechnete Zeit wird größer sein als die beobachtete, und der Unterschied wird die Größe der Refraction des Lichtes und folglich die Ausdehnung der Atmosphäre anzeigen. Herr Airy in Greenwich benutzte zur diesbezüglichen Untersuchung 296 Sternbedeckungen des Mondes und verglich den direkt gemessenen Monddurchmesser mit dem aus der Dauer der Bedeckung berechneten. Es ergab sich eine Differenz von 2 Bogensekunden. Einen Theil derselben schreibt er der Irradiation zu, jener optischen Täuschung, der zufolge eine weiße Fläche auf schwarzem Grunde größer erscheint, als eine schwarze Fläche von der gleichen Ausdehnung auf weißem Grunde. Wenn die ganzen zwei Sekunden auf Rechnung der atmosphärischen Refraction zu setzen wären, so würde das eine horizontale Refraction von einer Sekunde in sich begreifen, und das ist nur $\frac{1}{2000}$ der horizontalen Refraction der Erde. Eine 2000mal dünnere Atmosphäre als die irdische kann aber kaum als Atmosphäre betrachtet werden. Mit den besten Luftpumpen wird nicht einmal eine 1000fache Verdünnung im Recipienten erzielt. Wenn also den Mond eine Atmosphäre umgibt, so ist dieselbe zweimal dünner als das, was wir luftleeren Raum zu nennen pflegen.

In Ermangelung der Luft kann auf dem Monde auch kein Wasser sich vorfinden, weil im luftleeren Raume das Wasser bei der niedrigsten Temperatur kocht. Wenn Wasser irgend einen Theil der sichtbaren Mondoberfläche bedeckte, so müßte es sich folglich entweder in Gestalt von Wolken oder Nebel zeigen, oder als Dampf im Spektrum bemerkbar machen, was aber nach dem früher Erwähnten nicht der Fall ist.

Eine andere Frage ist, ob der Mond zur Zeit seiner Bildungsperiode eine der Erdatmosphäre entsprechende Lufthülle gehabt habe. Es fehlt nicht an Männern, welche bei Untersuchung der Mondoberfläche mittelst sehr starker Instrumente bestimmte Anzeichen der Wirkung von Luft und Wasser bemerkt zu haben glauben und deshalb urtheilen, daß diese beiden Elemente in der Bildungsperiode auf dem Monde eine eben so große Rolle spielten, wie bei der Formation der Erdoberfläche, daß sie aber in der Erstarrungsperiode größtentheils in sublunare Löcher und Höhlen aufgenommen oder absorbiert worden seien. Die Vertheidiger der Mondatmosphäre nehmen aber keine größere Dichte an und können keine größere annehmen, als eine dem Volumen- und Attractionsverhältnisse zwischen Mond und Erde entsprechende, nämlich $\frac{1}{200}$ der Erdatmosphäre. Hätte der Mond wirklich eine solche Atmosphäre und ein entsprechend geringes Quantum Wasser gehabt, so dürfte man dennoch einen großen Einfluß dieser beiden Agentien bei der Bildung der Oberfläche in Zweifel ziehen. Denn spielte das Wasser in Dampfform eine so gewaltige Rolle, daß es viele Tausende von Eruptionsoffnungen hervorbrachte, so müßten sich ebenso großartige Niederschläge gebildet und der Oberfläche ein ähnliches Gepräge wie das unseres Erdbodens gegeben haben; war aber das Wasser nur in so geringer Quantität vorhanden, daß es einsickern und verschwinden konnte, so vermochte es nicht von innen heraus so gewaltige und alles beherrschende Wirkungen hervorzubringen.

Die Ansicht, daß der statische Mittelpunkt des Mondes jenseits des mathematischen liege, begrüßten die Freunde der Mondatmosphäre mit Freude; sie fanden darin einen Grund, der jenseitigen Mondhälfte, als der bedeutend niedrigeren Seite, eine dichtere Atmosphäre und eine größere Wassermenge zuzuschreiben. Wenn aber nach obigen Erklärungen der Mondschwerpunkt auf der diesseitigen Hälfte liegt, und folglich auf der sichtbaren Mondseite eine allfällige vorhandene Atmosphäre am dichtesten sein muß, so ergibt sich der Schluß, daß auf dem Trabanten der Erde entweder gar keine, oder wenigstens keine merkliche Atmosphäre existiren kann.

Die besprochene Frage ist auch bei der Untersuchung der Mondtemperatur zum Theil maßgebend.

In Folge der genauen Uebereinstimmung der Rotation mit der Revolution dauert auf dem Monde ein Tag und eine Nacht 27 Tage, 7 Stunden, 43 Minuten und 11,545 Sekunden. Die Dauer des mittlern Tages beträgt 354 Stunden, 22 Minuten und 1,4 Sekunden. Die Differenz zwischen dem längsten und kürzesten Mondtage ist in den verschiedenen Jahreszeiten am Aequator = 0 und gegen die Pole hin 16mal kleiner als auf der Erde, weil die Mittagshöhe der Sonne für einen gegebenen

Mondort nicht ganz um 3 Grad differirt, während für einen Erdort diese Differenz 46 Grad, 55 Minuten beträgt. In den Polargegenden des Mondes haben die höheren Bergspitzen immerwährenden Sonnenschein, die größeren Tiefen aber kennen weder Tag noch Nacht, sondern werden nur durch den Reflex der umliegenden Höhen mehr oder weniger beleuchtet. Der Grund hiervon liegt darin, daß die Sonne nie tiefer als $1\frac{1}{2}$ Grad unter den wahren Horizont des Nord- oder Südpols herabsinken und nie sich höher darüber erheben kann. Ueberragt ein Berggipfel die umliegende Gegend nur um 1830 Fuß, so gewinnt er schon $1\frac{1}{2}$ Grad des unter seinem wahren Horizonte liegenden Himmels und kann mithin die Sonne nie gänzlich verschwinden sehen. Nun gibt es aber an beiden Polen Gipfel von mehreren Tausend Fuß Höhe und diese sieht man die ganze Lunation hindurch als strahlende Lichtinseln glänzen. — Die Nächte auf der jenseitigen Mondhälfte sind völlig dunkel; kein Licht als das der Fixsterne und Planeten schwächt ihre Finsterniß. Auf der diesseitigen Mondhälfte sind die Nächte, in Folge des Lichtreflexes der $13\frac{1}{2}$ mal größern Erdoberfläche, $13\frac{1}{2}$ mal heller als unsere Nächte beim Mondscheine. Dieser Reflex ist besonders deutlich bemerkbar, wenn man den Mond kurz vor oder nach Neumond bei möglich dunkler Morgen- oder Abendstunde beobachtet. Man sieht außer der sehr schmalen Mondichel die ganze übrige Scheibe in mattem, aschgrauen Lichte erglänzen. Leonardo da Vinci war der erste, der die Ursache dieses Phänomens in der Beleuchtung des Mondes durch den Erdschein suchte. Die Erde zeigt, vom Mond aus betrachtet, innerhalb eines Monats ebenfalls vier verschiedene Phasen, doch stets gerade die entgegengesetzte von jener, die wir an dem betreffenden Tage am Monde beobachten. Zur Zeit des Neumondes hat die Erde, vom Mond aus gesehen, Vollschein, welcher kurze Zeit vor und nach dem Neumonde noch immer so viel Lichtstrahlen auf unsern Trabanten wirft, daß die dunkle Seite desselben matt beleuchtet und uns sichtbar gemacht wird.

