ERSTER THEIL.

I. CAPITEL.

VON DER SCHWERE.

A) Vom Fall der Körper.

§. 47.

I. Versuch. Man lasse einen (festen) Körper von einer beliebigen Höhe frei und ungestört herabfallen; er wird in geradlinigter Richtung nach Verlauf einer gewissen Zeit zur Erde gelangen. Dasselbe wird statt finden, wenn man den Körper in möglichst gerader Richtung in die Höhe wirft; er wird endlich einen Punct erreichen, wo er zu steigen aufhört, und sich jetzt auf die beschriebene Weise zur Erde begeben. Zugleich wird man bei sehr bedeutenden Fallhöhen beobachten, dafs der fallende Körper sich um so geschwinder bewegt, je mehr er sich der Erde nähert, dafs also seine Bewegung eine beschleunigte sey (vergl. §. 35. N. 3.), und dafs das a. a. O. erwähnte Gesetz auf ihn angewendet werden könne.

1) Um bei der so schnellen Bewegung fallender Körper, die Zeit genau und bei verschiedenen Fallhöhen abmessen zu können, bedient man sich zu solchen Versuchen zweckmässiger einer Maschine, die ihrer Einrichtung zufolge die Schnelligkeit des Falles im Ganzen genommen um etwas vermindert, ohne jedoch das Verhältniſs der beschleunigten Bewegung in den nach einander folgenden Zeiträumen zu verändern. An einem Faden, der über ein am Umfange ausgekehltes senkrecht laufendes Rädchen gezogen ist (oder zwei genau in einer Ebene laufende Rädchen), hängen zwei Gewichte A und B das leztere kleinere stehe auf dem Boden am Ende einer senkrechten Scale; das grössere A hänge oben am Anfang dieser Scale, und beide Gewichte seyen von unten durch einen eben so langen Faden verbunden (von welchem an der einen Seite so viel mit dem steigenden Gewichte hinauf als an dem oben an der anderen Seite mit dem fallenden hinabgeht), damit der erstere Faden nicht auf der Seite des sinkenden Gewichts das Gewicht vermehre. Läſst man das Gewicht B los, so sinkt A, indem B steigt. Das Bestreben beider Gewichte zu fallen (ihre Schwere) heise g, die Differenz A B heise m, so ist die Bewegungsgrösse des fallenden Gewichts m g, da B g, eine ihm gleiche Quantität in A g aufhebt. Hiemit hat es aber nicht nur sein eignes A, sondern auch B zu treiben. Die ganze zu treibende Masse A + B heise M, und die Geschwindigkeit der Bewegung sey x, so muſs $Mx = mg$, mithin $x = \frac{mg}{M}$ werden, indem $M : m = g : x$ d. h. so viel kleiner die eigentliche bewegende Masse m ist, gegen die ganze bewegte M, so viel kleiner

wird die Geschwindigkeit x, mit der das ganze M (steigend und fallend) bewegt wird gegen das g, mit der das m fallen würde, wenn es sich allein zu treiben hätte. Vergl. Hildebrandt a. a. O. S. 92. u. s. f. Ueber Atwood's Fallmaschine vergl. Gilberts Ann. 1803. St. V. S. 1. u. s. f.

2) Gallilei entdeckte zuerst die Gesetze des freien Falles schwerer Körper, entwarf eine Theorie der Fallbewegung und suchte dieselbe durch Versuche mit dem (später vorkommenden) Falle auf der schiefen Ebene zu bestätigen. Vergl. dessen Dialogus de motu locali. L. B. 1699. 4. — Riccioli (vergl. Almajestum novum II. c. 21. Prop. 4.) ein Schüler des Gallilei und Grimaldi liessen, um G.'s Theorie durch unmittelbare Versuche zu bestätigen, Kreidekugeln von 8 Unzen Gewicht, durch genau gemessene Höhen bei einem genauen Zeitmaase durch ein Pendul fallen und stiessen auf Resultate, die (ohnerachtet des nicht beseitigten Widerstandes der Luft, der überhaupt bei gewöhnlichen Fallversuchen als nicht vorhanden angesehen wird) so genau mit der (den gedachten Widerstand nicht berücksichtigenden) Theorie übereinstimmten, daſs sie schon aus diesem Grunde verdächtig sind. Neuerlich haben Gufielmini zu Bologna (vergl. de diurno terrae motu experimentis confirmato. Brem. 1792. 8.) und Benzenberg zu Hamburg (vergl. dessen Nachricht von Versuchen, welche im Hamburger St. Michaelsthurme über den Fall der Körper, zum Beweise der Axendrehung der Erde, im Grossen angestellt werden, in Gilbert's Annal. Jahrg. 1802. St. VI. oder XI B. II St. S. 169. und Forts. St. IV. S. 470. u. s. f.) mit Bleikugeln von 1½ Zoll Durchmesser in

Höhen bis zu 321 Par. Fuſs Versuche der Art angestellt. — Ausserdem vergl. man noch über die Entdeckung und Erforschung der Schwere §. 11. N. 3.

§. 48.

Als Ursache des Falles der Körper, und der dabei stattfindenden gleichförmig beschleunigten Bewegung, nimmt man seit GALLILEI eine vom Mittelpuncte der Erde aus stetig wirksame Anziehungskraft an, welche man die Schwere (Gravitas) nennt; auch bezeichnet man das Phänomen selbst: das Bestreben unterstützter Körper, die auf ihre Unterlage drücken, nach Wegnahme dieser Unterlage zu fallen oder sich zu senken, d. h. sich in einer geraden Linie nach der Erde zu von selbst zu bewegen, mit diesem Ausdrucke.

1) Jede in der Richtung des Falles gegebene Linie, nennt man loth- oder senkrecht oder vertical (Linea verticalis); sie macht mit der Oberfläche stillstehenden Wassers und mit jeder in der Ebene des scheinbaren Horizonts liegenden Erdfläche, oder überhaupt mit jeder wasserrechten oder Horizontalebene (Planum horizontale) rechte Winkel. Ist aber die Richtung des Falles senkrecht, und steht auf der Oberfläche einer Kugel nur dann eine Linie senkrecht, wenn sie durch den Mittelpunct derselben geht, so müſste auch, falls die Erde eine Kugel (und mithin die Ebene des scheinbaren Halbmessers ihre Plantangente) ist, die Richtung fallender Körper, in der Richtung des Halbmessers der Erde, oder die

Richtungslinie derselben verlängert gegen den Mittelpunct der Erde gehen. Da aber die Erde keine vollkommene Kugel, sondern ein Sphäroid ist, so gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch den Mittelpunct (sondern an jedem Orte in der Richtung der Normallinie oder des Halbmessers der Krümmung) können indeſs ohne sonderlichen Fehler in der Praxis so angesehen werden, als wenn die Erde kugelrund wäre. Eben so kann man auch (wegen der grossen Entfernung der Oberfläche von dem Mittelpuncte der Erde) die Richtungslinien der Schwere benachbarter Körper als parallel laufend betrachten, ohnerachtet sie stets mehr oder weniger convergirend sind.

2) Neuton drückte zuerst das Gesetz der Schwere in seiner gröſsten Allgemeinheit dadurch aus, daſs er jenes Bestreben irdischer Körper nicht bloſs als gegen den Erdmittelpunct wirkend, sondern als in allem Körperlichen gegenseitig stattfindend nachwieſs. Alle Körper sind gegen einander schwer, d. h. ziehen sich wechselseitig an; Vergl. J. Neutons principia philosophiae naturalis. Amstelod. 1714. 4. L. III. Prop. IV. seqq. pag. 313. Die Annahme von Imponderabilien ist stets hypothetisch; vergl. §. 24. N. 2. und §. 26. N. 4.

3) Die Schwere muſs mit einer gewissen Stärke in denen ihr Folge leistenden Wesen ausgedrückt werden; Erfahrung lehrte uns bisher, daſs diese Stärke zwar (aus später zu erläuternden Gründen) an verschiedenen Orten der Erde verschieden ist, aber nicht in Körpern von verschiedener Dichtigkeit und von verschiedener Qualität; jedoch müssen über das Verhältniſs der lezteren vorzüglich, noch genaue

Beobachtungen entscheiden; über das der ersteren werden wir in der Folge mit Hülfe der Luftpumpe einige Versuche beibringen, die wenigstens durch ihre Resultate sich jenen Erfahrungssätzen annähern. Vergl. einstweilen §. 40. N. 4. — Die bestimmte Stärke der Schwere wird gleiche bestimmte Geschwindigkeit in der Bewegung fallender Körper zur Folge haben, und daher nimmt man rücksichtlich dieses Verhältnisses, bei bewegten schweren Körpern die Ausdrücke Schwere und Geschwindigkeit für gleichbedeutend.

4) Bei jedem fallenden Körper, wird seine Bewegungsgrösse durch seine Masse und Geschwindigkeit bestimmt, und beide Factoren werden durch die Benennungen Gewicht und Schwere unterschieden. Ueber die Benennung Gewicht vergl. §. 23. N. 2.

5) Der Erfahrung gemäſs ist die Schwere an einem und demselben Orte immer dieselbe, sowohl in Rücksicht ihrer Richtung als auch in Hinsicht ihrer Stärke. Die Erfahrungen hierüber sind indeſs noch nicht von hohem Alter, mithin auch noch nicht von weitgehender Vergleichung, und wenigstens läſst sich die Möglichkeit einer verschiedenen Ab- und Zunahme der Erdschwere denken; eine Hypothese mit der wir manche annoch problematische Naturerscheinungen wenigstens einigermasen in Rücksicht ihrer Bedingungen anzudeuten vermögen. Z. B. die Abnahme des Wassers auf der Erde, ausser verschiedenen untergeordneten Ursachen, durch eine wachsende Zunahme der Erdschwere, welche das Flüssige nach und nach mehr verdichtet, während das Feste als solches einem solchen In-sich-hineinziehen sich vermöge seiner innern Unbeweglichkeit widersetzt etc.

Aehnliche Hypothesen liegen denen §. 26. N. 4. gedachten Naturansichten zum Grunde.

6) Descartes, Huygens, Bülfinger, Kratzenstein und le Sage wollten die Schwere zum Theil von einer freien schwermachenden Materie ableiten; eine Hypothese die nichts für sich aber alles gegen sich hat, wenn sie auch nur als Bildersprache aufgefafst wird.

§. 49.

Der Stetigkeit zufolge, mit welcher die Schwere auf die Körper (der Erfahrung gemäfs) wirkt, müssen wir den freien Fall der Körper als eine gleichförmig beschleunigte Bewegung betrachten (vergl. §. 35. N. 3.), und zugestehen, dafs jeder fallende Körper, wenn er einen gewissen Raum von seinem ehemaligen Ruheorte an durchläuft, nach Verlauf einer gewissen Zeit eine Endgeschwindigkeit erlangt, die ihn, wenn die auf ihn wirkende Schwere zu wirken aufhörte, in der gleich grossen Zeit durch den doppelt so grossen Raum gleichförmig treiben würde. — Erfahrung hat gelehrt, dafs ein schwerer Körper beim freien Falle (in unseren Gegenden in der ersten Zeitsecunde eine Höhe von 15,094662 pariser Fufs oder 2173,63 pariser Linien, oder 15,625 rheinländische Fufs durchläuft; und mittelst dieses Erfahrungssatzes in Verbindung der allgemeinen Gesetze gleichförmig beschleunigter Bewegung (vergl. §. 34. N. 10

und §. 35. N. 3.) läſst sich finden: a) wie groſs der Raum ist, den ein Körper in jeder gegebenen Secunde durchfällt; b) wie groſs die Höhe ist, von der er in zuvor bestimmter Fallzeit herabgefallen, und c) wieviel Zeit er, bei zuvor angegebener Höhe gebraucht hat.

1) Jene Fallhöhe in der zur Zeiteinheit angenommenen Zeitsecunde, bestimmte zuerst HUYGENS (Horologium oscillatorium. Paris 1673. Fol. P. IV. pr. 26), jedoch nicht auf die §. 47 berührten Weisen, welche nie vollkommen genaue Bestimmungen zulassen, sondern mittelbar durch's Pendel (Vergl. §. 37. N. 5.).

2) Sofern die Richtungslinie fallender Körper auf die Erdkugel senkrecht steht, kann auch durch die Perpendicularlinie die durch den Erdmittelpunct geht, der Raum gemessen werden, den ein schwerer Körper beim Falle durchläuft; und diese Perpendicularlinie nennt man auch die Höhe fallender Körper, die mithin der von diesen Körpern durchlaufene Raum ist. Hieraus folgt, daſs sich auch die Höhen fallender Körper verhalten, wie die Quadrate der Zeiten oder Geschwindigkeiten; vergl. §. 35. N. 13.

3) Wollten wir uns die Wirkungen der Schwere als Stösse vorstellen, die untereinander gleich stark sind, so würden sich die Geschwindigkeiten fallender Körper wie die Menge der Stösse verhalten, die die Körper durch die Schwere bekommen haben. Die Menge der Stösse können sich aber nur wie die Zeiten verhalten, in welchen die Schwere gedachtermasen gewirkt hat, mithin verhalten sich

die Geschwindigkeiten fallender Körper wie die Zeiten in welchen sie gefallen sind; und mithin wird zufolge des obigen (N. 2. dieses §s.) Gesetzes, ein Körper der in der ersten Secunde durch eine gewisse Höhe fiel, in zwei Secunden viermal, in drei Secunden neunmal so tief u. s. f. fallen.

4) Die Endgeschwindigkeiten fallender Körper verhalten sich (vergl. §. 35. N. 3.) wie die Quadratwurzeln der Räume oder Höhen, woraus folgt dafs diejenigen Räume, welche fallende Körper mittelst der Endgeschwindigkeiten in gegebener Zeiteinheit, ohne fernere Einwirkung der Schwere blofs vermöge der Trägheit zurücklegen würden (welche auch die zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten genannt, vergl. weiter oben), sich verhalten wie das Gedoppelte der Quadratwurzeln der Fallhöhen; und man findet daher die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit, wenn man das Duplum des von dem Körper in der ersten Zeiteinheit zurückgelegten Raums, mit der Zahl der sämmtlich verflossenen Zeiteinheiten multiplicirt. Fällt ein Körper z. B. in einer Secunde 15,625 Fufs (vergl. oben), so ist die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit 31,250 Fufs; bei drei Secunden $93{,}25 = 3 . 31{,}250$ Fufs u. s. f.; woraus sich folgende Regel ergiebt, um die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeiten (vergl. oben) zu bestimmen. Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeiteinheit beschriebenen Raume, und aus dem Producte ziehe man die Quadratwurzel, welche doppelt genommen jene zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit ist. Nennen wir die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V, die Höhe S und nehmen wir eine Secunde zur Zeitein-

einheit an; so ist $V = 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, S)} = 250 \,.\, \sqrt{S}$.