Der große Unterschied der Tag- und Nachtlängen auf der Erde und dem Monde läßt auf einen sehr bedeutenden Temperaturunterschied der beiden Körper schließen. Wie auf der Erde, wird auch auf der Mondoberfläche, zufolge des erheblichen Einflusses der Sonnenstrahlen, die Temperatur periodisch über ihren mittleren Betrag erhöht und durch die Wirkung der Ausstrahlung in den Weltraum unter denselben erniedrigt. Der Einfluß der Sonnenstrahlen auf irgend einen Ort des Mondes, ist fast lediglich von der selenographischen Breite des Orts abhängig, da mit zunehmender Breite die Strahlen schräger auf die Oberfläche fallen, sich daher über einen größern Raum ausbreiten und auf der Flächeneinheit eine verhältnißmäßig geringere Wirkung hervorbringen.

Der ununterbrochene Sonnenschein während 14 Tagen bewirkt deshalb am Aequator ein Maximum und gegen die Pole hin ein Minimum der Temperatur. Die Wärmeausstrahlung kann im Wesentlichen von der Breite unabhängig betrachtet werden; folglich erreicht die Mondoberfläche während der langen Nacht einen durchgehends fast gleichmäßigen Grad intensiver Kälte. Als Maximal- und Minimaltemperaturen werden die Werthe 300 Grad Celsius über und 75 Grad unter Null als der Wahrscheinlichkeit am nächsten kommend, angenommen.

Dieser excessive Temperaturunterschied von 375° Celsius würde beim Vorhandensein einer, wenn auch sehr dünnen, Atmosphäre bedeutend kleiner sein. Denn die Wirkung der Atmosphäre bestände darin, daß sie nicht nur den erhitzenden Einfluß der Sonnenstrahlen beträchtlich verminderte, sondern auch die Ausstrahlung der Oberfläche während der langen Mondnacht bedeutend verzögerte; dadurch würde die Temperatur durch Herabdrückung des Maximums und Erhöhung des Minimums gleichmäßiger gemacht. Wie weit sich diese Ausgleichung erstreckte, kann nicht bestimmt werden. Soviel ist gewiß, daß auch in diesem Falle auf der Mondoberfläche am Schluß des Tages eine überaus große Wärme und am Ende der Nacht eine sehr intensive Kälte existirt, daß also die Mondtemperatur ungleich rauher als die der Erde ist.

Unter den Astronomen herrscht eine auffallende Verschiedenheit der Ansichten über die Frage, ob die Oberfläche unseres Trabanten gegenwärtig physische, der Beobachtung zugängliche, Veränderungen erleide. Während die Mehrzahl der Astronomen solche Veränderungen in Abrede stellt und alle umgestaltenden Prozesse als abgelaufen und längst beendet betrachtet, sind gerade jene Naturforscher, welche sich viele Jahre lang hauptsächlich dem Mondstudium widmeten, entgegengesetzter Meinung. In den großen Temperaturextremen des Mondes glauben letztere eine Ursache fortdauernder Umgestaltungen zu finden. Die überaus große Kraftmenge, welche dem Monde, genau wie der Erde, von der Sonne ununterbrochen zugesandt wird, muß auch dort mechanische Arbeit im größten Maßstabe zu Stande bringen, natürlich mit denjenigen Modificationen, welche von den individuellen Eigenthümlichkeiten der Mondoberfläche bedingt werden. Wenn aber die abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung des Gesteins auf unserer Erde in Folge des Temperaturwechsels schließlich zur Zertrümmerung der größten Felsmassen führen kann, so dürfen wir auf dem Monde noch viel gewaltigere Wirkungen annehmen, da dort die Temperaturdifferenz viel größer ist, und der Vorgang der Erhitzung und Abkühlung in ununterbrochener Reihenfolge während jeder Lunation sich abspielt.

Wenn zwar Schröters Ansicht, daß ganze Ringgebirge

gewissermaßen über Nacht entstehen, vor einer nüchtern Kritik nicht bestehen kann, so sind nach Neison, Schmidt und Klein Veränderungen einzelner Krater, sowie Bildung neuer Rillen unleugbare Thatfachen. Wir führen beispielweise den Krater Linne im mare serenitatis an. Linne wurde während eines halben Säculums von den größten Selenographen Lohrmann, Mädler und Schmidt als ein deutlicher heller Krater bezeichnet. Im Oktober 1866 war letzterer überrascht, keine Spur von diesem Krater zu finden, als er in einer Position war, in welcher er sehr deutlich hätte gesehen werden können. Statt eines weiten, tiefen Kraters, dessen Inneres mit intensiv dunklem Schatten erfüllt ist, konnte man nur eine blasser, undeutliche, wolkige Zeichnung von etwa 5 Meilen im Durchmesser entdecken. Kurze Zeit nachher fanden mit Schmidt auch andere Astronomen an der Stelle des frühern Kraters einen kleinen Kraterkegel, der von Schmidt auf $\frac{1}{4}$ Meile und von Secchi und Buckingham auf $\frac{1}{3}$ Meile geschätzt wurde. Es muß hier ein sehr bedeutendes Ereigniß eingetreten sein; denn als der Kegel das nächste Mal gesehen wurde, war er nach den Angaben von Wolf und Huggins fast dreimal so groß und schon im Juli 1867 wurde sein Durchmesser von Buckingham und Huggins auf nahezu 2 Meilen geschätzt. Ueber die Natur dieser physischen Veränderung ist nichts Bestimmtes behauptet worden. Am besten verträgt sich mit den zahlreichen Beobachtungen die Erklärung, daß die Wände des alten Kraters in Folge des Temperaturwechsels zusammengestürzt und in das Innere gefallen sind; dadurch ist letzteres ausgefüllt worden und hat eine Art von rauhem, kegelähnlichen kleinen Krater zurückgelassen. Außer den unbedeutenden Veränderungen, welche der scharfe Temperaturwechsel hervorbringt, wird die Mondoberfläche in ihrem großen Ganzen als unveränderlich angesehen. Die wunderbaren Formen derselben sind in ihren kleinsten Details Gegenstände von so bedeutendem Alter, daß die ältesten geologischen Gebilde dagegen als jung erscheinen.

Ein flüchtiger Rückblick auf das, was über die physische Beschaffenheit des Mondes angeführt worden, beantwortet einigermaßen die oft angeregte Frage, ob es auf unserem Trabanten lebende Wesen geben könne, die irgend einer Art von irdischen Wesen analog sind.