5) Setzen wir, ein fallender Körper bewege sich durch die erste Wirkung der Schwere, in einem angenommenen Zeittheilchen durch einen Raum $= S$, so würde er sich schon, seiner Trägheit zufolge, in jedem kommenden Zeittheilchen durch einen gleich grossen Raum bewegen; er bekommt aber in jedem dieser Zeittheilchen eine neue Einwirkung von der Schwere, und bewegt sich daher im zweiten Zeittheilchen durch einen Raum $= 2\,S$; im dritten durch einen Raum $= 3\,S$; u. s. f.; und der ganze Raum den er in einer gewissen Zeit durchfällt, ist $=$ der Summe der $S + 2S + 3S$ etc. Bestimmen wir nun z. B. eine Secunde (als angenommene Zeiteinheit) durch n solcher Zeittheilchen, so ist der Raum den der Körper in einer Secunde durchfällt $= S + 2S + 3S + \,.\,.\, + nS = \frac{n.(n+1)}{2}S$. Mithin

in zwei Secunden durch einen Raum $= \frac{2n.(2n+1)}{2}S$;

in drei Secunden durch einen Raum $= \frac{3n\ (3n+1)}{2}S$,

u. s. f.; und diese Räume stehen daher in folgendem Verhältnisse $= n.(n+1) : 2n.(2n.+1) : 3n.(3n.+1)$ etc. Die Schwere wirkt aber ununterbrochen auf den Körper ein, mithin muſs das Zeittheilchen, worin man für den Körper eine bloſs gleichförmige Geschwindigkeit annimmt, unendlich klein seyn, und es müssen also auf eine Secunde unendlich viele Zeittheilchen gehen. Mithin drückt n eine unendlich grosse Zahl aus und ohne merklich zu fehlen, kann man daher $n + 1 = n$; $2n + 1 =$

$2n$; $3n + 1 = 3n$ etc. setzen, wodurch sich obiges Verhältniſs in $n^2 : 4n^2 : 9n^2$ etc. $= 1 : 4 : 9$ etc. verwandelt; d. h. die Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten. Vergl. oben und §. 35. N. 3. Bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten sich die Räume, welche ein Körper in einzelnen gleichen Zeittheilchen durchfällt, wie die ungraden aufeinander folgenden Zahlen:

Zeit.	1.	2.	3.	4.	5.
Raum.	1.	3.	5.	7.	9.

weil diese Zahlen die Differenzen der Quadrate 1, 4, 9 etc. sind, und sich die Räume dem obigen Gesetze zufolge, vom Anfange der Bewegung verhalten, wie die Quadrate der Zeiten:

Zeit.	1.	2.	3.	4.	5.
Raum.	1.	4.	9.	16.	25.

so folgt hieraus, daſs der Raum, durch den ein Körper in jeder neuen Secunde fällt, den Raum der vorhergehenden Secunde um 2 Sec., d. i. um das Doppelte dessen, was er in der ersten Secunde gefallen ist, übertrifft. Vergl. oben, und mithin nehmen die Räume in jeder neuen Secunde um 31,250 Fuſs zu.

6) Nehmen wir an, der Körper fiele in der ersten Secunde gerade 15 Fuſs, und bezeichnen wir die gegebene Zeit mit T, und den aus dieser Zeit zu findenden Fallraum (Höhe) mit S; so ist $S = T1 . 15$. Umgekehrt sey uns die Fallhöhe bekannt, und wir suchten die dazu nöthige Zeit zu bestimmen; so ist $T = \sqrt{\frac{S}{15}}$. Es seyen uns ferner Fallhöhe und Fallzeit bekannt, und wir wollten mittelst beider die Geschwindigkeit C am Ende des Falles bestimmen. $C = 30 . T.$ Vergl. oben. Denn dieselbe Kraft,

welche den fallenden Körper in der ersten Secunde durch einen Raum $=$ S getrieben, und ihm dadurch eine Endgeschwindigkeit $=$ x ertheilt hat, wird auch in jeder neuen Secunde dieselbe Wirkung auf ihn ausüben, mithin auch seine Geschwindigkeit um x vermehren. Dieses x wird daher gefunden, wenn wir von dem Raume, welchen der Körper in der zweiten Secunde durchfällt S abziehen. Er fällt aber (laut N. 5.) in der zweiten Secunde durch einen Raum $= 3\,S$; mithin ist $x = 3S - S = 2S$; und da sich die Geschwindigkeiten fallender Körper verhalten wie die Zeiten, so ist die Endgeschwindigkeit der zweiten Secunde $= 2x = 4S$; der dritten Secunde $= 3x = 6\,S$; der m Secunde $= mx = 2mS$. Gienge also ein Körper nach einem Falle von m Secunden mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort, so würde er sich in einer Secunde durch einen Raum $= 2mS$; also in m Secunden durch einen Raum $= 2m^2S$ bewegen, oder dem §. 49. ausgesprochenen Gesetze Folge leisten.

7) Riccioli fand durch seine oben erwähnten Versuche

in 0 Sec.	50 Tertien		10	Fuſs	(röm.)	Fallhöhe
1	—	40	—	40	—	-
2	—	30	—	90	—	-
3	—	20	—	160	—	-
4	—	10	—	240	—	-

Ferner

in 1 Sec.	—	—	15	—	-
2	—	—	—	60	—	-
3	—	—	—	135	—	-
4	—	—	—	240	—	-

8) Rücksichlich des §. 35. N. 3. ausgesprochenen Gesetzes vergl. man noch: Gallileo Gallilei discorsi e demonstrazione matematicae intorno a due nuove science attenenti alla mecanica ed i muovimenti locali. L. B. 1638. 4.; ferner in dessen Opere. Firenze 1719. 4. II. p. 429 u. a. a. O. — Ferner Evangelista Torricelli (ein Schüler des Gallilei) de motu gravium naturaliter descentium et projectorum. Florent. 1641. 4.

§. 50.

Da die Geschwindigkeiten fallender Körper während des Fallens unausgesetzt wachsen, und sich überhaupt (§. 34. N. 12. zufolge) bei gleichen Massen wie die Endgeschwindigkeiten oder wie die Quadratwurzeln der Höhen verhalten; so wird ein Körper, der z. B. neunmal so hoch herabfällt als ein anderer, dreimal so viel Gewalt gegen seine (werdende) Unterlage ausüben. Verhalten sich die Endgeschwindigkeiten bei zwei Körpern von verschiedener Höhe, umgekehrt wie die schweren Massen, so werden beide Körper gleiche Gewalt ausüben.

1) Ein Gewicht von 10 Pfund, das aus einer Höhe von 15 Fuſs fällt, wird eine noch einmal so geringe Gewalt ausüben, als ein gleiches Gewicht, welches aus einer Höhe von 15 . 4 = 60 Fuſs herab fällt. Hingegen wird ein Gewicht von 3 Pfund das aus einer Höhe von 15 Fuſs fällt, nicht mehr Gewalt ausüben, als ein Gewicht von 1 Pfund, welches aus einer Höhe von 15 . 9 = 135 Fuſs fällt.

2) Eine Bleikugel, die beim freien Falle von einer gewissen Höhe ein Brett durchschlägt, übt nicht mehr Gewalt aus, als wie ein Stück Unschlittkerze welches (mit grösserer Geschwindigkeit) aus einer Flinte gegen das Brett geschossen wird. Eine Thonkugel die 9mal so hoch herabfällt als wie eine Bleikugel, ist dieser in ihrer Wirkung (fast) gleich.

§. 51.

Auf gleiche Weise wie die Schwere die Bewegung frei fallender Körper beschleunigt, so wird sie auch entgegengesetzt die Geschwindigkeit eines lothrecht in die Höhe geworfenen Körpers vermindern, bis sie endlich $= 0$ wird; ist dieses erfolgt, so wird der Körper wieder fallen, und dadurch dieselbe Geschwindigkeit erreichen, mit welcher er in die Höhe geworfen wurde. Ueberhaupt gelten bei der gleichförmig verminderten Bewegung dieselben Gesetze, die bei der gleichförmig beschleunigten statt finden, und ist daher der Raum bekannt, den der Körper während der ersten Secunde seines lothrechten Aufsteigens zurücklegt, so läſst sich hieraus in Verbindung mit jenen Gesetzen bestimmen; a) die Wurfsgeschwindigkeit; b) die Zeit, welche er nöthig hat, um seine ganze Wurfsgeschwindigkeit zu verlieren; und c) die Höhe, zu der er aufsteigt, bevor er seine ganze Geschwindigkeit verliert.

1) Ein Körper steige in der ersten Secunde seines lothrechten Wurfs 9 . 15 = 135 Fuſs hoch, so wird er überhaupt 5 Secunden lang, und $5^2 \cdot 15 = 375$ Fuſs hoch steigen.

Denn in der 1sten Sec.	steigt er	9mal	15 Fuſs	=	135	Fuſs.
2 -	— -- --	7 -	15 —	=	105	—
3 -	— -- --	5 -	15 —	=	75	—
4 -	— -- --	3 -	15 —	=	45	—
5 -	— -- --	1 -	15 —	=	15	—
mithin in 5 Secunden	--	25mal	15 Fuſs	=	375	Fuſs.

2) Daher läſst sich bei einem lothrecht in die Höhe geworfenen Körper, aus der Zeit seines Aussenbleibens, die Höhe zu der er gestiegen war (den Luftwiderstand, so wie bei dem Falle bei Seite gesetzt) berechnen. Ist er n Secunden ausgeblieben, so ist die Höhe = $\frac{1}{4}$ n^2 S. Vergl. §. 49. N. 6. — Mersennus und Moutier's Versuche Kanonenkugeln senkrecht in die Höhe zu schiessen. Ob ein von der Erde aus geworfener Körper sich ganz von ihr zu entfernen, und eine eigene Bahn zu beschreiben vermögte? Vergl. man v. Zach's monatl. Correspondenz d. E. u. H. K. B. VII. S. 153. u. s. f.

§. 52.

Wird ein Körper in einer schiefen Richtung AC (Fig. 4.) geworfen, so nöthigt ihn die Schwere, die in Richtungen auf ihn wirkt, welche fast senkrecht auf die horizontale Ebene AB gehen, von der geradlinigten Richtung AC abzuweichen, eine krumme Linie ADG zu beschreiben, welche (von Gallilei zuerst) näher untersucht, derjenige Kegelschnitt ist, den man in der höheren Geometrie eine **Parabel** nennt, deren Scheitel in dem höchsten Puncte, für diesen Fall in D liegt, und endlich bei B auf die horizontale Ebene zu fallen. Wird der Körper hingegen in einer horizontalen Richtung geworfen, z. B. DF der erwähnten Fig. 1. so wird er von der Schwere abgelenkt eine krumme Linie beschreiben, welche nur die Hälfte einer Parabel DA darstellt, deren Scheitel im ersten Wurfspuncte D liegt.

1) Aus dem ersteren folgt klar, daſs sich ein geworfener Körper, auch nicht einen Augenblick hindurch in völlig geradlinigter Richtung bewegen kann, sondern daſs er mehr oder minder von der geraden Linie seiner ursprünglichen Richtung abweichend, unmittelbar anfangen muſs, sich gegen die Erde zu neigen. Nur einige jedoch auch nicht vollkommene Ausnahmen kommen vor, wenn z. B. eine Kugel eine drehende Bewegung um ihre Axe bekommen hat, oder wenn ihre Gestalt etwas länglicht und gebogen ist, denn in diesen Fällen kann sie nicht nur seitwärts, sondern auch für eine kurze Zeit selbst aufwärts abweichen.

2) Die Entfernung AB in der obigen Fig. nennt man die **Wurfsweite** (amplitudo jactus); DE die Wurfhöhe der Bahn des geworfenen Körpers. Der Winkel CAB heiſst der **Erhebungs**- oder **Elevationswinkel**, und die Zeit, in welcher der Wurf (Schuſs) die Bahn ADB vollendet die **Flugzeit**.

3) Die Wurfweite, die Höhe der Bahn, der Elevationswinkel etc. haben ein gewisses bestimmtes Verhältnifs zu einander, so dafs, wenn zwei von ihnen bekannt sind, dadurch auch die übrigen leicht gefunden werden können. Ist das übrige gleich, so ist die gröfste Entfernung, bis zu welcher z. B. ein Schufs auf einer wagerechten Linie kann getrieben werden, dann gegeben, wenn der Erhebungswinkel der Hälfte eines rechten Winkels oder 45 Graden gleich ist.

4) Geworfene Körper würden vollkommene Parabeln beschreiben, wenn nicht gewisse Umstände Einflufs auf sie hätten, welche mehr oder minder bedeutende Abweichungen von der wahren parabolischen Bahn zur Folge haben. Vorzüglich giebt es drei Ursachen, welche jene Bahn modificiren: a) weil die Schwere nicht in senkrecht auf den Horizont gehenden Richtungen wirkt; b) weil (wie in der Folge gezeigt wird) die Schwere nach Verhältnifs der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunct der Erde abnimmt; und vorzüglich c) der Widerstand der Luft; welcher nach Maafsgabe ihrer Wärme, Dichtigkeit, wellenförmigen Bewegung etc. sehr verschieden ist, und daher nie genau (bei Berechnungen) berücksichtigt werden kann, sondern zum Theil durch Erfahrung ausfündig gemacht werden mufs. Oefters beträgt der Widerstand 20—30 mal soviel als der Widerstand des Schusses, und die wagrechte Schufsweite ist oft viel geringer als der zehnte Theil von dem, was sie, nach der parabolischen Theorie seyn sollte. Bei einerlei Erhebungswinkel verhalten sich der Erfahrung gemäfs, die wagerechten Wurfweiten zu einander, wie die Quadratwurzeln der anfänglichen

Geschwindigkeiten und die Flugzeiten wie die Wurfweiten; da der Theorie zufolge, die Zeiten sich wie die Geschwindigkeiten und die Wurfweiten wie die Quadrate der anfänglichen Geschwindigkeiten verhalten sollten. Nach Robins ist wenig Vortheil zu erwarten, wenn man einen Körper mit grösserer Geschwindigkeit, als wie von 1200 Fuſs in einer Secunde wirft. Wird ein Schuſs von 24 Pfund in einer Secunde mit einer Geschwindigkeit von 2000 Fuſs geworfen, so ist der Luftwiderstand so groſs, daſs wenn er ohngefähr bis 1500 Fuſs vorgerückt ist, seine Geschwindigkeit bis zu derjenigen von 1200 in einer Secunde reducirt wird. Weitere Berechnungen der Bahnen etc. gehört für die Artillerie.

B) *Vom Schwerpuncte.*

§. 53.

II. Versuch. Man unterstütze einen freien festen oder tropfbarflüssigen Körper, so wird er in dem Bestreben der Schwereanziehung zu folgen gehindert vor dem Fallen gesichert seyn; dieses wird aber auch statt finden, wenn die Unterstützung nicht die ganze Unterfläche des festen Körpers, sondern nur einen gewissen Punct, den Schwerpunct oder Mittelpunct der Schwere (Centrum gravitatis) trifft, dessen Richtung man dadurch findet, daſs man den zu unterstützenden Körper auf der möglichst räumlich beschränkten Unterlage so lange hin und her bewegt, bis die entgegengesetzten Seiten des Körpers, einander im Gleichgewichte halten. Es kann sich dann der Körper auf keine Seite neigen, ohne die entgegenstehende zu heben; und da dieser im gleichen Verhältnisse steht, so heben ihre Wirkungen einander auf, und der Körper bleibt in Ruhe.