Bezüglich der Erstarrungsperiode kann hierüber gar nichts Bestimmtes ausgesprochen werden. Was die Gegenwart anbetrifft, läßt die Frage nur eine verneinende Antwort zu. Denn Luft, Feuchtigkeit und eine mäßige Temperatur sind nothwendige Bedingungen animalischen und vegetabilischen Lebens auf der Erde. Nicht die niedrigste Lebensform kann ohne jene Bedingungen bestehen. Wollte man aber von der Annahme ausgehen, daß die Lebensbedingungen auf dem Monde von denen unseres Planeten

weit und wesentlich verschieden sind, so könnte man sich in alle möglichen Conjekturen ergehen. Nach den irdischen Naturverhältnissen zu schließen, müßten die Mondbewohner in einer Atmosphäre leben können, die wenigstens 100mal so dünn ist, als jene, in welcher wir ersticken. Sind auf dem Monde, wie hier, die Nächte zur Ruhe und die Tage zur Thätigkeit bestimmt, so müßte der Körper wegen des fast 30-mal längern Tages weit langsamer ermüden, also in dieser Beziehung kräftiger und ausdauernder sein, während in Folge der 6mal geringern Anziehungskraft eine verhältnißmäßig kleinere Muskelkraft erfordert wäre. In jedem Mondjahre müßten die Bewohner unseres Begleiters nach der intensivsten Kälte eine Hitze zu ertragen im Stande sein, in welcher die leichter schmelzbaren Metalle flüssig werden. Wenn endlich Wolf zu Halle die Größe der Bewohner des Planeten Jupiter auf 14 Fuß schätzen kann, so ergibt sich aus der gleichen Berechnung für die Mondbewohner eine Länge von 9 Zoll bis 1 Fuß.

Die Naturverhältnisse der Erde können uns jedoch keinen Maßstab geben für das Leben anderer Weltkörper. Wir müssen auf unserer jetzigen Entwicklungsstufe darauf verzichten, die Geheimnisse selbst des benachbarten Mondes zu entschleiern. Nur die Thatsache wird uns überall bestätigt, daß die Schöpfung an Mannigfaltigkeit der Lebensgestaltung unendlich größer und reicher ist, als wir es zu fassen vermögen.

III.

Einfluß des Mondes auf die Erde.

Der Ausspruch Lichtenbergs: „Der Mond soll keinen Einfluß auf die Erde haben, er hat aber einen“, wurde von Vielen für einen bloßen Witz gehalten. Jetzt kann die Sache so leichtfertig nicht mehr abgethan werden. Man darf zwar keineswegs einen befriedigenden Aufschluß erwarten über alle Dinge, auf welche dem Volksglauben zufolge unser Trabant Einfluß haben soll. Daß so viele Krankheiten, Temperaments- und Gemüthszustände, Wachen und Schlafen, Geborenwerden und Sterben, verschiedene Erscheinungen an Thieren und Pflanzen, die mannigfaltigsten Verrichtungen des Landbaues von dem Monde abhängen müssen, haben wissenschaftliche Untersuchungen bis jetzt nicht bestätigen können. Ebensovienig darf aber jede Wirkung des Mondes auf die Erde in Abrede gestellt werden. Ein merkbarer Einfluß ist auf dreifache Weise denkbar: durch Licht, durch Wärme und durch Anziehung.

1. Die Strahlen des Mondlichtes reagiren, wie die Photographien beweisen, kräftig auf chemische Präparate. In 6 Sekunden erhielt Secchi schon Spuren eines Bildes und in 2 Minuten ein vollständiges Mondbild. Desgleichen ist constatirt, daß einige Farben, wie Chamois, im Vollmondslichte erbleichen. Nach Secchi ist auch ein geringer Einfluß des Mondlichtes auf die zur Zeit des Neumondes gesäeten, bei Vollmond also noch ganz zarten Pflänzchen gedenkbar. Wie in dem zarten Bau der Pflanze, bringt nach Humboldt das Licht des Mondes, ja sogar das der entferntesten Weltkörper, gewiß auch im Menschen Veränderungen hervor; wenn aber tausenfach stärkere Körper gleichzeitig auf uns einwirken, so verschwindet der Einfluß des schwächern. Daß das Mondlicht schon deswegen, weil es ein Licht ist, physiologische Wirkungen hervorbringt, ist natürlich; für die Behauptung aber, daß z. B. der Schlaf bei Vollmond in vollkommen finstern und gegen das Licht des Mondes ganz abgesperrten Zimmern unruhiger sei, findet Mädler keinen andern Grund als diesen: „Wer einmal mit oder ohne Ursache den Glauben hat, er schlafe zur Vollmondszeit schlechter, wird schon allein deshalb schlechter schlafen, weil er weiß, daß heute Vollmond ist.“

Von den ältesten Zeiten her schreibt man den Mondphasen eine nicht unbedeutende Wirkung auf die Veränderung der Witterung bei. Der bloße Uebergang einer Beleuchtungsphase in eine andere, also die bloße Gestalt des Mondes, läßt aber vergeblich nach einer Ursache jener Wirkung forschen. Es ist schon ein bedenklicher Umstand, daß in den Gegenden in welchen der Witterungsverlauf ein sehr regelmäßiger ist, wie meistens unter den Tropen, von einem solchen Einflusse fast gar nichts verlautet, während doch hier die Wirkung des Mondes, falls sie überhaupt stattfindet, nicht nur an sich stärker, sondern auch viel leichter wahrnehmbar sein müßte als in andern Gegenden. Das Wetter ändert in unserm Klima durchschnittlich alle 3 Tage, die Mondphasen wechseln alle 7 Tage. Es ist folglich die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens dieser Wechsel sehr groß. Trifft der Wetterwechsel mit dem Mondwechsel nicht genau zusammen, so muß er 1, 2 oder 3 Tage früher oder später eintreten. Wenn es irgend einen Zusammenhang zwischen dem Zustande der Luft und den Mondphasen gäbe, so müßte die Veränderung des Wetters immer in demselben Sinne erfolgen, was nach den meteorologischen Beobachtungen keineswegs der Fall ist. Eingehende Prüfungen der meteorologischen Aufzeichnungen für einen Zeitraum von 26 Jahren durch H. Streing in Greenwich und Schübler's 28-jährige Beobachtungen über die Vertheilung der Regentage auf die Mondphasen in Süddeutschland ergeben kein anderes diesbezügliches Resultat, als daß dieselbe Phase in England Regen, in Deutschland aber trockenes Wetter und umgekehrt

bewirken müßte, wenn man dem Mondlichte einen Einfluß auf die Witterung zuschreiben wollte. — Dagegen ist vor einigen Jahren von W. G. Adams ein merklicher Einfluß des Mondlichtes auf den elektrischen Widerstand des Selen nachgewiesen worden. Krystallinisches Selen ist ein Elektrizitätsleiter, und zwar ist dessen Leitungsfähigkeit der Stärke der Beleuchtung proportional. Die Versuche stellte Adams bei Halbmond an, als der Mond hoch stand, so daß das Licht schief auf das Fenster fiel und nicht direkt auf das Selen schien. Zuerst lenkte er das Licht mittelst eines Planspiegels auf das Selen, und eine damit in Verbindung gebrachte Magnetnadel ward plötzlich um 20 Theilstriche der Scala abgelenkt. Brachte er den Spiegel außer das Fenster, so daß das Licht senkrecht durch dasselbe auf das Selen geworfen wurde, so betrug die Ablenkung der Nadel schon 40 Theilstriche. Setzte er bei niederm Mondstande das Selen innerhalb des Fensters den direkten Strahlen aus, so wuchs die Ablenkung in 3 Minuten sogar auf 150 Theilstriche.