1) Denkt man sich einen Körper nach jeder seiner drei Dimensionen durch eine Ebene in zwei Theile getheilt, welche einander im Gleichgewicht halten, so ist der Punct in welchem die drei Theilungsebenen sich schneiden, der Schwerpunct; es ist aber nicht nöthig, daſs der Körper unmittelbar in demselben unterstützt werde (welches öfters z. B. bei der Kugel, wo der Schwerpunct zugleich der Mittelpunct ist, bei der Pyramide und bei dem Kegel, wo er in der Axe in der Entfernung von $\frac{3}{4}$ derselben von der Spitze, so wie bei der Halbkugel wo er $\frac{3}{8}$ in der Höhe der senkrechten Linie, aus dem Mittelpuncte der Grundfläche gezogen liegt unmöglich ist, sondern er ist schon vollkommen vor dem, bloſs von der Schwere herrührenden Umfallen gesichert, wenn die mittlere Richtung aller schweren Theile des Körpers, oder die Directionslinie des Schwerpunctes nur innerhalb der Unterstützungsfläche fällt, und die ihn umgebenden Theile gehörig unterstützt sind. Jeder Körper steht in diesem Falle vielmehr sicherer, als wenn er bloſs im Schwerpunct unterstützt ist; weil dann eine kleine Neigung des Körpers den Schwerpunct aus der Richtung der Unterstützung herausbringt. Liegt aber die Verticallinie, vom Schwerpuncte gezogen ausserhalb der Unterstützung, so fällt der Körper nach der Seite hin,

wo der Schwerpunct liegt; dem Gesetze zufolge: daſs der Schwerpunct eines aufgehängten beweglichen, oder sonst frei beweglichen Körpers, und mit ihm (der in seinen Theilen zusammenhängende) Körper selbst, immer so tief wie möglich herabsinkt, und deshalb unter allen Stellen des Körpers stets die niedrigste einnimmt, die er erhalten kann, ohne vorher zu steigen. — Ein Tisch auf drei Füssen steht fester als einer auf vieren, weil jene allemal in einerlei Ebene fallen, während dieses bei dem mit vieren nur der Fall ist, wenn die Füsse gleich lang sind, und der Boden völlig wagerecht ist.

2) Sehr dünne Scheiben kann man als schwere Ebenen betrachten (ohnerachtet es solche im geometrischen Sinne nicht geben kann), und daher von dem Schwerpuncte eines Dreiecks, eines Kreises, einer Ellipse etc. reden. Zieht man aus zwei Winkeln eines Dreiecks auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinien gerade Linien, so ist der Durchschnittspunct dieser Linien der Schwerpunct des Dreiecks (bei dem Kreise ist es der Mittelpunct) und zieht man aus einem der Winkel des Dreiecks eine gerade Linie auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinie, so liegt der Schwerpunct in dieser Linie um $\frac{2}{3}$ von dem Winkel entfernt, aus dem man die Linie zog. Bei dem Cylinder und bei dem geraden Prisma liegt der Schwerpunct in der Mitte der Axe.

3) Bei allen festen Körpern liegt der Schwerpunct so, daſs wenn alle auf der einen Seite liegenden denkbaren Theile, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist, der Summe ähnlicher Producte der Theile und

Entfernungen auf der anderen Seite desselben. Die Unterlage, welche den Schwerpunct eines Körpers unterstützt, trägt daher das ganze Gewicht desselben. Ein fallender Balken übt einen grösseren Druck gegen die werdende Unterlage aus, wenn er mit seiner Mitte, als wenn er mit einem der Enden aufstöfst.

5) Bei gleichartigen regelmässig gestalteten Körpern, ist die Bestimmung der Lage des Schwerpunctes nicht schwierig, und kann nach vorangegangener Messung durch Berechnung gefunden werden. Bei Körper von ungleichartiger Beschaffenheit und unregelmässiger Gestalt hingegen, hält diese Art von Ausmittelung sehr schwer und wird oft unmöglich. In solchen Fällen bleibt nur der Versuch selbst zur Ausfündigmachung übrig. Aendert sich bei einem Körper seine Masse, oder wird sie anders vertheilt, so ändert sich auch die Lage des Schwerpunctes. — Hierher gehört das chinesische Burzelmännchen.

6) Die Anwendung der Theorie des Schwerpunctes bietet Erklärungen für sehr viele natürliche Phänomene, Versuche und Vorfälle im gemeinen Leben dar. Hieher gehören a) der Mechanismus des Stehens, Gehens, der verschiedenen Beugungen der Menschen und der Thiere. Das Vorrücken mit dem Oberleibe und Zurückziehen der Füsse beim Aufstehen, die Geschicklichkeit der Gemsen etc. Vergl. Petrus Borellus de motu animalium. Hagae 1743. 4. I. c. 18—22. Desaguliers curse of experimental philosophy. II. §. 44. b) die schiefe Stellung einiger Thürme zu Pisa und Bologna; vergl. Casatus mechanica. L. B. 1684. 4. I. c. 9. Das gelinde Schwanken hoher Thürme ohne umzufallen, z. B. die beiden Thürme vor der Moschee im Garten zu

Schwetzingen, die Künste der Balanceurs und Aequilibristen; vergl. GEHLERS phys. Wörterb. Th. III. S. 933. Die Einrichtung und Wirkung eines Wegemessers oder Hodometers. Vergl. SIGARD DE LA FOND élémens de physique. T. II. §. 277; dessen Anweisung zur Experimentalphysik. §. 122. a. Die Rolllampe des CARDANUS. vergl. a. l. a. O. §. 76. Das Hinaufsteigen eines Cylinders auf einer schiefen Ebene. Vergl. DESAGULIERS a. a. O. II. §. 38. und A. G. KÄSTNER im I. B. S. 113. der deutschen Schriften d. Königl. Soc. der Wiss. zu Göttingen. Das scheinbare Hinaufrollen eines doppelten Kegels, über zwei schiefe Flächen; vergl. G. W. KRAFT in den comment. Petrop. T VI. S. 389. Verschiedene Spielwerke z. B. Männchen von Kork oder Hollundermark mit Blei; kleine hölzerne Seiltänzer etc.; vergl. SCHWENTER's mathematische Erquickstunden; B. I. Th. 9. Aufgabe 5. 6. 7. — Je breiter übrigens die Grundfläche eines Körpers ist, um so fester steht er. c) die verschiedenen Stellungen beim Lastentragen, Tanzen, Springen etc. Bei jedem Körper gleicher Dichte, fällt der Schwerpunct (in diesem Falle Centrum massae) mit dem Mittelpuncte seiner Grösse (Centrum magnitudinis, figurae) zusammen.

Vom Hebel.

§. 54.

III. Versuch. Einen geraden unbiegsamen Stab (Stange oder Stock), unterstütze man so, daſs so viel wie möglich nur sein Schwerpunct eine Unterlage (Hypomochlium) erhält, ohne diese mit der Masse des Stabes selbst auf irgend eine Weise zu verbinden; so werden sich die beiden zur Seite des Schwerpunctes liegenden Enden des Stabes, dadurch daſs sie eine zusammenhängende feste Masse ausmachen, gegenseitig daran verhindern zu fallen, indem jedes Ende das andere mit gleicher Energie zu heben strebt. Man nennt diese Vorrichtung einen (physischen) Hebel (Vectis), und das angegebene Verhältniſs der beiden Enden (Arme), das Gleichgewicht des Hebels; welches nur dann aufgehoben werden kann, wenn der eine Arm durch Vergrösserung seines Gewichts, den Schwerpunct des Stabes nach seiner Seite hingerückt erhält; und fällt indem er den anderen zu steigen, d. i. der Richtung der Schwere sich entgegen zu bewegen nöthigt.

1) Denken wir uns statt des Stabes eine gerade unbiegsame Linie, ohne alle Schwere, AB Fig. 5. in irgend einem Puncte C unterstützt, und an beiden Enden A und B mit Gewichten P und Q beschwert, so kann keines der Gewichte fallen, ohne das andere zu heben, und dieses würde erfolgen, wenn P (Kraft) oder Q (Last) vergrössert werden. Man nennt diesen zum Unterschiede des physischen mit schweren Armen versehenen, einen mathematischen oder einfachen Hebel (Vectis geometricus), und das Gleichgewicht desselben ist gegeben, wenn Kraft und Last (P und Q) ein gleiches Bestreben haben, den Hebel um den Punct C zu drehen, weil

dann wie beim physischen Hebel ihre Wirkungen einander aufheben. Dieses gleiche Bestreben beider Arme kann aber nur dann eintreten, wenn P = Q und CA = CB oder P . CA = Q . CB ist. Denn wäre z. B. der Arm CB länger als wie CA, so würde bei wirklich eintretender Drehung, auch die Geschwindigkeit des Arm's CB mit seinem Gewichte Q grösser seyn, als die von CA mit A; weil wie leicht einzusehen ist, die Geschwindigkeiten der Gewichte P und Q sich wie die Bogen Aa und Bb, oder wie die Arme CA und CB verhalten, und im obigen Falle der längere Arm CB in derselben Zeit einen grösseren Bogen als CA beschreibt. Die Wirkungen beider Arme werden daher nur einander gleich seyn, wenn ihre Bewegungsgrössen oder statischen Momente d. i. die Producte ihrer Massen und Geschwindigkeiten einander gleich sind; sind die Längen der Arme ungleich, so müssen sich die Gewichte umgekehrt verhalten wie ihre Arme, und mufs P : Q = CB : CA seyn, wenn das Gleichgewicht hergestellt werden soll.

2) Sofern der eine Arm nicht beweglich ist, ohne dafs der andere in entgegengesetzter Richtung zugleich bewegt werde, so wirkt das Bewegende in c dem Bewegenden in b als Kraft oder Last, und eben so das Bewegende in b dem in c entgegen. Der Hebel ist aber nur von seinem Trage- oder Bewegungspuncte (Centrum motus, actionis) C aus beweglich, und b kann mithin indem es c zu bewegen strebt, auch nur von C aus wirken, also indem es b zu bewegen (heben) strebt. In C wirkt mithin sowohl b auf c als c auf b, und da das Hebelende b in gleicher Zeit einen fast doppelten Raum zu durch-

laufen hat, als c, so mufs auch das Bewegende in c fast doppelt so viel leisten als das in b, wenn das Gleichgewicht eintreten soll. — Das ganze thätige Universum und jeder einzelne Organismus kann unter dem Schema unendlich vieler nach Gleichgewicht strebenden, sich aber dadurch stets gegenseitig störenden Hebel aufgefafst werden, wo den Erfahrungen die näheren Bestimmungen von P und Q im Verhälthältnifs zu C (dem Daseyn, der Substanz) liefern müssen.

3) Diese beschriebene Art von Hebel nennt man den Doppelarmigen oder den Hebel der ersten Art (vectis heterodromus, primae speciei). — Beispiele solcher physischen Hebel geben die gemeine Krämerwaage, die römische oder Schnellwaage, der Geisfufs der Maurer, die Hebebäume, die Zangen und Scheeren; — im Gegensatze des Hebels der zweiten Art oder des einarmigen (Vectis secundae speciei, homodromus), welcher entsteht, wenn Kraft und Last auf einer Seite liegen, und der Hebel sich um seinen Endpunct frei herumdreht Auch hier gilt das obige Gesetz; das Gleichgewicht entsteht, wenn die Gewichte sich umgekehrt verhalten, wie ihre Entfernungen vom Unterstützungspuncte, bei ihren Wirkungen nach entgegengesetzter Richtung, das eine nach oben, das andere nach unten zu wirksam gedacht. Es liegt bei dieser lezteren Art von Hebel die Last entweder in der Mitte, zwischen dem Ruhepuncte und der Kraft, z. B. ein Schiffsruder, ein Schiebkarren etc.; oder die Kraft zwischen dem Ruhepunct und der Last, z. B. eine Sense, Schaufel, der Arm eines Menschen wenn er eine Last hebt etc.

4) Die Gesetze des geradlinigten Hebels lassen sich auch auf den gebrochenen oder Winkelhebel (Vectis angularis) und auf Fälle wo Kraft und Last schief auf den Bewegungspunct wirken, und wo das Gleichgewicht eintritt, wenn Kraft und Last sich umgekehrt wie die Perpendikel aus dem Unterstützungspuncte auf die Richtungen der Kräfte verhalten, so wie auf die Rolle oder Scheibe (Trochlea) den Flaschenzug (Polyspastus) und das Rad an der Welle (Axis in peritrochio) anwenden, wie dieses die angewandte Mathematik lehrt.

5) Ueber die Gesetze des Gleichgewichts, wenn die Kräfte in schiefen Ebenen auf den Hebel wirken vergl. man: Kästner's Dissertat. betit. Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lips. 1753. 4. Uebrigens vermag jede senkrecht auf den Hebel wirkende Kraft, bei sonst gleichen Umständen mehr, als eine deren Wirkung in schiefer Richtung auf den Hebel geht.

6) Um den physischen Hebel wo das Gewicht der Arme selbst zu berücksichtigen ist, auf einen mathematischen zu reduciren, nimmt man das bekannte Gewicht der Arme, als in dem Schwerpuncte des Hebels vereinigt an; und berechnet dann aus der Entfernung dieses Schwerpunctes vom Ruhepuncte; um wieviel das Gewicht des kürzeren Arms erhöhet werden soll. Versuche mit der Leupoldschen Universalwaage können dann zur Bestätigung dienen. Auch gehört hieher der Versuch, an einen auf einen scharfkantigen Tisch gelegten Stock ein mehr oder minder grosses Gewicht aufzuhängen; ferner ein grosses Gewicht an das eine Ende einer langen thöner-

nen Tabakspfeife, die frei auf eine schmale Stuhllähne gelegt ist, zu hängen und mit dem gegenüber schwebenden Pfeifentheile im Gleichgewicht zu halten; einen Eimer voll Wasser, an die Klinge eines Messers das frei auf einem Tische liegt aufzuhängen etc. Vergl. Sigaud a. a. O. §. 281; und dessen Anleitung zur Experimentalphys. §. 124. — Ueber die Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegung der Gliedmassen, und der durch sie zu überwältigenden Lasten vermittelst der Muskeln; vergl. P. Borelli a. a. O. §. 281. 5. und Gehler's phys. Wörterb. Th. III. S. 295. u. s. f.

7) Eine für den Physiker und Chemisten vorzüglich interessante Anwendung der Gesetze des Hebels, ist die auf die Einrichtung der Waagen (Libra, Statela Bilanx). Gewöhnlich bedient man sich der gleicharmigen, und setzt bei ihrem Gebrauche, vorzüglich bei chemischen Arbeiten voraus, daſs sie folgenden (durch Prüfung zu bestimmenden) Erfordernissen entsprechen. Sie müssen vor allem den gehörigen Grad von Empfindlichkeit haben und richtig seyn. Daher müssen die Arme des Waagebalken genau von gleicher Länge seyn, und beim Verwechseln der Schaalen dieselbe Richtigkeit zeigen. Je länger die Arme sind, um so empfindlicher ist (bei übrigens gleichen Umständen) die Waage; je senkrechter die sogenannte Zunge beim Gleichgewicht der Waage steht, und je genauer sich diese Stellung durch scharfe Zuspitzung der Zunge bemerken läſst, um so eher sind richtige Wägungen möglich. Eine Waage die zwei Pfund zieht, muſs auch noch einen halben Gran angeben können. Sehr genaue Waagen der Art sind die Probierwaagen, deren man sich in der

Probierkunst und bei der chemischen Analyse zur Gewichtsbestimmung der ausgeschiedenen Bestandtheile bedient. Eine solche höchstens nur mit 200 Gran zu beschwerende Waage, muſs noch 0,02 Gran genau angeben. Eine höchst empfindliche Waage von Ramsden beschreibt Rozier im Journal de Physique, Août 1788, welche 10 Pfund tragen und dabei nach $\frac{1}{10000000}$ anzugeben vermag. Lüdecke's Waage von einer besonderen Einrichtung (vergl. Gilberts Annal. I. 2. S. 121.) wo ein nach unten stehender Zeiger das Gleichgewicht anzeigt, giebt um $\frac{1}{48380}$ des Gewichts einer Schale Ausschlag. Bei Leupold (in seinem Theatrum staticum universale. Lips. 1726.) findet man genaue Beschreibungen der Waagen. Die Wahl des Metalls woraus die Arme verfertigt werden ist nicht gleichgültig; Stahl leidet sehr vom Rost und wird auch durch (in der Folge zu berührenden) Einfluſs des Magnetismus, im Gleichgewichte gestört; man zieht daher in neuern Zeiten gutes Messing vor. Die Schalen können von Messing, Silber, Horn oder Elffenbein seyn, und werden beim Wägen scharfer angreifender Substanzen nicht unmittelbar belegt, sondern Glasschälchen die vollkommen gleiches Gewicht haben darauf gestellt. Die Gewichte müssen genau justirt seyn; gewöhnlich verfertigt man sie von Messingblech, da dieses aber in feuchter Luft oxydirt wird, so ist es wenigsten bei den kleineren Gewichten zweckmässiger, sie entweder vergolden oder von feinem Silber verfertigen zu lassen. Jede Waage muſs reinlich gehalten (Probierwaagen bewahrt man in Glasschränken auf), und vor jedesmaligem Gebrauche genau gesäubert und auf ihre Richtigkeit durch kleine Versuche geprüft werden.