2. Noch geringer als dieser unbedeutende Einfluß des Mondes durch Licht ist jener durch Wärme.

Wärmestrahlen können uns zugesandt werden, entweder aus dem Mondinnern selbst, wenn dieses sich noch in einer höhern Temperatur befände, oder von der Oberfläche, insofern diese die Sonnenstrahlen reflektirt, oder endlich als Ausstrahlung der, durch die Sonne erwärmten, obersten Schichten des Mondes. Die erste Art kann gegenwärtig wohl direkt verneint werden. Anders verhält es sich jedoch bezüglich der andern Strahlungsweisen. Die diesbezüglichen Versuche, welche Schirnhausen um das Jahr 1700 mit einer, die Mondstrahlen auf ein Thermometer concentrirenden Linse von 33 Zoll Durchmesser anstellte, blieben ohne Erfolg. Dagegen erreichte im Jahre 1846 Melloni nach langen Versuchen mittelst eines Thermo-Multiplikators so viel, daß er behaupten konnte, die Mondwärme sei meßbar. Ein bestimmtes Resultat wurde erst in neuester Zeit von Lord Rosse bei Anwendung der empfindlichsten Instrumente erreicht. Er fand, daß die Oberfläche des Mondes so viel Wärme ausstrahle, daß man die Temperatur der obersten Schichten auf 260 Grad Celsius schätzen müsse. — Auch die Reflexion der Sonnenwärme ist nicht unmerklich, wie es durch die partielle Mondesfinsterniß vom 14. November 1872 erwiesen wurde. Wärme und Licht verminderten sich fast proportional. Das Minimum beider trat nahezu in der Mitte der Finsterniß ein, wo der Betrag nur mehr die Hälfte von jenem vor und nach der Bedeckung durch den Erdschatten ausmachte.

Marie Dary kam durch eingehende Beobachtungen zum Resultate, daß der Mond die Luftschichten, in welchen wir uns befinden, im ersten Viertel um 18/1000000 Grad und

im Vollmond um 94/1000000 Grad Celsius erwärmt. Auf der Guajaraspiße von Teneriffa hat Piazzi-Smyth versucht, die Intensität der Mondwärme durch Vergleich mit einer irdischen Wärmequelle zu bestimmen. Nach ihm ist sie kaum $\frac{1}{3}$ -mal so groß als die Wärme, welche eine gewöhnliche Kerze in 15 Fuß Entfernung gibt. Diese Wärmewirkung ist außerordentlich gering und erscheint in den untersten Schichten der Atmosphäre noch kleiner. So fand Baille in Paris die Intensität der Mondwärme derjenigen Wärmewirkung gleich, welche $6\frac{1}{2}$ Cubikcentimeter siedendes Wasser in einer Entfernung von 35 Meter ausübt. Ein verhältnißmäßig bedeutender Theil der Mondwärme wird in den oberen Regionen der Erdatmosphäre absorbiert, wodurch leichtere Wolken aufgelöst und dichtere verdünnt werden dürften, so daß ein geringer, bis anhin noch nicht bestimmbarer Einfluß des Mondes auf die Witterungsverhältnisse in dem Bereiche der Möglichkeit liegt. Diese wolkenzerstreuende Kraft des Mondes ist von den hervorragenden Autoritäten Herschel, Humboldt und Arago behauptet worden. Nach den neuesten Forschungen ist sie jedoch nicht so ganz zweifellos. Achtjährige Beobachtungen in Greenwich durch Loomis und in Bamberg durch Klein zeigten zur Zeit des Vollmondes eine stärkere Bewölkung als beim Neumonde, während sechsjährige Aufzeichnungen in Köln durch Klein das umgekehrte Resultat ergaben.

Eine andere Folge der Wärmeabsorption durch die höheren Luftschichten ist, daß die Erde ihre Wärme leichter in den sie umgebenden Raum ausstrahlt und an ihrer Oberfläche stärker abgekühlt wird. Ein ausführliches Temperaturverzeichnis, das von Park Harrison aus den Beobachtungen verschiedener Observatorien angefertigt worden ist, steht damit in harmonischer Uebereinstimmung. Man findet darin durchschnittlich, daß die Temperatur der Erdoberfläche im letzten Mondviertel ungefähr um $2\frac{1}{2}$ Grad niedriger ist als im ersten Viertel.

3. Den größten Einfluß auf die Erde übt der Mond durch Attraction.

Wie die Sonne durch ihre Anziehung den Flug der Erde regelt, so hat auch die Erde eine ähnliche Wirkung auf den Mond. Allein jede Anziehung ist gegenseitig. Es strebt nicht bloß der größere Körper den kleineren nach sich zu ziehen, sondern auch der kleinere den größeren, ein jeder nach dem Maße seiner Kraft. So übt auch die Erde eine Anziehung auf die Sonne und der Mond eine solche auf die Erde aus. Die großartigste Wirkung dieser Mondanziehung ist die Nutation. Ist der Mond dem Nordpol der Erde näher als dem Südpol, so wird nach dem Gravitationsgesetze jener stärker angezogen als dieser. Der umgekehrte Fall

tritt bei niederem Stande des Mondes ein. Diese Anziehung bewirkt ein Steigen und Sinken, eine Schwankung der Erdoaxe, welche Nutation genannt wird.

Wie im ersten Theile erwähnt worden ist, ändert sich die Lage der Knotenpunkte in einem draconischen Jahre um 360 Grad. Die Nutation der Erdoaxe erfolgt deshalb nicht in einer Ebene, sondern beschreibt mit ihrem Nordende in Zeiträumen von 18,6 Jahren Ellipsen von 19 und 14 Sekunden Achsendurchmesser und zwar so, daß die kleine Aze der Ekliptik zugekehrt ist. Daher kommt es, daß die Erdoaxe während des großen platonischen Jahres, eines Zeitraumes von nahe zu 26000 Jahren, sich nicht in der Peripherie eines Kreises von $23\frac{1}{2}$ Grad Radiuslänge um den Nordpol der Ekliptik bewegt, sondern um denselben in der angeführten Distanz die soeben besprochenen, kleinen Ellipsen beschreibt.

Auffällender zeigt sich der Einfluß des Mondes auf die Erde in der Ebbe- und Flutherscheinung, die von Kepler als eine Wirkung des Mondes bezeichnet, von Newton als eine Folge der Gravitation erwiesen und von Laplace bis in's Detail berechnet und erklärt wurde. Jedes Theilchen der Erde wird von dem Monde angezogen, das eine stärker, das andere schwächer, je nach seiner geringern oder größern Entfernung. Ein dem anziehenden Monde nächster Oberflächenpunkt der Erde wird stärker angezogen als ihr Mittelpunkt, er gibt dem stärkeren Zuge mehr nach als letzterer. Ein von dem Monde entlegenster Punkt der Erde wird schwächer angezogen als ihr Mittelpunkt; er gibt dem schwächeren Zuge mehr nach als dieser. Demgemäß nimmt das leicht verschiebbare Wasser der Erde die Form eines Sphäroides an, dessen große Aze gegen den Mond gerichtet ist und am obern und untern Meridian die Fluth darstellt, während in der Richtung der kleinen Aze die Ebbe eintritt. Dieses Sphäroid kommt wegen der Rotation der Erde nie zur Ruhe, sondern folgt in Gestalt einer breiten Welle dem Monde in seiner täglich scheinbaren Bewegung von Ost nach West, wodurch an jedem Orte während eines Tages zweimal Fluth und zweimal Ebbe entsteht. Die Fluth tritt nicht gleichzeitig mit der Culmination des Mondes ein, sondern immer eine bestimmte Zeit nachher. Die Dauer von dem Durchgang des Mondes über den Meridian bis zum Erscheinen der Fluth wird Hafenzzeit genannt; sie ist an den einzelnen Küsten verschieden und beträgt z. B. in Brest 3 Stunden, 47 Minuten und in Havre 9 Stunden 51 Minuten. Die Ursache der Hafenzzeit ist nicht so fast in der Trägheit der Materie und den Widerständen, welche die Fluthwelle erfährt, zu suchen, sondern vielmehr als eine Folge der Erdrotation anzusehen. Bezeichnet man den Weg, welchen die östlich und westlich vom Meridian gelegenen Gewässer zufolge