D) *Von der Bewegung auf der schiefen Ebene.*

§. 55.

Jede Ebene die mit einer Horizontalebene einen schiefen Winkel macht, oder auf der Richtung der Schwere schief steht, ist eine geneigte, inclinirte oder schiefe Ebene (Planum inclinatum). In der Mechanik macht man von ihr häufigen Gebrauch zur Bewegung der Lasten, die sie erleichtert, indem sie einen Theil der Last trägt. Mehr zusammengesetzt ist die Wirkung des Keils, den man als eine doppelte schiefe Ebene betrachtet, wo nicht nur die Last auf der schiefen Ebene, sondern auch die doppelte schiefe Ebene selbst gegen die Last bewegt wird, und wo die Kraft (die Last) rücksichtlich ihrer Grösse und ihrer Richtung, sich nicht mit der Genauigkeit wie bei der Schwere bestimmen läſst.

1) Auch die Schraube (vergl. vorig. §.) bildet eine Art schiefer Ebene, deren genaue Kraftbestimmung nicht minder schwierig ist, als die des Keils. Die Theorien beider als Werkzeuge der Kunst, gehören für die angewandte Mathematik.

2) Im gemeinen Leben macht man von mehreren keilförmigen Werkzeugen z. B. Nägel, Messer, Scheeren, Nadeln, Meissel, Spaten, Sicheln, Zugmesser, Sensen etc. häufigen Gebrauch.

§. 56.

IV. Versuch. Man stelle einen glatten Würfel oder einen andern nicht runden festen Körper, auf ein glattes horizontal liegendes Brett; er wird so lange vollkommen ruhig bleiben, als das Brett die Directionslinie des Falles seiner Masse lothrecht unterstützt. Hebt man aber das Brett an dem einen Ende so in die Höhe, daſs es die Richtung einer schiefen Ebene darstellt, so wird es nur einen Theil des Druckes aufhalten, während der andere Theil den Körper längs der schiefen Ebene hinab treibt. Je kleiner die Neigung der schiefen Ebene gegen den Horizont wird, mit desto grösserer Gewalt wird der Körper hinabgetrieben werden; je mehr hingegen jene Neigung wächst, um desto mehr wird er von der schiefen Ebene unterstützt, und mithin mit desto geringerer Gewalt hinabfallen. Eben so wird auch, um die Bewegung des Körpers auf der schiefen Fläche aufzuhalten, die dazu nöthige Kraft, um so kleiner als das absolute Gewicht des Körpers zu seyn brauchen, je mehr die Ebene geneigt ist; und um so grösser je weniger diese geneigt ist. Ueberhaupt wird sich das relative Gewicht eines Körpers, welches denselben längs der schiefen Ebene hinabtreibt, zu seinem absoluten Gewichte verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Wählt man statt des eckigen Körpers eine Kugel zu diesem Versuche, so wird sie hinabrollen (indem die Directionslinie ihres Schwerpunctes ausserhalb der unterstützten Fläche fällt, und sie nur in einem Puncte die schiefe Ebene berührt, so schlägt sie fortdaurend um; auch der Cylinder rollt so herab, wenn er auf der schiefen Ebene so liegt, dafs seine Axe, mithin auch seine Seite — oder eine auf seiner krummen Fläche mit der Axe parallel laufende Linie — rechtwinklicht horizontal gegen die Richtung der schiefen Ebene liegt), auch selbst wenn gar keine (das Rollen befördernde) Reibung stattfände; während eckige Körper hinabgleiten.

1) Auch hohle Kugeln, aufgestellte Ringe etc. deren Schwerpunct (wie beim Trichter, hohlen Cylinder, gekrümmten Stabe u. m. a.) ausserhalb des Körpers selbst fällt, werden um so mehr auf der schiefen Ebene hinabrollen. Bei den hinabgleitenden Körpern, fällt die Directionslinie ihres Schwerpunctes innerhalb ihrer Unterstützungsfläche, und alle denkbaren Puncte eines solchen Körpers, gehen auch einzeln parallel mit der schiefen Ebene.

2) Auf einer schiefen Ebene MN Fig. 6., befinde sich ein schwerer Körper A; dieser würde wenn die Ebene ihn nicht daran verhinderte, dem freien Falle folgend, sich in der lothrechten Richtung AH bewegen. Bei seiner durch die schiefe Ebene erzwungenen Bewegung hingegen, wird er innerhalb einer

gewissen Zeit den Weg von A nach N beschreiben, dessen Raumslänge sich zu der in derselben Zeit in lothrechter Richtung vollendeten, verhalten würde, wie sich das Perpendikel AH zur Hypothenuse AN (oder auch wie der Sinus des Neigungswinkels N zum Sinus totus) verhält. Wäre z. B. AC die von dem Körper in einer gewissen Zeit zu durchfallende Bahn, und CB ein Perpendikel auf AN, so drückt die Seite AB des Parallelogramms ABCE den Weg aus, welchen der Körper in gleicher Zeit AN vermöge seiner zusammengesetzten Bewegung vom Scheitel A nach B beschreiben mufs, in welcher er durch die Fallhöhe AC fallen würde. Der Aehnlichkeit der Dreiecke CAB und HAN wegen, ist AB : AC = AH : AN = Sin. N : Sin. totus. Der Weg AB ist mithin stets kleiner als AC, und man kann sich daher denken, als wäre die beschleunigende Kraft die den Körper von A nach N treibt von geringerer Grösse als wie die Schwere; indem nur ein Theil der Schwere jene Bewegung wirklich beschleunigt, welcher Theil durch AB (wenn man die Schwere mit AC bezeichnet) ausgedrückt, den Körper längs AN forttreibend die respective Schwere (Gravitas respectiva), oder das relative oder respective Gewicht (Pondus respectivum) genannt wird, während der andere Theil der Schwere AE die Ebene senkrecht drückt und von ihr aufgehalten wird. Will man die Bewegung des Körpers von A nach B u. s. f. verhindern, so mufs man in entgegengesetzter Richtung in M eine Zugkraft auf ihn wirken lassen, die sich zu seinem Gewichte verhalten mufs, wie AB : AC = AH : AN = Sin. N : Sin. totus; was in obigem Versuche leicht durch einen rückwärts an den fallenden Körper befestigten und mit Gewichten zu verbindenden Faden bestätigt werden kann.

3) Sofern der Körper auf der schiefen Ebene fällt, ist seine Bewegung auch eine gleichförmig beschleunigte, und die längs AN zurückgelegten Räume, verhalten sich ebenfalls wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten; vergl. §. 35. N. 3. Die beschleunigende Kraft ist aber obigen Untersuchungen zufolge vermindert, und verhält sich zur unverminderten Fallkraft wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge; und mithin wird sich auch der Raum, den ein Körper auf der schiefen Ebene in einer Zeiteinheit zurücklegt, zu dem Raume des freien Falles in eben dieser Zeit verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Es läſst sich daher auch der Raum bestimmen, den ein Körper in derselben Zeit, welche er beim senkrechten Fall verwendet, in einer gegebenen schiefen Ebene durchlaufen wird, sofern die senkrechte Fallhöhe eines schweren Körpers in einer gegebenen Zeit bekannt ist (nämlich 15,625 Fuſs in einer Secunde). — Verhalten sich nun die Räume AC, AH, die ein Körper in senkrechter Richtung durchfallen würde, wie die Quadrate der Zeiten, so müssen sich auch die Räume AB, AG (welche von dem Körper, nur mit einer geringeren Beschleunigung, auf der schiefen Ebene AN durchlaufen werden) eben so verhalten; woraus sich zugleich der Satz ergiebt, daſs wenn eines rechtwinklichten Dreiecks AGH Hypothenuse AH eine lothrechte Lage hat, ein Körper in eben der Zeit den Catheten AG durchlaufen muſs, in welcher er durch die lothrechte Höhe AH fallen würde. Zieht man nun GL parallel mit AH, und HL parallel mit AG, so ist auch die Zeit

des Falles durch den Catheten GH des rechtwinklichten Dreiecks GHL der Zeit des Falles durch GL, und mithin auch durch AH gleich. Folglich durchläuft ein schwerer fallender Körper, jede Seite eines rechtwinklichten Dreiecks AGH in derselben Zeit, in der er senkrecht durch die Hypothenuse AH fallen würde.

4) Zu empirischen Beweisen der obigen Folgerungen bedient man sich (ausser der oben angegebenen einfachen Vorrichtung) einer ebenen glatten Tafel, die mit einer horizontalen in einem Gewinde zusammengefügt ist, so daſs man sie in verschiedenen Winkeln neigen und erheben kann. Man legt auf diese Tafel eine um ihre Axe drehbare Walze, und befestigt die Axe (mittelst einer Kluftdeichsel) an eine Schnur, die parallel mit der schiefen Ebene, dann über eine Rolle läuft. Am anderen Ende dieser Schnur befestigt man das Gewicht, welches der Walze das Gleichgewicht halten soll; z. B. = 18 Quentchen. Verhält sich z. B. die Länge zur Höhe wie 2 : 1, so werden 9 Quentchen; verhält sie sich wie 3 : 1, 6 Quentchen; wie 6 : 1, 3 Quentchen der Walze das Gleichgewicht halten etc. Vergl. Hildebrandt a. a. O. S. 167. und Mayer's Exp. Phys. S. 104. u. s. f.

§. 57.

Aus dem Vorhergehenden folgt ferner, daſs ein schwerer Körper, der sich nach irgend einer Sehne eines Halbkreises bewegt, die Sehnen im Halbkreise in derselben Zeit durchläuft, in welcher er bei dem freien Falle den senkrechten

Durchmesser des Kreises durchlaufen haben würde; und daſs ein auf mehreren aneinander hängenden schiefen Ebenen hinunterfallender Körper (vorausgesetzt, wenn er bei dem Uebergange von der einen zur anderen schiefen Ebene, nichts von seiner bereits erlangten Geschwindigkeit durch anderweitige Ursachen verliert) am Ende seines Falles dieselbe Geschwindigkeit besitzt, die er erhalten hätte, wenn er nach senkrechter Richtung in der Höhe vom Scheitel der ersten schiefen Ebene bis zur Grundlinie der lezten hinabgefallen wäre.

1) Man beschreibe um das rechwinklichte Dreieck ACB (Fig. 7.) einen Kreis, und ziehe eine Tangente in C, so ist der Winkel ACD = B; mithin würde ein Körper in derselben Zeit durch einen Raum = BC d. i. den Durchmesser des Kreises durchfallen, in der er sich auf AC der Sehne des Kreises hinunter bewegt, und dieses gilt von jeder anderen Sehne aus C.

2) Bewegt sich der schwere Körper durch mehrere aneinander grenzende schiefe Ebenen, wo jede in der Richtung etwas abweicht, so ist am Ende der ersten seine erhaltene Geschwindigkeit so groſs, als wenn er vertical von ihrem Scheitelpuncte bis zu ihrer Grundlinie gefallen wäre; am Ende der zweiten so groſs, als wenn er von der Grundlinie des ersten bis zur Grundlinie der zweiten in senkrechter Richtung

gefallen wäre; u. s. f. Seine erlangten Geschwindigkeiten sind also am Ende gleich, denen durch die Höhen der ersten + der zweiten + der dritten etc. schiefen Ebene beim lothrechten Falle erlangten Geschwindigkeiten; welche Höhen zusammen die zu ziehende senkrechte Linie, vom Scheitel der ersten bis zur Grundlinie der lezten schiefen Ebene, ausmachen. Sigaud. a. a. O. I. §. 117.

§. 58.

Fällt daher ein schwerer Körper in einer krummen Linie hinab, so wird er am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit erlangen, als wenn er von seinem Anfangspuncte der Bewegung, senkrecht auf die Horizontallinie, welche durch den untersten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, hinabgefallen, oder durch die Chorde des Bogens niedergegangen wäre; vorausgesetzt wenn man die krumme Linie überhaupt, als die Durchschnittslinie aneinander grenzender schiefer Ebenen betrachtet. Vergl. §. 21. N. 6.

1) Nöthigt man einen schweren Körper sich, an einer schiefen Ebene aufwärts zu bewegen, so wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufsteigen, und es werden dieselben Gesetze gelten, die früher (§. 51. N. 1.) beim senkrechten Aufsteigen schwerer Körper entwickelt wurden.

2) Gesetzt es befinde sich ein schwerer Körper in E (Fig. 7.) an dem einen Ende der kreisförmigen Fläche ECA, so wird er sich dem Vorhergehenden

zufolge) mit wachsender Geschwindigkeit auf der Fläche hinab bewegen, und bei C angelangend die gröſste Geschwindigkeit erhalten haben; vermöge welcher er fortgetrieben, sich an der gleichmässig gekrümmten Fläche CA in demselben Maase vermindert hinaufbewegen wird, als wie er zuvor beschleunigt von E nach C gieng. Er steigt also so hoch, als er gefallen war, d. h. er durchläuft einen Bogen CA = EC. Von A fällt er wieder zurück, erhält in C wiederum die gröſste Geschwindigkeit, die ihn bis E treibt, von wo aus er wieder den vorigen Lauf beginnt, und so ins Unendliche fort, wenn er nicht nach und nach durch Luftwiderstand und Reibung gehemmt, kleinere Bogen beschriebe und so endlich ruhete.

E) *Vom Pendel.*

§. 59.