der Mondattraction in einer Stunde gegen den Meridian hin zurücklegen, mit v und den Weg, welchen ein Punkt der Erdoberfläche gleichzeitig von West nach Ost zurücklegt, mit s , so ist der Weg der westlichen Gewässer $= v + s$ und der Weg der östlichen $= v - s$. Die in derselben Zeit zurückzulegenden Strecken beider einander entgegensehenden Strömungen sind also ungleich; das Zusammentreffen derselben, die Fluthwelle, kann daher nicht in der Mitte des Gesamtweges, d. i. an dem Culminationspunkte des Mondes, auftreten, sondern muß in jener Richtung erscheinen, welche die raschere Strömung innehält, also in der west-östlichen Richtung; die Fluth tritt folglich nach der Culmination des Mondes ein.

Auch die Sonne bewirkt eine ähnliche Fluth; doch ist dieselbe wegen der weit größeren Entfernung der Sonne $2\frac{1}{2}$ mal geringer als die Mondfluth. Wenn Mond- und Sonnenfluth gleichzeitig eintreffen, so verstärken sie sich; es entsteht eine sogenannte Springfluth. Trifft die Fluth der Sonne mit der Mondebbe zusammen, so ist sie am kleinsten, und wird Nippfluth genannt. Springfluthen entstehen zur Zeit des Voll- und Neumondes, wo beide Weltkörper denselben Meridian durchschreiten und das Meerwasser nach der gleichen oder entgegengesetzten Seite hinziehen. Die Nippfluthen ereignen sich zur Zeit des ersten und letzten Viertels, wo der Mond mit der Sonne in Quadratur steht und beide Körper das Wasser nach verschiedenen Seiten hinziehen. Ueberdies sind die Fluthen zur Zeit, in welcher der Mond im Perigäum ist, um den vierten Theil stärker als zur Zeit des Apogäums. Die höchsten Springfluthen sind an den Tagen des Voll- und Neumondes zu erwarten, wenn zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche die größte Erdnähe des Mondes mit der größten Sonnennähe zusammentrifft.

Stehen beide Körper in größter nördlicher oder südlicher Declination, was bezüglich des Mondes monatlich zweimal und bezüglich der Sonne jährlich zweimal der Fall ist, so wird der Seespiegel der Nord- und Südhalbkugel der Erde abwechselnd gegen Norden und Süden sichtbar höher, und weil die Fluthen nahezu dreimal so langsam sich ausgleichen, als sie zusammengezogen werden, so müssen die Anziehungen der beiden Weltkörper mit ihren beiden täglichen, entgegengesetzten Parallelfuthen Meerwasser über beiden Halbkugeln zugleich polwärts anhäufen.

Diese Wasseranhäufung ist über derjenigen Halbkugel am größten, auf welcher die monatliche Mondnähe unveränderlich eintritt. Wie bekannt, umläuft das Perigäum die Ekliptik in einem Zeitraum von 8,8505 oder $8\frac{6}{7}$ Jahren. In der einen Hälfte dieser Periode fällt die Mondnähe ausschließlich der nördlichen und in der andern der südlichen

Erdbalbfugel zu. $4\frac{3}{4}$ Jahre lang erregt demnach der Mond auf einer und derselben Halbfugel die höchsten Fluthen und die größten Wasseranhäufungen. Dr. Schmid unterzog die durch Beobachtungen gelieferten Daten über die nach Jahren verschiedenen Niveauhöhen den sorgfältigsten Prüfungen und fand den angeführten periodischen Einfluß des Mondes aufs vollkommenste bestätigt. Dieses Resultat führte Schmid auf eine begründete Erklärung der vorher dunkel gebliebenen geologischen Thatfachen des öfteren Versenkens ganzer Continente in das Meer und der Eiszeiten.

Bekanntlich bestehen die meisten Theile der Erdrinde bis in unmeßbare Tiefen hinab aus Schichten, welche durch die Versteinerungen von Meeresthierchen und Pflanzen ihre Absetzung aus Meeren bekunden, also eine Versenkung der Continente unter das Meer unwidersprechlich machen, die man nur nothdürftiger Weise durch benachbarte Hebungen, durch Auswaschungen u. s. w. erklärte. Wie das Perigäum in $8\frac{1}{2}$ Jahren, bewegt sich das Perihel (Sonnennähe) in 21000 Jahren um die Ekliptik. 10500 Jahre lang steht also die Sonne zur Zeit des Perihels stets über derselben Halbfugel der Erde senkrecht und hat ähnliche Wirkungen wie der Mond. Gegenwärtig tritt das Perihel den 1. Januar ein. Die Sonne wirkt daher im Sommer des Südens auf die südlichen Meere längere Zeit senkrecht und aus größerer Nähe, die Sommersonnenfluthen des Südens sind stärker als die des Nordens; es gelangt folglich im Sommer des Südens eine größere Wassermenge dorthin, welche in unserem Sommer nicht wieder vollständig zurückkehrt, weil die Sonne in ihrem Aphel (Sonnenerne) steht. Hiedurch strömt während 5250 Jahren alljährlich etwas Wasser nach Süden und bewirkt dort ein allmähliges Steigen der Meere, was nicht bloß durch die Beobachtungen bestätigt wird, sondern auch die verhältnißmäßig kleinen Landstrecken des Südens erklärt. In den folgenden 5250 Jahren fällt das Perihel mehr auf die Aequinoctien und in dem darauf eintretenden gleichen Zeitraume in die nördliche Hemisphäre; folglich wird dann auf derselben in gleicher Weise die Meeresmenge des Nordens sich vergrößern und die nördlichen Continente überfluthen, während die des Südens neu aus dem Meere hervortreten. Diejenige Halbfugel, welche vorwiegend Wasser enthält, muß schon durch die große Wärmecapacität des Wassers eine geringere Temperatur erhalten; sie muß außerdem durch die stärkere Verdunstung und Eismelzung eine größere Wärmemenge absorbiren. Hiedurch erklärt sich die größere Kälte der Südhemisphäre und das Ueberwuchern des Eises am Südpol, die südliche Eiszeit.

Die nördliche Hemisphäre erreichte 4000 Jahre vor

Christus ein Maximum der Gletscher-Erstreckung und wird nahezu $4\frac{1}{2}$ Tausend Jahre nach der Jetztzeit zu einem Maximum von freier Wärme gelangen, welche sich bis dahin in soweit polwärts wirksam erweisen wird, als dies die stetig fortschreitende, allgemeine und unaufhaltsame Erkaltung des Erdkörpers zulassen wird.

Der ununterbrochene, wasserversehende Einfluß des Mondes, vereint mit dem der Sonne, ist ferner nach Dr. Schmid die Hauptursache der bekannten Meeresströmungen.

Sonne und Mond stellen dem Gesamt-Erdmeere gegenüber ein doppeltes Wasser-Hebewerk dar, welches unaufhörlich den Seespiegel an beiden Erdpolen aufzutreiben, das Wasser-Hohlspähröid polwärts zu verlängern strebt. Ebenso ununterbrochen ist die Ausgleichung der doppelten polaren Wasserstauung gegen den Aequator hin. Sie erfolgt in einer langsamen Bewegung des sämmtlichen Meerwassers auf den Gleicher zu und zwar in Folge der Erdrotation auf der Nordhalbfugel in einer südwestlichen, auf der Südhalbfugel in einer nordwestlichen Richtung. Diese Doppelbewegung zeigt sich am Boden des Oceans in einer hohen flachen Aufwulstung des sich von beiden Hemisphären her begegnenden eiskalten Grundwassers und an der Meeresoberfläche in der doppelten Westströmung. Eine von Schmid angestellte Berechnung zeigt, daß dem polaren Wasser-Versehungs-Betrage sowohl die durch Lothung ermittelte äquatoriale Kaltwasserstauung, als auch die Schnelligkeit und Tiefe der Oberflächenströmung scharf entspricht. Alle andern Meeresströmungen sind nur Folgen jener äquatorialen Bewegung und bieten keine weitem Schwierigkeiten dar.

Nach dem Gravitationsgesetze muß der Mond auch auf das von den meisten Geologen für heißflüssig gehaltene Innere der Erde in ähnlicher Weise wie auf das Meer einwirken. Dieser Einfluß ist jedoch wegen der größern Entfernung der Innenstoffe von dem anziehenden Körper etwas geringer; zudem kann die Bewegung derselben wegen der harten Erdhülle keine freie Entwicklung haben, sondern muß sich nur in einem wellenförmig wachsenden und abnehmenden Drucke nach außen kund geben. Die Wirkung dieser Wellenbewegung auf die Erdrinde ist in entsprechend kleinern Maßstabe dieselbe, welche die Bewegung der Innenstoffe des Mondes in Folge der Erdattraction auf der Mondoberfläche in ihren letzten Bildungsperioden hervorgebracht hat.

Dr. Schmid und Rudolph Falk betrachten diese Einwirkung des Mondes, vereint mit der Anziehungskraft der Sonne, als Ursache der Erdbeben und Vulkanausbrüche.

Wenn nämlich im Innern der Erde eine ähnliche Be-

wegung wie in der Ebbe und Flutherscheinung vorgehen muß, so braucht nur der mögliche, aber auch wahrscheinliche Fall angenommen zu werden, daß der Druck der unterirdischen Fluth durch eine gewölbartige Grenze des Festen von einem größeren Bereiche her auf Einen Punkt concentrirt wird. Bei dieser Annahme erfolgt an solchen Stellen durch die Fluthwelle entweder ein mächtiger Stoß, eine Erschütterung der übergelagerten Erdmassen, ein sogenanntes Erdbeben, oder es fand zur Zeit, als die Erdrinde noch dünner war, ein Ueberstoßen des Flüssigen über die Erdoberfläche hinaus statt, wodurch die Erdrinde in Folge wiederholten Ausfließens stets schwächer blieb, so daß sie stellenweise dem Stöße auch jetzt noch nicht widerstehen kann; diese Stellen bilden die Krater der Vulkane. Natürlich müssen die Kanäle, durch welche dieses Ueberstoßen erfolgt, schon vorher theilweise mit feuerflüssigen Massen gefüllt sein und oben ihre specifisch leichtesten, halbverbrannten Stoffe tragen, die bei geringerem unterirdischen Drucke auch allein zum Vorschein kommen können. Die Erscheinung des Ueberfließens muß sich nicht bei jeder täglichen Innenwelle des Druckes, ebensowenig bei jeder wirksamsten Constellation von Sonne und Mond zu wiederholen brauchen, sondern nur dann, wenn die ununterbrochen erneuerte Nachschiebung beweglicher Massen durch eine langsame Füllung der Hohlräume und Auswurfkanäle eine Fortpflanzung des Druckes bis zur Oberfläche ermöglicht.

Herr Falb vertheilte die von Robert Mallet catalogisirten Erdbeben vom Jahre 800 nach Christus bis 1842 auf die Monate, an welchen sie stattfanden, und es zeigte sich beim Vergleiche der Anzahl der Erdbebetage mit der jeweiligen Stellung von Sonne und Mond zur Erde ein für diese Erdbeben Theorie sehr günstiges Resultat. Je näher die fluthbildenden Körper der Erde und dem Aequator waren, desto häufiger traten Erdbeben ein, namentlich wenn Sonne und Mond in derselben Richtung wirkten. — Dieses Resultat wurde durch sehr genaue Untersuchungen von Dr. Jul. Schmidt bezüglich der Mondattraction völlig bestätigt. Die Erdbeben von 1776 bis 1873 unterzog er sowohl allgemein, als auch für einzelne Zeitabschnitte den genauesten Berechnungen, verglich sie mit der Entfernung des Mondes von der Erde und fand bei verschiedenen Vergleichungsmethoden dies Eine Resultat: Die Erdbeben waren in der Erdnähe häufiger als in der Erdferne. Mit gleicher Genauigkeit prüfte Schmidt die Erdbeben in ihrer Beziehung zur Lage des Mondes gegen die Erde und Sonne; das Ergebniß führte zu dem Schlusse, daß ein Maximum der Erdbeben um die Zeit des Neumondes und ein anderes zwei Tage nach dem ersten Viertel stattfand, während eine Abnahme der Häufigkeit um die Zeit des Vollmondes, und die geringste Anzahl am

Tage des letzten Viertels sich erwies. — Daß zur Zeit von Sonnenfinsternissen bisweilen sehr heftige Erderschütterungen stattfanden, ist ein weiterer Beleg für diese Ansicht.

Das Erdbeben vom 3. März dieses Jahres spricht vielleicht am deutlichsten für diese Hypothese. Die bedeutendsten Glieder unseres Sonnensystems, welche die Fluth befördern, waren sehr nahe beisammen. Am genannten Tage stand Jupiter um 2 Uhr Nachmittag, Saturn um Mitternacht und Venus um 2 Uhr Morgens den 4. März mit dem Monde in Conjunction. Die drei Planeten und unser Trabant waren in Rectascension (Entfernung eines Gestirns von dem Frühlingsäquinocium am Aequator) nicht mehr als 36 Zeitminuten entfernt und die größte Differenz ihrer Declinationen (Entfernung eines Gestirns vom Aequator) betrug nicht ganz 7 Grad, 11 Minuten, eine Constellation, die nicht jedes Jahrhundert eintritt. Das Ereigniß traf nicht volle 3 Tage nach Neumond und 5 Tage, 4½ Stunden nach dem Perigäum ein. Es wirkten folglich nicht nur Sonne und Mond in sehr günstiger Stellung auf die Erde, sondern auch die nahe gelegenen Planeten und zwar in derselben Richtung. Kann jene Erderschütterung als Wirkung dieser Massenanziehung betrachtet werden, so dürfte man die Ursache der gegenwärtig so zahlreich vorkommenden Erdbeben vielleicht der so nahen Stellung der beiden größten Planeten, Jupiter und Saturn, theilweise zuschreiben können.