V. Versuch. Ein an einem Faden befestigter und mittelst desselben an einem (freie Bewegung gestattenden) Orte aufgehängter schwerer Körper, z. B. eine Kugel oder eine oben um einen Stift bewegliche Stange (die anstatt des Stifts auch an einem biegsamen Metallblättchen befestigt seyn kann), werde aus seiner lothrechten Richtung gebracht und dann dem Falle überlassen, so wird der schwere Körper am freien Falle verhindert, sich nur bis zu dem möglichst tiefsten Puncte senken, d. i. bis zu derjenigen Stelle, wo die Richtung des Fadens auf den Horizont senkrecht ist, oder wo sich der Schwerpunct des schweren Körpers gerade unter seinem Aufhängepuncte (in der lothrechten Linie durch diesen Punct) befindet; tritt ihm hier kein Hindernifs entgegen (was ihn zu der für ihn sonst nur in dieser Lage möglichen Ruhe bringt) so wird er, vermöge der durch den Fall bis zu diesem tiefsten Puncte erlangten Geschwindigkeit, sich nach der entgegengesetzten Seite eben so hoch hinaufbewegen, als er zuvor gefallen war, und von hieraus wiederum fallend den tiefsten Punct erreichen, wo die aufs Neue erlangte gröfste Geschwindigkeit ihn, laut dem im vorigen §. N. 2. entwickelten Gesetze, bis zum Ausgangspuncte seiner Bewegung treibt und von hier aus die Bewegung wieder wie zuvor eintreten läfst u. s. f. Man nennt eine solche Vorrichtung ein (physisches oder zusammengesetztes) Pendel (Pendulum); es würde jene Hin- und Herbewegung — Pendelschwingung (Oscillatio, Vibratio penduli) genannt — unaufhörlich fortsetzen, und immer dieselben Kreisbogen beschreiben, wenn es nicht durch den Widerstand der Luft und durch Reibung nach und nach zur Ruhe käme.

1) Die Bewegung des Pendels vom Ausgangspuncte bis zum gleich hohen entgegen stehenden Puncte der anderen Seite, z. B. Fig. 7. von A nach E, heifst eine einfache oder halbe Schwingung (Oscil-

latio dimidiata, simplex[1]); hingegen diejenige Bewegung der zufolge er vom Anfangspuncte ausgeht, den gleich hohen Punct gegen über erreicht, und dann wieder zum Ausgangspuncte zurückkehrt, eine ganze oder zusammengesetzte Schwingung (Osc. composita). Erfolgen die Schwingungen in gleichen Zeiten, so nennt man sie isochronisch (Oscillationes isochronae); die Dauer der (ganzen) Schwingung nennt man die Schwungszeit (Temp. oscillationis).

2) Denken wir uns den Faden des Pendels als eine (gewichtslose) unbiegsame, gerade Linie, und den Körper als einen schweren Punct, so erhalten wir die Vorstellung des einfachen oder mathematischen Pendels (Pend. simplex), von dem wir das obige zusammengesetzte Pendel (Pend. compositum) als in jedem Puncte der Linie gewichtig, mithin eine zusammenhangende Reihe vieler schwingender schwerer Puncte, d. i. vieler Pendel von verschiedener Länge unterscheiden.

3) Die Schwingungszeit hängt a) von der Grösse des Oscillations-, Aufhebungs- oder Elongationswinkels (Angulus elevationis, elongationis) AOC (Fig. 7); b) von der Länge des Pendels, die man beim einfachen Pendel von der Entfernung des Aufhängepunctes O vom schweren Puncte C rechnet; und c) von der nicht aller Orten der Erde gleich stark wirkenden beschleunigenden Kraft der Schwere ab.

4) Pendel bei denen Aufhebungswinkel, Länge und Schwere gleich sind, schwingen isochronisch; weichen hingegen zwei Pendel in einer dieser Bedingungen von einander ab so sind die Schwingungszeiten

ungleich. Bei gleicher Schwere und gleichen Elevationswinkel verhalten sich die Schwingungszeiten der Pendel wie die Quadratwurzeln ihrer Längen, und umgekehrt die Pendellängen wie die Quadrate der Schwingungszeiten. Bezeichnen wir die Zeiten mit T und t die Längen mit L und l so ist $T^2 : t^2 = L : l$, und mithin $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$.

5) Fiele der Körper A (Fig. 7) durch den Bogen AC, so ist zwar die Sehne dieses Bogens kürzer, aber sie weicht weniger von der Horizontallinie ab, als der obere Theil des Bogens; der durch den Bogen fallende Körper erlangt daher gleich anfänglich eine grössere Geschwindigkeit, und kommt dieser zufolge in C eher an, als wenn er in die Richtung der Sehne gefallen wäre. Die höhere Mechanik setzt den Unterschied beider Fallzeiten, durch den kleinen Bogen und durch dessen Sehne, gleich dem Verhältnisse des vierten Theils der Pheripherie zum Durchmesser d. i. wie 785 : 1000. Uebrigens läſst sich das bei der schiefen Ebene erläuterte Gesetz: daſs ein Körper alle Sehnen eines Halbkreises in einerlei Zeit durchfällt, nicht vollkommen auf den Fall durch verschiedene Bogen ein und desselben Kreises anwenden, indem die Schwingungen hier nicht von vollkommen gleicher Dauer sind.

6) Sofern ein schwerer Körper in derselben Zeit die Sehne des Halbkreises (z. B. AC Fig. 7. vergl. §. 57. N. 1.) als den Durchmesser desselben durchfällt, so folgt, daſs sich die Zeiten in denen er durch die Sehnen verschiedener Halbkreise fällt, verhalten wie die Quadratwurzeln ihrer Durchmesser. Dieses auf

Pendelschwingungen kleiner Bogen angewendet (von denen wir annehmen, daſs das Verhältniſs ihrer Schwingungszeit zur Fallzeit durch die Sehne auch bei den verschiedensten Kreisen desselben sey) läſst die Folgerung zu: daſs sich die Schwingungszeiten verschiedener Pendel, wie die Quadratwurzeln der Durchmesser der Kreise, in deren Bogen sie schwingen verhalten; woraus denn, indem die Pendel selbst die Halbmesser sind, und diese sich wie die Durchmesser verhalten, das N. 4 ausgesprochene Gesetz folgt.

7) Die beiden Pendel CD und Cδ (Fig. 8) haben gleiche Elongationswinkel. AD und Lδ sind die Räume, durch welche sie mit einer für gleichförmig beschleunigt anzunehmenden Bewegung zu fallen genöthigt sind; bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten sich aber die Räume wie die Quadrate der Zeiten vergl. §. 35. N. 3., mithin wird $AD : \alpha\delta = T^2 : t^2$ seyn. AD und $\alpha\delta$ sind zugleich ähnliche Bogen verschiedener Halbmesser, die sich verhalten wie die Halbmesser, mithin $AD : \alpha\delta = CD : C\delta$. CD und C$\delta$ sind zugleich die Pendellängen, daher ist $AD : \alpha\delta = L : l$; mithin $T^2 : t^2 = L : l$ oder $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$. Es gilt dieses jedoch nur, wenn die Pendel an gleichen Orten der Erde schwingen; sind die Orte verschieden, so ist auch die Wirkung der Schwere aus später zu erläuternden Gründen verschieden, und bezeichnen wir das Verhältniſs der Schwere zu den an verschiedenen Orten schwingenden Pendeln mit G und g, so erhält obige Formel folgende Gestalt: $T : t = \sqrt{\frac{L}{G}} : \sqrt{\frac{l}{g}}$.

8) Daſs bei gleichen Elevationswinkeln und gleichen Orten, die Zahl der Schwingungen mit der Quadratwurzel der Längen (bei zwei schwingenden Pendeln) im umgekehrten Verhältnisse stehe, z. B. wenn die Zahl der Schwingungen doppelt so groſs ist, die Pendellänge viermal kleiner seyn muſs, folgt schon aus dem Obigen. Denn soviel wie die Dauer der Schwingungen in einer gewissen Zeit grösser ist, um soviel wird auch die Zahl der vollendeten einzelnen Schwingungen in derselben Zeit kleiner seyn müssen; d. i. $N : n = t : T$. Ist aber $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, so ist auch $N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$. Je kürzer das Pendel ist, um so schneller sind seine Schwingungen; je länger um so kürzer.

9) In dem Verhältnisse wie die Grössen der Schwingungsbogen wachsen, wird auch die Zeit des Schwunges (dem obigen zufolge) grösser werden, und nur bei sehr kleinen Bogen, sind die Pendelschwingungen merklich isochronisch. Nachstehende Tabelle zeigt die Zögerung an, welche aus der Zunahme der Schwingungsbogen, bei ein und demselben Secundenpendel (d. i. ein Pendel, welches innerhalb einer Secunde einmal hin und her schwingt), für einen Tag, an demselben Orte, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendel, welches, mathematisch genommen unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Zunahme der Bogen ist nach der Breite eines einfachen Schwunges und die Länge des Pendels zu 3 Fuſs 8 Linien (paris.) bestimmt.

Einfacher Schwung.			Tägliche Verzögerung.
Zoll.	Linien.		Secunden.
0.	4.	.	0, 1.
0.	8.	.	0, 5.
1.	0.	.	1, 0.
1.	4.	. .	1, 8.
1.	8.	.	2, 8.
2.	0.	.	4, 0.
2.	4.	.	5, 5.
2.	8.	.	7, 1.
3.	0.	.	9, 0.

u. s. w., wie leicht gefunden wird, wenn man die Zahl der Zolle mit sich selbst multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdrückt. Schwingt mithin ein Pendel auf jeder Seite 4 Linien, also in einer Breite von 8 Linien, so ist es kein wahres Secundenpendel, da es täglich $\frac{1}{2}$ Secunde zurückbleibt. Machte aber das Pendel nur einen Winkel von zwei Secunden oder $\frac{1}{250}$ Linien, so würde die tägliche Verzögerung nur ein Milliontheilchen einer Secunde (oder in 21509 Jahren eine Secunde) betragen. Vergl. Gren a. a. O. S. 128 etc.; und de la Lande Calcul astronomique, à Paris 1762. §. 253.

10) Sind die Elevationswinkel verschieden, und sollen die Schwingungen isochronisch seyn, so dürfen sie nicht in Kreisbogen, sondern sie müssen in der Cycloide erfolgen. Die höhere Mathematik führt (aus der Anwendung der Sätze vom Falle in der krummen Linie überhaupt auf die Cycloide) den Beweis, daſs der Fall durch den endlichen Bogen der Cycloide eben so lange dauert, als durch den unend-

lich kleinen (weshalb sie auch die tautochronische Linie genannt wird), woraus denn folgt; dafs die Zeit des ganzen Schwunges in der Cycloide (auch bei ungleichen Bogen) sich verhält zur Zeit des freien Falles durch die doppelte Länge des Pendels, wie der Umkreis zum Durchmesser. Vergl. HUYGENS horologium oscill., P. II. pr. 25.

11) Die Gesetze des einfachen Pendels, lassen sich auf das zusammengesetzte oder physische Pendel anwenden, wenn man dieses zuvor auf das erstere reducirt hat. Jeder denkbare Punct oder Massenatom des physischen Pendels wird nämlich von der Schwere afficirt, und befindet sich in Vergleichung mit den übrigen in einer verschiedenen Entfernung vom Aufhängepuncte; es mufs daher um jene Anwendung möglich zu machen, zuvor die Frage beantwortet werden, wie grofs die Länge eines einfachen Pendels seyn würde, dessen Schwingungszeit der bereits gegebenen Schwingungszeit eines physischen Pendels von bestimmter Gestalt und Grösse gleich ist?

12) Es ist Gegenstand der höheren Mechanik diese Frage hinreichend zu beantworten, uns genügt es hier die Resultate zu benutzen, welche die mathematischen und physischen Untersuchungen zur Zeit darüber gegeben haben. Diesen zufolge läfst sich in jedem physischen Pendel (Fig. 10) ein Punct m (der Mittelpunct der Schwingung centrum oscillationis) auffinden, dessen Abstand Cm vom Aufhängepuncte C, der Länge eines einfachen Pendels CM, welches mit diesem zusammengesetzten Pendel gleiche Schwingungen macht, gleich ist; und dieser Punct trifft a) bei einem Kugelpendel, dessen Faden

sehr dünne und auch nur 3″ lang ist, und dessen Metallkugel nicht über 3‴ im Durchmesser hat, fast mit dem Mittelpuncte der Kugel zusammen; b) bei einer gleichartigen, unbiegsamen, geraden und schweren Linie, die an ihrem einen Ende aufgehängt ist (z. B. eine cylindrische oder parallelepipedalische Metallstange oder Drath etc.), liegt der Schwingungspunct vom Aufhängepunct um $\frac{2}{3}$ der Länge der Linie entfernt; c) bei einer schweren, an einem sehr dünnen und nicht merklich schweren Faden, an ihrem Scheitel aufgehängten Kugel, liegt der Schwingungspunct unter ihrem Schwerpuncte (der zugleich ihr Mittelpunct ist, vergl. oben §. 53. N. 1.) um $\frac{2}{5}$ des Quotienten entfernt, der gefunden wird, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpunctes vom Aufhängepuncte dividirt; d) bei einem dem lezteren ähnlichen Pendel, wo aber der Faden bemerkbar schwer ist, wird der Schwingungspunct mit Hülfe folgender Formel gefunden; u bezeichne das Gewicht des Fadens, P das der Kugel, b ihren Durchmesser, und a die Entfernung des Mittelpunctes der Kugel vom Aufhängepuncte: so liegt der Schwingungspunct unter dem Mittelpuncte der Kugel um $\frac{(\frac{1}{3}u + \frac{2}{5}P)\,b^2 - \frac{1}{6}u\,(ab + a^2)}{(\frac{1}{2}u + P)\,a - \frac{1}{2}bu}$. vergl. Huygens a. a. O. P. IV. prop. 7. 23. De la Lande exposition du calcul astronomique, S. 119. Kästner's Anfangsgründe der höh. Mechanik, Göttingen 1766. 8. S. 114. u. s. f. Gren a. a. O. S. 131. — Hat man die Entfernung des Schwingungspunctes vom Aufhängepuncte bei einem physischen Pendel genau bestimmt, so läſst sich die Länge des Secundenpendels durch Beobachtungen finden; man vergl. v. Zach's Beschreibung einer neuen Vorrichtung, womit die Versuche und Bestimmungen der wahren Länge des einfachen Secundenpendels genau uud behend angestellt und gemacht werden können; in Bode's Sammlung astronomischer Abh. I. Supplementb. S. 175 u. s. f. und Voigts Magaz. B. IX. St. I. S. 142. u. s. f.

13) Die Länge des Secundenpendels beträgt genauen Beobachtungen zufolge, nach Mairan, de la Lande, v. Zach u. a.

zu Pello,	unter d. Br. v.	66° 48′, -	441, 27 Lin. par.
— Leyden,	- - - -	52° 9′, -	440, 71 - -
— Gotha,	- - - -	50° 52′, -	440,693 - -
— Paris,	- - - -	48° 50′, -	450, 6 - -
— Quito,	- - - -	25′ , -	439, 10 - -
unt. d. Aequator,	an d. Meeresfl.	-	449, 21 - -

Ueber die Pendellängen anderer Orte vergl. man Bode's Kenntniſs der Erdkugel, S. 85.

14) Gallilei erfand die Lehre vom einfachen Pendel gleichzeitig mit derjenigen von der Schwere, vergl. §. 47. N. 2.; Huygens erweiterte sie, machte davon 1656 wichtige Anwendungen zu Verbesserungen der Uhren, und ward Erfinder der Pendeluhr. Er bestimmte vermittelst des Pendels die Beschleunigung der Schwere, und setzte so die §. 49. N. 1. angegebene Fallhöhe von einer Secunde fest. (Ueber das Verfahren bei Bestimmungen der Art, vergl. man Karsten's Anfangsgr. der Naturl. §. 94. und Gren a. a. O. §. 264.) Auch schlug er die Länge des einfachen Secundenpendels zu einem allgemeinen Fuſsmaase vor, so daſs der dritte Theil dieser Länge ein Fuſs seyn sollte; ein Vorschlag der im Allgemeinen nicht ausgeführt werden konnte, weil späteren Beob-

achtungen gemäfs, die Länge des Secundenpendels unter verschiedenen geographischen Breiten verschieden ist. Vergl. Huygens a. a. O.

15) Durch den Widerstand der Luft, wird endlich jedes schwingende Pendel nach und nach durch Verkleinerung der Bogen zur Ruhe gebracht; (vergl. §. 58. N. 2.) indem die Dauer des Niederganges etwas länger und die des Aufsteigens etwas kürzer wird, welches sich gegenseitig rücksichtlich der Geschwindigkeit einzelner Schwingungen so ziemlich ausgleicht, und deshalb keine Correctur des Secundenpendels nöthig macht. Wohl aber wird diese durch die hydrostatische Wirkung der Luft, von der wir in der Folge handeln werden, nothwendig; indem diese das Gewicht des Pendels und mithin die Gravitation desselben um so viel vermindert, als wie das Gewicht des Luftquantums beträgt, welches die Pendelmasse aus der Stelle treibt. Daher mufs der beobachteten Pendellänge noch etwas zugesetzt werden, um die Länge des im leeren Raume Secunden schwingenden Pendels zu finden. Eben so ändert auch die Wärme (durch Ausdehnung) die Länge des Maasstabes, man mufs daher entweder bei gleichen Temperaturen die Pendelschwingungs-Beobachtungen vornehmen, oder die Pendel aus Massen verfertigen, die sich bei verschiedenen Temperaturen wechselseitig durch Verkürzung und Verlängerung compensiren; dahin gehören die rostförmigen oder galgenartigen Pendel Graham's und Romain's, aus eisernen und kupfernen Stäben, oder besser aus Stäben von Eisen und Zink. Eines der vorzüglichsten Rostpendel ist das Harisonsche, welches einem anderen neuerlichst durch C. Troughton erfundenen, Schnitters Un-

tersuchungen gemäſs vorgezogen zu werden verdient. Vergl. Bode's Astron. Jahrb. für d. J. 1810. Berlin 1807. 8. S. 184 u. s. f. — Eine andere Berichtigung der Länge des Secundenpendels besteht in der Bestimmung derjenigen Abweichung die durch die Grösse der Schwingungsbogen verursacht wird; vergl. oben.

F) Von der Verminderung der Schwere und den daraus folgenden Veränderungen ihrer Beschleunigung.

§. 60.

Durch die Umdrehung der Erde um ihre Axe erhalten ihre Massentheile eine Fliehkraft (vergl §. 37), deren Richtung auf der Axe der Umdrehung senkrecht geht, die daher unter dem Aequator, wo die Erde bei ihrer Drehung die gröſsten Kreise beschreibt, am gröſsten seyn, gegen die Pole zu, wo jene Kreise kleiner werden, abnehmen, und in den Polen selbst vollkommen verschwinden muſs. Es verhält sich diese Fliehkraft unter dem Aequator zur Schwere daselbst, wie 1 : 289; sie vermindert die Schwere, dort wo sie ihrer Richtung gerade entgegengesetzt ist, d. i. unter dem Aequator am stärksten; weniger dort, wo sie der Schwere schief entgegen und mithin nur einem Theile derselben direct entgegen wirkt, d. i. in grösseren Breiten nach den Polen zu, und am wenigsten in der Polnähe. Die Verminderung welche die Schwere hiedurch an verschieden Orten erleidet, ist überhaupt zu der, die sie unter dem Aequator erfährt, wie das Quadrat des Cosinus der Breite des Ortes zum Quadrate des Halbmessers der Erde. Vergl. de la Lande a. a. O. §. 459.

1) Dieser Verminderung zufolge werden das Gewicht der Körper, der freie und beschränkte Fall und die Pendelschwingungen, dadurch an den verschiedenen Orten der Erde Veränderungen erleiden. Was das Gewicht der Körper so wie die Bestimmung der Dichtigkeitsverhältnisse betrifft, so kann dieses deshalb in den Beobachtungen keinen Unterschied machen, weil die Masse der Waage und die zu vergleichenden Gewichtseinheiten, in demselben Maase vermehrt oder vermindert von der Schwere gezogen werden, als wie die zu wiegende Masse selbst; bei der Bestimmung der Fallhöhe hingegen muſs die Wirkung der Fliehkraft berücksichtigt werden, welche Berichtigung indeſs sehr leicht mit Hülfe der für den Beobachtungsort gegebenen Secundenpendellänge statt finden kann; diese Länge muſs dann aber jene Berichtigung bereits erfahren haben. Lalande (a. a. O.) hat diese Berichung vorgenommen, und in einer Tafel für verschiedene Orte der Erde, den Zusatz in Linien ausgedrückt angegeben, welchen die beobachtete und bereits auf die §. 59. angeführten Weisen berichtigte Pendellänge erhalten muſs, um die wahre Länge eines solchen Secundenpendels zu besitzen, welches durch die Fliehkraft nicht mehr verändert wird; und mithin der Länge eines Secundenpendels entspräche, welche statt finden müſste, wenn die Erde ruhete. Unter dem Aequator beträgt dieser

Zusatz 1,53 Lin. paris.; zu Paris 0,67 Lin. par. und zu Pello in Lappland 0,24. Um diesen Zusatz zu finden, multiplicirt man das Verhältnifs der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator $\frac{1}{289}$, mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Ortes, und setzt die gefundene Quantität der beobachteten Pendellänge zu.

2) Bringt man daher ein und dasselbe Pendel z. B. von Pello in Lappland in die Aequatornähe, so wird es je näher dem Aequator um so langsamer schwingen, und hier verkürzt werden müssen, wenn es isochronisch schwingen soll. Dieses erfuhr Richer zuerst auf seiner Reise nach Cayenne (1 Grad 56 Minuten vom Aequator) im Jahr 1672 (vergl. obs. astronom. et phys. faites a Cayenne. Paris 1673. fol.); sein Pendel das in Paris täglich 86400 mal geschlagen hatte, schlug in Cayenne nur 86280 mal, und mufste daher um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzt werden, wenn es wie zn Paris Secunden schlagen sollte. Das Pendel des Maupertuis hingegen schlug zu Pello 86400 mal, während es in Paris in einem Sternentage 86341 mal geschlagen hatte.

§. 61.

Aus seinen Untersuchnngen über die Gravitation des Mondes gegen die Erde, leitete Newton das Gesetz ab, dafs die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe; vergl. §. 52. N. 4. Da nun die Erde eine sphäroidische Gestalt hat, und an den Polen abgeplattet ist, so wird auch noch aus dieser Ursache, unabhängig von der Fliehkraft, ein schwerer Körper unter dem Aequator, wegen der grösseren Entfernung vom Mittelpuncte der Erde eine geringere Beschleunigung haben, als gegen die Pole zu (den verschiedenen Gradmessungen zufolge, setzt man jetzt das Verhältnifs der Erdaxe zum Durchmesser des Aequators = 334 : 335 fest). Die Länge des (einfachen) Secundenpendels bedarf daher auch nach den übrigen bereits angegebenen Correctionen, noch einer Berichtigung, indem sie aus obigen Gründen unter dem Aequator kleiner seyn und nach den Polen zn in den grösseren Breiten zunehmen wird.

1) Das obige Gesetz der Schwere wurde eigentlich zuerst von Kepler ausgesprochen, aber mit dem Bestreben es zu widerlegen, weil er es in der Natur für nicht gegründet hielt. Vergl. ejusd. de motibus stellae Martis. Cap. XXXVI und dessen Harmonie der Welten.

§. 62.

Noch eine dritte Verminderung erleidet die Beschleunigung der Erdschwere durch die Gravitationen der übrigen Weltkörper, besonders der Sonne und des Mondes. Verschiedene Phänomene zeugen von dieser Verminderung, unter allen sind aber für die Beobachtung auf der Erde diejenigen der Ebbe und Fluth am meisten in die Augen fallend, und vorzüglich geschickt jene Verminderung oder Schwächung der Wirkungen der Erdschwere, zur bestimmten Zeit und für den bestimmten Ort nachzuweisen.

1) Bei den §. 59. N. 13. angegebenen Längen des Secundenpendels unter verschiedenen Breiten, ist auf sämmtliche Verminderungen der Beschleunigung der Schwere so gut wie möglich Rücksicht genommen.

2) An den Küsten des Oceans (vorzüglich) bemerkt man eine periodische Ab- und Zunahme des Wassers, die unter der Benennung Ebbe und Fluth bekannt ist. Binnen 24 Stunden wechselt sie ohngefähr 2 mal, und zwar unter einerlei Meridian so ziemlich auf gleiche Weise. Jeden Tag tritt dieser Wechsel an demselben Orte fast $\frac{3}{4}$ Stunden später als den vorhergehenden Tag ein. Das ganze Meer wird dadurch in Bewegung gesetzt: das Wasser fließt den Küsten zu wo die Fluth beginnt und wächst, und strömt von denen abwärts, an welchen die Ebbe eintritt. Ist an einem Orte eines Meridians Fluth, so ist in einer Entfernung von 90° zu beiden Seiten Ebbe, und 90° weiter oder unter dem entgegengesetzten Meridian ebenfalls Fluth; woraus folgt daß Ebbe und Fluth mit ihren verschiedenen Abstufungen auf der ganzen Erde gleichzeitig zweimal in 24 Stunden statt finden. In der Aequatornähe ist diese Veränderung am stärksten, in höheren Breiten nimmt sie ab, bis sie sich endlich ganz verliert. An den Ostseeküsten bemerkt man keinen Wechsel der Art, wohl aber im mittelländischen Meere. — Kepler (in seiner Harmonie der Welten) versuchte es zuerst, diese Erscheinung durch die Anziehung des

Mondes gegen das Meerwasser zu erklären; aber so wie Kepler überhaupt sich bemühete seinen Nachfolgern zur ferneren Bearbeitung mehr die Materialien zn überliefern, als sie auch im ferneren Detail zu bearbeiten, so ward auch erst späterhin, da man die Mathematik auf die Gesetze der Bewegung anwandte, wozu Gallilei, Huygens, Hook u. a. selbst in der Methode der Ausführung den Weg ebneten, durch Neuton's gründlichen Fleiſs, die Keplersche Erklärung jener Naturerscheinung bestimmter ausgesprochen, und durch Nachweisung ihrer Beziehung mit allgemein gegebenen Grundkräften (mit der allgemeinen Schwere) richtiger entwickelt. Schon die Beobachtung, daſs der Gang der Ebbe und Fluth dem Laufe des Mondes folgt, und daſs die Zeit seines Durchgangs durch den Meridian mit der Zeit der Fluth übereinstimmt, jedoch so, daſs ihr höchster Stand erst einige Zeit nachher erfolgt (wahrscheinlich weil der Mond auch nach seinem Durchgange noch auf das Erdwasser einzuwirken fortfährt, und die dem Wasser ertheilte Bewegung noch eine Zeit hindurch dauert, wenn auch die sie bewirkende Ursache nicht mehr da ist), verbunden mit der Bemerkung, daſs zur Zeit des Neu- und Vollmonds, d. i. wenn die Sonne ihre anziehende Kraft gegen die Erde mit der des Mondes vereint, die Fluth vermehrt wird und in sogenannte Springfluth übergeht, nöthigen uns der Keplerisch-Neutonschen Erklärung beizupflichten, zugleich aber auch diese Erklärungen auf mehrere ähnliche Phänomene anzuwenden. Denn so gut wie das Erdwasser als von anderen Weltkörpern angezogen gedacht werden kann, läſst sich eine ähnliche Anziehung auch von der Luft, und wenn sich einst die Ponderabilität des electrischen Fluidums durch Versuche bestätigen sollte, auch von der electrischen Materie erwarten; woraus denn wohl zunächst der periodische Gang mancher Meteore erläutert werden könnte. In der Folge hierüber mehr.

3) In Fig. 11. bezeichne L den Mond und T die Erde. Stehen beide in der angegebenen Richtung, so sieht man leicht ein, daſs die Theile der Erde in a stärker als die in b und c vom Monde angezogen werden. Diese stärkere Anziehung von L gegen a, hat hier eine verminderte gegen T zur Folge, weshalb das Wasser in a nun einen geringeren Druck nach unten und nach den Seiten ausübt, wie zuvor, und specifisch leichter wird. Um daher im Gleichgewicht zu seyn, wird es in a höher stehen, d. h. es wird Fluth eintreten, während in b und c Ebbe ist. Aber auch in d wird Fluth seyn, und zwar gröſstentheils weil, da Erde und Mond sich um einen gemeinschaftlichen Schwerpunct drehen, der nahe bei der Erde fällt, d am weitesten vom Mittelpunct der Bewegung entfernt ist, mithin den stärksten Schwung und dadurch eintretende stärkste Schwereverminderung hat; theils auch weil die Anziehung des Mondes nicht bloſs a, sondern auch den Mittelpunct von T trifft, und dadurch dessen anziehende Wirkung auf d schwächt. — Ebbe und Fluth sind übrigens die gewöhnlichen Ursachen der Strömungen des Meeres, welche durch Klippen, Felsen etc. mannichfach modificirt werden.

§. 63.

Schon auf hohen Bergen bemerkt man (mittelst des Pendels) eine Verminderung der Erd-

schwere, die öfters beträchtlich genug ist, um in Anschlag gebracht werden zu können. So beobachtete Bouguer zu Quito (in Peru) am Meere, die Länge des Secundenpendels; sie betrug 439''',10, während sie in einer Höhe von 2400 Toisen auf dem Pichincha nach demselben Beobachter 438''',69 war; und dasselbe Pendel, welches am Ufer des Amazonenflusses in einem Sternentage 98770 mal geschlagen hatte, machte euf dem Pinchincha 50 Schwingungen weniger. Wären hier bloſs die vermehrte Fliehkraft (vergl. §. 60.) und das §. 61. aufgestellte Gesetz der Abnahme der Schwere, die Ursachen der Schwereverminderung (und der dadurch nöthig gewordenen Verkürzung des Secundenpendels); so würde man im Stande seyn, nach vorangegangener Bestimmung der geographischen Breite, mittelst des Secundenpendels beträchtliche Höhen aufs genaueste zu messen; da aber auch hier noch immer die dritte im vorigen §. angezeigte Quelle der Schwereverminderung, wiewohl als geringere Ursache mit ins Spiel kommt, so könnten Höhemessungen der Art nie auf unbedingte Richtigkeit Anspruch machen.

1) Um die Höhe der Berge zu bestimmen, giebt es, ausser dem bei hohen Bergen nicht füglich anwendbaren Nivellement, vorzüglich zwei Methoden; wovon die eine in trigonometrischer Ver-

messung, die andere in Messung mittelst des Barometers besteht. Die bei der ersteren Methode erforderliche Standlinie, wird öfters in ihrer Messung durch die Beschaffenheit des Bodens bedeutend gehindert, und überdem macht die (weiterhin zu untersuchende) Stralenbrechung die Messung der Winkel unsicher. Die andere Methode kämpft mit nicht geringen, in der Folge bei der Untersuchung des Lufsdruckes zu berührenden Schwierigkeiten.

2) Als die Erdschwere in ihrer Wirkung vermindernd erscheinen ausser den angeführten Verhältnissen, mehrere andere Kräfte, deren Untersuchung wir uns für die Folge vorbehalten; dahin gehören die Wärme, das Licht, die chemische, electrische und magnetische Anziehung, die Ursache der Elasticität etc., welche insgesammt sehr häufig Bewegungen der Materie veranlassen, die entweder der Erdschwereanziehung gerade entgegengesetzt sind, oder sie doch als untergeordnete Thätigkeitsquelle erscheinen lassen. Einstweilen vergl. man §. 3, 10, 20. N. 1, 25, 26, 28. N. 3 etc.; 32, 43 etc.

3) Zur Zeit als Lavoisier die Stahlsche Hypothese des Verbrennungsprocesses (der zufolge unter anderen Eigenschaften auch die Brennbarkeit der Körper von einem eigenthümlichen fast unkörperlichen Wesen, dem Phlogiston begründet seyn sollte) durch neue Untersuchungen unterstützt verwarf, oder wenigstens sehr stark berichtigte, versuchten es einige Anhänger der Stahlschen Lehre, die von Lavoisier gründlich bestrittene Existenz des Phlogistons zu sichern, indem sie demselben negative Schwere zuschrieben. Sie behaupteten daher, daſs bei der (in der Folge näher zu untersuchenden)

Verbrennung, mit dem Entweichen des die Brennbarkeit begründenden Phlogistons, das Angezogenwerden des Verbrennenden oder Verbrandten von Seiten der Erdschwere vermehrt und befördert werde, woraus die Vergrösserung des Drucks und somit des absoluten Gewichts der Verbrennungsproducte folge; welche Lavoisier nur von der Verbindung des brennbaren Körpers mit einem Theil der umgebenden Luft (mit dem Sauerstoffe), seinen Versuchen gemäſs ableitete. Es betrachteten daher jene Physiker das Phlogiston als eine die Erdschwere vermindernde Potenz, und ohnerachtet diese und ähnliche Vermuthungen sich nicht bestätigt haben, sondern vielmehr von mehreren Seiten widergelegt wurden; so verdient dennoch die zum Grunde liegende Idee, als scharfsinnige Hypothese hier eine geschichtliche Erwähnung.

б) *Von den Bewegungen und Massenverhältnissen der Weltkörper.*

§. 64.

Den vorhergehenden Untersuchungen zufolge, wirkt bei jedem geworfenen Körper die Wurfkraft der Schwere so lange entgegen, bis sie von ihr aufgehoben den Körper in einer halben oder ganzen Parabel wieder zurückkehren läſst; dieses kann aber nur bei einer so geringen Wurfkraft der Fall seyn, die den Körper nur zu einer gewöhnlichen Höhe treibt, von wo aus die Rückkehr zur Erde in parallel laufenden Richtungen statt findet. Denken läſst es sich indeſs, daſs diese Richtungen nicht parallel, sondern auf den Mittelpunct der Erde gehen, und bei sehr grosser Bogenweite wirklich convergirend erscheinen; ein Fall der eintreten würde, wenn der Körper in hinreichender Erhöhung von der Erde horizontal geworfen worden wäre. Er würde dann eine in sich selbst zurükkehrende Bahn beschreiben und eine Centralbewegung um die Erde herum erhalten, die derjenigen ähnlich wäre, welche der Mond im Verhältniſs zur Erde wirklich durchläuft, und die überhaupt alle Trabanten und ihre Hauptplaneten, und beide um die Sonne, nach der durch alle Beobachtungen bestätigten Wahrheit der COPERNICANischen Weltordnung beschreiben.

1) Vergl. §. 37. u. s. f. §. 48. N. 1. §. 51. N. 2. u. §. 52 etc.

2) Die Planeten oder sogenannten Irrsterne, von denen die älter bekannten sich als vorzüglich glänzende Sterne dem beobachtenden Auge zeigen, erhielten ihre Benennung wegen ihrer anscheinend unregelmässigen Bewegung. Ihre im Verhältniſs zu den übrigen Sternen in die Augen fallende Nähe, bestimmte PTOLEMÄUS, eine nach ihm benannte Weltordnung zu entwerfen, nach welcher sich die Planeten wie die übrigen Sterne um die Erde bewegen sollten. COPERNICUS ein glücklicherer Forscher, entdeckte späterhin die jetzt allgemein für wahr anerkannte und nach ihm benannte Weltordnung, welche

auf unser Sonnensystem angewendet, die Sonne als denjenigen Weltkörper betrachtet, um den sich sowohl die Erde als wie die übrigen Planeten, nebst ihren Begleitern (Monden oder Trabanten) bewegen; vergl. §. 11. N. 2. und das Copericanische Sonnensystem genannt wird. Tycho de Brahe's (eines berühmten Astronomen) Bemühungen beide Weltordnungen in einer dritten zu vereinigen, waren fruchtlos.

§. 65.

Schon aus den früheren Untersuchungen (a. a. O.) folgt ferner, daſs die Wurfkraft, welche jenem schweren Körper die Centralbewegung ertheilen soll, mit seiner Masse im Verhältniſs stehen muſs, und daſs die bewegenden Centralkräfte in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der schweren Massen und der Entfernungen vom Mittelpuncte, und aus dem umgekehrten des Quadrats der Umlaufszeiten stehen.

1) Bezeichnen wir die Centralkräfte mit G, g, die Massen mit P, p, die Abstände vom Mittelpuncte mit D, d, und die Umlaufszeiten mit T, t, so ist $G : g = \frac{PD}{T^2} : \frac{pd}{t^2}$ vergl. a. im vorigen §. a. O. und Gren a. a. O. §. 271 etc.

2) Verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte und sind die schweren Massen einander gleich,

so sind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen. Ist mithin $P = p$, und $T^2 : t^2 = D^3 : d^3$, so ist $G : g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$; und sind die schweren Massen ungleich, so sind in eben angeführtem Falle, die Centralkräfte im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpunct der Kräfte: $G : g = \frac{P}{D^2} : \frac{p}{d^2}$. Vergl. a. a. O.

3) Die Geschwindigkeit einer kreisförmigen Bewegung ist so grofs, als die Geschwindigkeit, welche der Körper durch dieselbe Centralkraft erhalten würde, wenn sie mit gleichförmiger Beschleunigung durch den vierten Theil des Durchmessers triebe. Vergl. a. a. O.

§. 66.

Denken wir uns nun dafs der Körper der eine Centralbewegung um einen anderen erhalten hat, sich bei deren Beschreibung fortwälze, so hat er ausser der allgemeineren zugleich noch eine eigenthümliche auch in sich zurück kehrende Bewegung, die ihn in dem Maase (bei veränderlichen Anziehungen gegen den Centralkörper) gegen die einstige Vereinigung mit dem Centralkörper schützt, als sie schneller von statten geht. Die vollkommensten Belege für diese Verhältnisse, bietet uns die Bewegung der Weltkörper nach der Copernicanischen Weltordnung dar; und wir sind durch die Bemühungen eines Kepler, Neuton u. a. m. in den Stand gesetzt, hievon bei der Untersuchung der einzelnen Weltkörper den gehörigen Gebrauch zu machen. Die Kraft welche diese gegenseitigen Verhältnisse begründet und sichert, ist die Schwere, die wir bisher fast nur als Gravitation der Erde auffaſsten, jetzt aber im Fortgange unserer Untersuchungen, durch die Entdeckungen der genannten Naturforscher geleitet, als allgemeine Schwere oder als Anziehung der Welten erkennen werden.

§. 67.

Kepler's Entdeckungen zufolge, welche durch spätere Beobachtungen auf das vollkommenste bestätigt wurden, 1) bewegen sich die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht; 2) durchlaufen die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius vector Flächenräume, die den Zeiten proportional sind; und 3) verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten, wie die Würfel der mittleren Entfernung von der Sonne. Vergl. §. 36

u. 37. N. 1. 2. 3. u. s. f. und Kepler a. a. O. so wie auch in dessen: epitome astronomiae Copernicanae. Linc. 1618. 8., u. ejusd. Harmonicae mundi libri V. Linc. 1619. Fol. Spätere Beobachtungen bestätigten diese Gesetze auch bei den Bahnen der Trabanten um die Hauptplaneten, und der Cometen in ihren lang gezogenen Ellipsen um die Sonne.

1) Das was Kepler andeutete oder aufzustellen durch eigene Beobachtungen gezwungen wurde, sprach Neuton aus; seine von der späteren Beobachtung bestätigten Beweise zeigten: 1) daſs die Planeten in ihrem Laufe durch die Gravitationskraft zurückgehalten werden, die bei den Hauptplaneten gegen die Sonne, bei den Nebenplaneten (Trabanten) gegen den Hauptplaneten gerichtet ist, um den sie ihre Bahnen beschreiben; 2) daſs diese Centripetalkraft (welche die Planeten in ihren Bahnen erhält), im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen von der Sonne (oder von dem Hauptplaneten wenn von Nebenplaneten die Rede ist) sowohl bei den Planeten als bei den Cometen wirkend gegeben sey; und 3) daſs die Kraft, welche Cometen und Planeten um die Sonne, und Monde um die Planeten treibt, eine und dieselbe, und wie die Schwere eine anziehende sich immer gleich bleibende bechleunigende sey. Vergl. J. Neuton philophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. 4.

2) Daſs jene Kraft wirklich die Schwer- oder Gravitationskraft sey, bewies NEUTON zuerst an der zur fortdauernden Bewegung des Mondes um die Erde nöthigen Kraft. Vergl. a. a. O. Der Mond, der sich ohngefähr in einer Entfernung von 60 Erdhalbmessern von der Erde befindet, fällt demnach gegen die Erde herab, oder wird von ihr angezogen mit einer 3600 mal kleineren Geschwindigkeit, als ein Körper in der Nähe der Erde. Indeſs würde diese Anziehung ihn doch bald zur Erde herabbringen, wenn dies einerseits zum Theil nicht die Anziehung der Sonne (wenigstens in gewissen Stellungen) andererseits vorzüglich die Schwungkraft des Mondes selbst, verhinderte. Ein in der Entfernung des Mondes von der Erde befindlicher schwerer keine Schwugkraft besitzender Körper, würde mit einer Geschwindigkeit von 15,094 paris. Fuſs in einer Minute, oder von $\frac{15,094}{3600} = 0,00419$ in einer Secunde zur Erde hinabfallen. NEUTON schloſs ferner, daſs die Centripetalkraft des Mondes gegen die Erde auf gleiche Weise wirke, und mit dieser übereinkomme; und daſs die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe. Vergl. §. 61. Dieses auf alle Planeten und Trabanten angewendet, führte ihn zu seinem Systeme der allgemeinen Schwere. NEUTON a. a. O.

§. 63.

Um die beschleunigende Kraft der allgemeinen Schwere auf der Oberfläche der Planeten, so wie das Verhältniſs ihrer schweren Massen und deren Dichtigkeit zu bestimmen, ersann

Neuton folgende als Gesetze ausgesprochene, erwiesene und bestätigte Anwendungen der im vorigen §. entwickelten Gesetze und Folgerungen: 1) die Schwere auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält sich wie die Schwere seines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittleren Abstandes dieses Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten; oder wie der Würfel des mittleren Abstandes des Trabanten, dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit und das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten, wobei die Sonne rücksichtlich der Planeten als Hauptplanet angesehen werden kann; 2) die schweren Massen der Planeten verhalten sich, wie die Würfel der mittleren Entfernungen von ihren Trabanten; dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Trabanten; woraus auf den vorigen Satz angewendet folgt: daſs die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten sich verhalte, wie die schwere Masse desselben, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers; und 3) die Dichtigkeit der schweren Masse eines Hauptplaneten verhält sich, wie der Würfel der mittleren Entfernung seines Trabanten, dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieses Trabanten, und den Würfel des Halbmessers des Planeten, oder wie die Schwere auf der

Oberfläche des Planeten, dividirt durch seinen Halbmesser. Vergl. Neuton a. a. O. u. Gren. a. a. O. §. 271. u. s. f.

1) Bezeichnen wir die Schwere mit G, g die mittleren Abstände mit D, d den Halbmesser mit R, die Umlaufszeit mit T, t, die schweren Massen mit P, p, und die Dichtigkeit der schweren Masse eines Hauptplaneten mit Δ, so ist für das erste Gesetz, $g = \frac{G\,D^2}{R^2}$ oder $g = \frac{T^3}{T^2 R^2}$, für das zweite Gesetz: $P : p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^2}{t^2}$; und rücksichtlich der (aus der Anwendung dieses Gesetzes auf das erste) gezogenen Folgerung: $g = \frac{P}{R^2}$; für das dritte Gesetz endlich: $\Delta = \frac{D^3}{T^2 . R}$; oder $\Delta = \frac{g}{R}$. Vergl. Gren a. a. O. — Der elliptischen Bahn der Planeten um die Sonne zufolge, ist der Abstand der Planeten von der Sonne ungleich. Der Punct der gröſsten Entfernung heiſst die Sonnenferne (Aphelium), der Punct der kleinsten Sonnennähe (Perihelium).

2) Die Anwendung dieser Gesetze auf die Bestimmung der wirklichen Bewegungs-, Anziehungs- und Dichtigkeitsverhältnisse einzelner Weltkörper und einzelner Sonnensysteme, gehört für die Astronomie; hier genügt es uns einige der wichtigsten Resultate jener Untersuchungen, als Belege der Anziehungen in meſsbaren Fernen und deren Wirkungen auf die Weltkörper im Allgemeinen, aufzuführen.

a) Die Erde ist keine Kreisebene sondern ein um seine Pole etwas abgeplatteter Sphäroid, wie dieses theils alltägliche Wahrnehmung (z. B. entfernte Gegenstände werden mit ihrem oberen Theile nach und nach sichtbar), besonders aber Beobachtungen des veränderlichen Standes der Himmelskörper (reisen wir z. B. von Norden nach Süden, so sehen wir Sterne am nördlichen Himmel unter den Gesichtskreis gehen, während andere am südlichen Himmel über den Gesichtkreis herauf kommen; ferner wirft die Erde bei einer Mondfinsterniſs einen runden Schatten auf den Mond etc.), geometrische Ausmessungen auf der Erdoberfläche und Reisen um die Erde, deren erste Ferdinand Magellan 1519 unternahm, hinreichend bewiesen haben. Die Gestalt der Planeten und der meisten übrigen Himmelskörper ist derjenigen der Erde ähnlich. Die Abplattung der Erde an den Polen beträgt ohngefähr 6 geographische Meilen, d. h. soviel ist die Erdaxe (die von einem Pol zum anderen durch die Erde gehende gedachte gerade Linie) kürzer, als der Durchmesser des Aequators; vergl. §. 61. Huygens und Neuton behaupteten dieses aus theoretischen Gründen, und die Gradmessungen im verflossenen Jahrhundert, besonders diejenigen der Franzosen und Schweden bestätigten es vollkommen. Beim Saturn, Jupiter und Mars ist eine ähnliche Abplattung sehr bemerklich; beim Uranus fand sie Herschel ebenfalls.

b) Die Erde ist von einer Atmosphäre umflossen. Bei Mercur und Venus beobachtete Schröter gewisse Lichtveränderungen, die auf Stralenbrechung in der Atmosphäre dieses Planeten deuten. Um den Mars bemerkte v. Hahn einen wahrscheinlich auch durch Stralenberchung bewirkten und somit auf eine Atmosphäre deutenden lichten Kreis. An dem Jupiter unterscheidet man (mittelst guten Fernröhren) einzelne dunkele Streifen, die unter einander fast parallel laufen, und unseren Wolken zu ähneln scheinen. Die Atmosphäre der Ceres und Pallas sind sehr groſs und dicht und dadurch den Atmosphären der Cometen ähnlich.