Den Vulkaneruptionen gehen gewöhnlich Erdbeben in der Gegend der Vulkane voraus; man hält deshalb Vulkane und Erdbeben für Aeußerungen derselben Kraft. Palasca hat bemerkt, daß ein höherer Stand des Meeres in einem gewissen Stadium der Vulkanausbrüche die Lebhaftigkeit der Erscheinung erhöhen kann, und Jul. Schmidt stimmt ihm bei. Aenderungen im Meerespiegel sind aber von dem Stande der Sonne und des Mondes abhängig; es können somit die Variationen in den Eruptionen mit der Lage der genannten Körper in Verbindung stehen.

Ein auffallender Zusammenhang der Erdbeben und Vulkanausbrüche mit dem Erscheinen der Nordlichter und der magnetischen Störungen läßt noch einen weitem Einfluß des Mondes auf das Erdinnere vermuthen.

Die Zahl der Sonnenflecken erreicht alle 11½ Jahre ein Maximum und sinkt in der Zwischenzeit zu einem Minimum herab; dieselbe Periode macht sich geltend in der Mächtigkeit der Lichtentwicklung der Sonnenfackeln, sowie merkwürdigerweise in der täglichen Variation der Magnetnadel, in der Intensität des Erdmagnetismus, in dem Erscheinen der Nordlichter und in der Anzahl der Erdbeben und Eruptionen, so daß die an Erderschütterungen und Vulkanausbrüchen reichen Jahre auf die Sonnenflecken-

Minima fallen und umgekehrt. Die Dauer dieser Periode kommt dem Jupiter-Jahre sehr nahe.

Während der großartigen Vulkaneruptionen zu Santorin im Jahre 1866 hat Jul. Schmidt vom 1. Januar bis 31. März nebst 50 Tagen, an welchen größere oder kleinere Erdbeben verspürt wurden, nicht weniger als 15 Nordlichter und zur Zeit der stärksten Santoriner-Eruptionen eine große magnetische Störung notirt. Schon Kreyl und Lamont haben einen geringen Einfluß des Mondes auf die Magnetnadel wahrgenommen, welcher im allgemeinen in einer Ablenkung derselben von der Mondstellung sich kund gibt. Diese Wirkung steht im Zusammenhang mit Böllner's Ansicht, nach welcher das feurigflüssige Erdinnere durch kosmische Attraction in nordöstlichen Unterströmen und südwestlichen Obsterströmen sich bewegt, in welcher letztere Zacken der Erdrinde hineintauchen. Ähnlich den Diaphragmenströmen entstehen durch diesen Contact elektrische Ströme, welche zur Erklärung der nordwestlichen Richtung der Magnetnadel ausreichen. Die sekularen Variationen der Nadel beruhen auf den allmählichen Veränderungen der Innenfläche der Erdrinde, während die täglichen, jährlichen und plötzlichen größtentheils mit Erdbeben, Ausbrüchen von Vulkanen und Nordlichtern in inniger Verbindung stehen. Die Nordlichter selbst können als elektrische Ausströmungen angesehen werden. Denn die erwähnten elektrischen Ströme im Erdinnern laufen in den magnetischen Polen zu Spigen zusammen, und da die Erde selbst negativ elektrisch ist, so strömt an den Polspigen, wie an den eckigen Körpern, welche an dem Conductor einer Elektrifirmaschine angebracht werden, negative Elektrizität aus und zwar gegen die höhern Luftschichten der gemäßigten Zone hin, wo positive Elektrizität in größter Menge vorhanden ist.

Bestätigt sich Böllner's Anschauung bezüglich der unterirdischen elektrischen Strömung, so sind auch die Phänomene des Erdmagnetismus und der Nordlichter Folgen kosmischen Einflusses durch Attraction.

Außer dem flüssigen Erdinnern und den Meeren gehört zur Erde noch ein anderer Körper, der Luftocean, welcher von der Anziehungskraft des Mondes beeinflusst wird. Wegen der geringern Entfernung von dem anziehenden Körper und zufolge der Expansivkraft der Luft ist man sogar berechtigt, in der Atmosphäre eine weit größere Ebbe- und Fluthdifferenz anzunehmen als bei dem Wasser. Am Barometer ist sie zwar kaum bemerklich, da nach Toaldo ihr Betrag höchstens 0,2 Millimeter ist, und nach Eisenlohr der Luftdruck zur Zeit der Syzygien (Voll- und Neumond) nur höchst unbedeutende Minima zeigt. Indes vergesse man nicht, daß wir den Ocean auf seiner Oberfläche, das Luftmeer dagegen nur an

seinem Grunde beobachten können. Die Luftfluth ist für uns ebenso unspürbar, als es die Wasserfluth für die auf dem tiefen Meeresgrunde lebenden Geschöpfe ist. Daß die atmosphärischen Gezeiten sich nicht derart entschieden bilden und äußern, wie die des Wassers, ist bei der großen Beweglichkeit des Luftoceans und den vielen localen Faktoren, die darauf einwirken, wohl kaum überraschend. Was wir oben über den Einfluß des Mondes auf die Meeresströmungen angeführt haben, gilt nach Dr. Schmied im allgemeinen auch bezüglich der Luftströmungen, der Passate sowohl, wie auch aller mit ihnen zusammenhängenden stetigen Windverzweigungen; es ist somit die aufsteigende heiße Luft des Aequatorgürtels durchaus nicht die alleinige Ursache der Strömungen des Luftmeeres.

Aus dieser Wirkung des Mondes, vereint mit der Anziehungskraft der Sonne, leitete Rudolf Falb einen Einfluß der beiden Weltkörper auf die Witterung und die periodische Beschleunigung des Wasserkreislaufes ab. Die Anziehung von Sonne und Mond, welche in der heißen Zone am größten ist, befördert das Aufsteigen des Aequatorialstromes und beschleunigt seine Geschwindigkeit, wodurch der Kampf desselben mit dem Polarstrom heftiger wird und sich auf eine größere Fläche ausdehnt. Die Größe dieser Wirkung hängt von der Stärke der jedesmaligen Hochfluth ab. Der feuchte Aequatorialstrom liefert den nördlichen Breiten das Condensationsmaterial, welches entweder als Schneegebirge mit Nordost-Wind, oder als Regen mit warmen Südwest-Wind zu uns gelangt.