c) Die Erde ist zum Theil mit Wasser bedeckt. Die Atmosphäre der Planeten lassen ebenfalls auf Vorhandenseyn des Wassers auf ihrer Oberfläche schliessen. Die heitere wolkenleere Atmosphäre von Venus und Mercur, lassen auf eine geringe Wassermenge schliessen; der Mars scheint hierin der Erde nahe zu kommen; Jupiter und wahrscheinlich auch Saturn und Uranus hingegen scheinen noch von Wasser umflossen zu seyn. Unter den Trabanten können wir nur vom Monde (nach Schröters Beobachtungen) auf eine fast gang trockne Oberfläche schliessen.

d) Die Oberfläche der Erde ist uneben und bergigt, (welche Unebenheiten indeſs gegen die Grösse der Erde verschwinden, und nicht daran hindern sie als eine Kugel zu betrachten). Der Mercur hat nach Schröters Beobachtungen im Verhältniſs zu seinem Halbmesser 8 mal höhere Gebirge als die Erde, und die Venus steht ihm hierin wenig nach; nach S. Bestimmungen giebt es Berge auf diesen Planeten von 22500 Toisen Höhe. Nach denselben Beobachtungen giebt es auf dem Monde Berge von 25000 Par. Fuſs Höhe; d. i. mehr als $\frac{1}{5}$ höher als der höchste Erdberg, und im obigen Verhältniſs fast 5 mal so hoch als dieser. (Schon das blosse Auge unterscheidet Flecken im Monde, denen die Astronomen eigene Namen gegeben haben; und die Mondkarten dienen dazu, sich über die äussere Gestalt des Mondes vollkommener zu orientiren).

e) Die Erde ist ein dunkeler Körper und wird vorzüglich von der Sonne beleuchtet; das Licht welches sie vom Monde erhält, ist ohngefähr 500 mal schwächer als das Sonnenlicht, und stammt wie das Licht der Planeten überhaupt von der Sonne ab, ist also ein aufgefangenes und zurückgeworfenes oder erborgtes Licht. Bei Mercur und Venus bemerkt man durch Fernröhren nach ihrem verschiedenen Stande gegen die Sonne, Zu- und Abnahme ihres milden und schönen Lichtes. Gehen sie vor der Sonnenscheibe vorüber (durch die Sonne, so kehren sie der Erde ihre Schattenseite zu, verfinstern die Sonne und erscheinen schwarz. Jedoch hat man aus einzelnen Beobachtungen an der Nachtseite der Venus, auch auf einen schwachen Grad von Selbstleuchtung geschlossen; etwas ähnliches zeigen die neuentdeckten Planeten, vorzüglich die Vesta. Dieser kleinste unter den bekannten Planeten, erschien gleich bei seiner Entdeckung als ein heller Stern wenigstens von der sechsten Grösse, während Pallas, Ceres und Juno in nicht viel grösseren Entfernungen, bei 6, 3 und 5 mal grösserem Durchmesser, kaum als Sterne der 7ten und 8ten Grösse erschienen; und ohnerachtet dieses lebhaften Lichtes, erscheint die Vesta in den besten Fernröhren, nur wie ein fast nicht mehr sichtbarer Fixsternenpunct von noch nicht $\frac{1}{2}$ Secunde im Durchmesser. Schröter vermuthet daher wohl mit Recht hier einen zum Theil selbstleuchtenden Planeten zu haben; wahrscheinlich steht er in dieser Hinsicht zwischen den übrigen Planeten und den (selbstleuchtenden) Cometen ohngefähr in der Mitte. — Bei dem Mars hat man ähnliche Beobachtungen wei beim Mercur und Venus über die Ab- und Zunahme seines röthlichen Lichtes gemacht. Jupiter unter allen Planeten der gröſste und glänzendste, Saturn und Uranus zeigen uns Verfinsterungen ihrer Trabanten, die wie unsre Mondfinsternisse durch den Schatten der Hauptplaneten hervorgebracht werden.

f) Man unterscheidet in der Astronomie Sterne erster, zweiter, dritter, vierter Grösse u. s. f. Fixsterne der ersten Grösse pflegt man solche zu nennen, die bei heiterem, aber nicht mondhellen Himmel dem blossen Auge sichtbar werden, wenn die Sonne 12° unter dem Horizont ist. Zu den Sternen der zweiten Grösse gehören diejenigen, welche sichtbar werden, wenn die Sonne 13° unter dem Horizont ist; und so giebt jeder Grad mehr, eine neue Classe. Mit solchen ohngefähren Bestimmungen ist man bis auf 6, oder für recht scharfe Augen bis auf 7, gegangen; mit Hülfe der Fernröhre kann man aber noch viel weiter gehen; wie denn auch wirklich mehrere Astronomen, z B. Herschel von noch viel höheren Sterngrössen sprechen. — Da sich die Venus nicht sehr weit von der Sonne befindet, so erscheint sie bald als Morgen- bald als Abendstern.

g) Die Trabanten beständige Begleiter (Satellites) bewegen sich um die Hauptplaneten und mit diesen zugleich um die Sonne. Die Erde hat an dem Monde einen solchen Begleiter. Vier der Art entdeckte zuerst Simon Mayer (gegen Ende des Novembers 1609, vergl. ejusd. mundus jovialis a. 1609 detectus ope perspicilli belgici. Norimb. 1614) und bald darauf Gallilä (Opere Tom. II. p. 1.) um den Jupiter sich herum bewegend; und so wie der Mond der Erde stets dieselbe Seite zukehrt, so fand dasselbe auch Herschel bei zwei Jupitersmonden. Von den sieben Trabanten des Saturn (die man wie die Uranustrabanten nur durch starke Vergrösserung sieht) waren fünfe schon im 17ten Jahrhunderte von Huygens und dem älteren Cassini entdeckte; die anderen beiden entdeckte Herschel den 28sten August und den 17ten September 1789; so wie auch die sechs Monde des Uranus von ihm zuerst gesehen wurden (Vergl. Bode's Astron. Jahrb. 1801. S. 231). Der Mond umläuft die Erde innerhalb 27 Tagen 7 Stunden, 43 Minuten und 11 Secunden einmal; welches man die siderische Umlaufszeit des Mondes, oder auch den periodischen Monat nennt. Nach Verlauf dieser Zeit erscheint er wieder bei demselben Fixsterne, bei dem man ihn zuvor gesehen hatte. Er rückt dieser Angabe zufolge täglich um 13° 10′ 35″ von Westen nach Osten unter den Fixsternen fort, und seine gröſste Entfernung von der Erde (Erdferne, Apogaeum) beträgt ohngefähr 64,3 Erdhalbmesser oder ohngefähr 56480 geographische Meilen, während er in der kleinsten Entfernung (Erdnähe, Perigaeum) fast 48020 geographische Meilen oder ohngefähr 55,5 Erdhalbmesser (bei der mittleren Entfernung mithin 59,9 oder fast 60 Erdhalbmesser) von der Erde absteht. Bewegt sich der Mond auf seiner Bahn, zwischen Erde und Sonne (so, daſs er mit der Sonne in der Zusammenkunft oder Conjunction ist, mit ihr fast zugleich auf und untergeht), so ist seine von der Sonne beleuchtete Seite von der Erde abgekehrt, und wir haben Neumond (Novilunium); nach ohngefähr 7 Tagen erscheint er nur zur Hälfte erleuchtet und steht ohngefähr im Meridian wenn die Sonne untergeht; welches man das erste Viertel (quadratura prima) nennt. Sein Licht wächst jetzt (Luna crescens) und nach Verlauf von etwa 14 Tagen geht er auf, wenn die Sonne untergeht. Er heiſst jetzt Vollmond (Plenilunium), wir sehen seine ganze erleuchtete Seite und die Erde steht nun zwischen ihm und der Sonne, oder wie man sagt: im Gegenscheine oder in Opposition mit der Sonne. An den folgenden Abenden geht er nun immer später auf, als die Sonne untergieng; die vorhin zuerst hellgewordene Seite wird täglich dunkeler, und am 21sten Tage, wo er um Mitternacht aufgeht ist er nur noch zur Hälfte erhellt, und dieses nennt man das lezte Viertel. Sein Licht nimmt jetzt immer mehr ab (Luna decrescens) bis er nach 27—28 Tagen wieder als Neumond erscheint. Man nennt diese Lichtwechsel (oder Mondphasen, phases lunae) Mondbrüche, und sie bezeugen deutlich, daſs das Mondlicht von der Sonne abstammt. Da die Erde während dieses Lichtwechsels selbst einen Theil ihrer Bahn um die Sonne beschreibt, so kann auch die Zeit von einem Neumonde zum anderen oder von einem Vollmonde zum anderen, die sogenannte synodische Umlaufszeit oder der synodische Monat, dessen mittlere Umlaufszeit 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten und 3 Secunden beträgt, nicht mit der zuvor angegebenen Umlaufszeit übereinstimmen. (12 synodische Monate sind = 354 Tage 8 Stunden 48 Minuten und 38 Secunden, und bilden das Mondenjahr, dessen Unterschied mit dem Sonnenjahre in der Chronologie die Epacten genannt wird). Die Bahn des Mondes um die Erde würde eine Ellipse und die Erde im Brennpuncte dieser Ellipse seyn, wenn er nicht durch gewisse, mit Hülfe der höheren Mechanik und Analysis zu berechnende Störungen (Perturbationes) vermöge seiner Anziehung zur Sonne, zur Venus und zum Jupiter, zu Ungleichheiten der Bewegung (inaequalitates motus) während seines Laufes gebracht würde. Aehnliche Perturbationen erleidet auch die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne, vorzüglich durch Venus und Jupiter und auch durch den Mond selbst, und mehrere der übrigen Planeten. EULER, TOBIAS MAYER, MASON, BÜRG u. a. haben sowohl für die Bewegung der Erde und des Mondes, als auch für die Bewegung anderer Planeten und ihrer Monde Tafeln entworfen, die mit genauen Beobachtungeu fast ganz vollkommen übereinstimmen. — Die Monde des Jupiter umlaufen denselben, den Beobachtungen der Astronomen zufolge:

der erste	in 1 Tag.	18 St.	27 Min.	33 Sec.;
zweite	— 3 —	13 —	13 —	42 —
dritte	— 7 —	3 —	42 —	33 —
vierte	— 16 —	16 —	32 —	8 —

ihre Bahnen sind übrigens fast ganz in der Ebene der

Bahn ihres Planeten. Die Umläufe der Saturnus-Trabanten (von den die beiden nächsten [ersten] die zulezt entdeckten sind) finden statt; bei dem

ersten	in 0 Tag.	22 St.	39 Min.	58 Sec.;	
zweiten	— 1 —	8 —	52 —	54 —	
dritten	— 1 —	21 —	18 —	16 —	
vierten	— 2 —	17 —	44 —	51 —	
fünften	— 4 —	12 —	25 —	11 —	
sechsten	— 15 —	22 —	41 —	13 —	
siebenten	— 79 —	7 —	53 —	43 —	

befindet sich die Erde in ihrer mittleren Entfernung vom Jupiter, so erscheinen die Trabanten, den Halbmesser des Jupiters zur Einheit angenommen, in ihrer gröfsten Entfernung ost- oder westwärts vom Jupiter, in folgenden Weiten: 5,67; 9,00; 14,38; 25,30; welche Abstände sich dem Beobachter auf der Erde unter folgenden Winkeln darstellen: 1′ 51″; 2′ 57″; 4′ 42″; 8′ 16″. Die Entfernungen der Saturnustrabanten von ihrem Hauptplaneten, in Halbmessern desselben betragen: 2,80; 3,63; 4,50; 5,80; 8,09; 18,67; 54,20; ihre scheinbaren Abstände: 0′ 27″; 0′ 35″; 0′ 43″,5; 0′ 56; 1′ 18″; 3′ 0′; 8 42″,5 bei der mittleren Entfernung der Erde vom Saturn; die Abstände und Umlaufszeiten der Uranustrabanten giebt, nach Herschel, folgende Tafel an:

	Abstand.	Umlaufszeit.
der I Trab.	- 0′ 25″,5	- 5 T. 21 St. 25′
II —	- 0 33 ,0	- 8 — 17 — 1
III —	- 0 38 ,6	- 10 — 23 — 4
IV —	- 0 44 ,2	- 13 — 11 — 5
V —	- 1 28 ,4	- 38 — 1 — 49
VI —	- 2 56 ,8	- 107 — 16 — 40

Bei zu grosser Annäherung verschwinden (nach H.) diese Trabanten dem Auge des Beobachters, durch das verhältnifsmässig zu starke Licht des Hauptplaneten öfters ganz; was man bei den Trabanten anderer Planeten nicht bemerkt hat. Vergl. BODE's Astron. Jahrb. f. d. J. 1801. S. 232—244.

h) Ohnerachtet der Mond (und wahrscheinlich alle übrigen Trabanten gegen ihre Hauptplaneten, s. oben) der Erde stets eine Seite zeigt, und die andere von der Sonne nach und nach ebenfalls beleuchtete Seite, von uns nie gesehen wird, so sind doch die Gränzen zwischen beiden Hälften, wie dieses schon GALLILÄI bemerkte, nicht immer dieselben; sondern es erscheinen vielmehr an dem Rande der uns sichtbaren Mondscheibe, von Zeit zu Zeit dunkelere Stellen der anderen Hälfte, während von der diesseitigen zuvor gesehene Flecken verschwinden, aber auch nach einiger Zeit wiederkehren. Die Astronomen nennen diese periodische scheinbare Veränderung der Lage des Mondkörpers, das Schwanken oder die Libration des Mondes; und betrachten es als den Erfolg des Winkels den die Mondbahn mit der Ecliptik macht, und seiner ungleichförmigen Bewegung um die Erde. Aus jenem Verhältnifs des Mondes zur Erde, dafs er ihr stets eine Seite zukehrt, folgert man, dafs er sich innerhalb eines periodischen Monats einmal um seine Axe drehe; indefs haben berühmte Mathematiker und Astronomen, z. B. KEPLER und WALLISIUS aus Gründen an der Axendrehung des Mondes gezweifelt. Vergl. LICHTENBERG: ob sich der Mond um seine Axe drehe? Im Göttinger Taschenkalender 1796. LAPLACE in s.

Mechanique celeste T. II; in der BURKHARDschen Uebersetz. S. 405; und oben §. 66. Daſs übrigens der Mond von der Erde (verhältniſsmässig weit stärker als wie die Erde von ihm) auch beschienen werde, zeigt schon die bekannte Beobachtung, daſs man ein paar Tage nach dem Neumonde, wenn der Mond wie eine Sichel erscheint, bei heiterer Luft oft die ganze Mondscheibe erkennen kann.

i) Bildete die Mondbahn um die Erde eine vollkommene Ellipse und läge sie ganz in der Ebene der Ecliptik, so würde der Mond bei jedem Neumonde zwischen Sonne und Erde in gerader Richtung erscheinen, uns die Sonne verdunkeln, und ſo das Phänomen der partiellen oder totalen Sonnenfinsterniſs (Eclipsis solis) oder vielmehr Erdfinsterniſs gewähren; eben so würde bei jedem Vollmonde die Erde gerade zwischen