Der erste Fall tritt ein, wenn bei der Hochfluth des Luftoceans der Aequatorialstrom hoch über uns hinwegfährt und seinen Inhalt erst im hohen Norden abgibt, während unten über der Erdoberfläche der Polarstrom mit der Beute rasch nach Süden eilt. In diesem Falle kann es vorkommen, daß der in hohen Breiten vom Aequatorialstrom mit Dünsten gesättigte Nordstrom seine Schneemassen sogar bis in die südlichsten Regionen Europas trägt. Im andern Falle, zur Zeit der Luftebbe, fließt der Aequatorialstrom minder kräftig, kommt noch wenig abgekühlt schon in unsern Breiten hernieder und läßt es zu keinem so gewaltigen Abflusse des Nordstromes kommen. — Wo sich immer beide Ströme in schnellem Fluße und mit ihren ursprünglichen Temperaturen berühren und dadurch zu raschen Condensationen des Wasserdampfes Veranlassung geben, da werden ausnahmslos Gewitterwolken erzeugt, welche sich vorzüglich im Winter in wolkenbruchartigen Niederschlägen mit Hagelschauern unter Blitz und Donner entladen, während derart erzeugte Gewitter im Sommer durch fortwährendes, nicht enden wollendes Donnern, sowie durch rasche Aufeinanderfolge einer ganzen Reihe von Gewittern im Laufe eines Tages sich

charakteristren. Diese Theorie wurde durch zahlreiche Beobachtungen und durch das genaue Eintreffen vorherbestimmter Gewitter bestätigt.

Die Lebhaftigkeit des atmosphärischen Austausches, welche sich durch große Fluthconstellationen steigert und demnach periodischen Schwankungen unterliegt, übt auf das organische Leben auf der Erdoberfläche keinen günstigen Einfluß aus. Da mit dem raschern Auftriebe der Luft in der heißen Zone einerseits auch eine raschere Verdunstung des Meeres daselbst, und andererseits durch den schnellern Abfluß der trockenen Nordluft eine raschere Mischung der beiden Ströme und daher ein heftigerer Niederschlag verbunden ist, so wird der Kreislauf des Wassers in Zeiten großer Fluthconstellationen rascher vor sich gehen als in Epochen der Ruhe. Der größern Anziehung von Sonne und Mond entspricht eine größere Entwicklung von Thätigkeit des Wasser- und Luftmeeres und eine schnellere Aufeinanderfolge von Spannung und Auslösung der mechanischen Energie der beiden Oceane. Nun ist es für die Erdoberfläche nicht gleichgiltig, ob eine bestimmte Menge Wassers in 10 Jahren oder schon in einem Jahre seinen Kreislauf vollendet. Denn an die Dauer dieses Processes knüpft sich die Gestaltung der mittlern Jahrestemperatur, das Maß des Eindringens des Wassers in den Boden, die Zu- und Abnahme der Flüsse, das Quantum der Erosion und Verwitterung. Die Stärke der Hochfluth des Luftoceans ist wie die des Wassers hauptsächlich von der Mond- und Sonnennähe abhängig und verändert sich in denselben Perioden, welche bei der oben angeführten Wasserumsetzungstheorie angenommen worden ist. Diese Perioden der Hochfluth des Luftmeeres und die mit ihnen zusammenhängenden, größern Maxima der Niederschläge reichen endlich nach Falb vollkommen aus, die periodischen Vereisungen und Vergletscherungen unserer Breiten zu erklären.

Die vorgeannten Phänomene sind zwar nicht ausschließlich Folgen der Mondattraction, sondern werden zum Theil hauptsächlich durch die Anziehungskraft der Sonne bewirkt. Nicht destoweniger ist die Mondwirkung für die Wissenschaft in sofern von vorzüglicher Bedeutung, weil sie, in Folge der kurzen Dauer der maßgebenden Perioden, leicht controlirt werden kann und den Beobachter in den Stand setzt, auf verschiedenen

Zweigen der Wissenschaft, namentlich auf dem Gebiete der Geologie und Meteorologie, Zweifel und Widersprüche zu lösen und Zusammenhang in anscheinend einander fremde Resultate der Forschung zu bringen.

Beim schließlichen Rückblick auf vorliegende Abhandlung drängt sich uns unwillkürlich der Gedanke an Haller's Ausspruch auf:

„O Meßkunst, Baum der Phantasie!

„Wer dir will folgen, irret nie;

„Wer ohne dich will geh'n, der gleitet.“

Von den Ergebnissen der Mondforschung können wir einzig das, was den Berechnungen unmittelbar unterzogen werden kann, als bestimmt und abgeschlossen betrachten. Die Bewegung des Mondes ist in den Einzelheiten bis auf Bruchtheile von Sekunden genau bestimmt, seine Entfernung von der Erde und seine Dimensionen sind gleichfalls bis zu ganz unbedeutenden Differenzen bekannt. Der weit größere Theil aber, die physische Beschaffenheit und der Einfluß auf die Erde, schwebt noch im Reiche der Hypothesen oder ist bis anhin ein ungelöstes Räthsel.

Die Worte Laplace's: „Unser Wissen ist gering, unser Nichtwissen unermesslich“, bewahren sich vollkommen bezüglich des Mondes, des nächstgelegenen von den unzählbaren Himmelskörpern, den großartigsten Werken göttlicher Allmacht. Man darf zwar hoffen, daß die Riesenteleskope, welche gegenwärtig in Amerika zu bauen unternommen und auf hohen Berggegenden, wo die Luft sehr klar und ruhig ist, aufgestellt werden, für die Beobachtung der kleinsten Gegenstände der Mondoberfläche werthvolle Beiträge liefern. Aber auch im günstigsten Falle bleibt dem forschenden Geiste noch immer ein weites Feld unseres Trabanten zur Untersuchung übrig und der glücklichste Entdecker wird auch nach den besten Erfolgen seiner Anstrengung an die Worte denken, welche J. Newton angesichts seiner großen Entdeckungen ausgesprochen hat: „Ich komme mir vor wie ein Knabe, der am Meeresufer spielt und sich damit belustiget, daß er dann und wann einen glatten Kiesel, eine schönere Muschel als gewöhnlich findet, während der große Ocean unerforschlich vor ihm liegt.“

U. J. O. G. D.



Verzeichniß der benützten Werke:

- Asterios, die Physiognomie des Mondes, Nördlingen. C. H. Beck'sche Buchhandlung. 1879.
- Mädler's Populäre Astronomie. V. Auflage. Berlin. Heymann. 1861.
- " Kurzer Abriß der Astronomie. Essen. G. D. Bädecker. 1863.
- Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik. II. Auflage. Braunschweig. Vieweg und Sohn. 1861.
- Nasmyth und Carpenter. Der Mond als Planet, Welt und Trabant. II. Auflage. Leipzig. F. Voss. 1880.
- Schmidt's Vulkanstudien. Leipzig. C. Scholze. 1874.
- " Studien über Erdbeben. Leipzig. C. Scholze. 1875.
- Schmick. Der Mond als glänzender Beleg für die kosmisch bewirkte säkuläre Umlegung verschiebbarer Theile der Weltkörper. Leipzig. C. Scholze. 1876.
- Schmick's Nachbarwelten als gegenseitige Gestalten. Leipzig. Alwin Georgi. 1889.
- Secchi. Le Soleil. Paris. Gauthier-Villars. 1877.
- Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie. Leipzig. C. Scholze. 1876—1881.
- Weygandt's Mathematische Geographie. Zugbach. W. Weickhardt. 1870.
- Wolf's Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie. Zürich. F. Schulthess. 1870.

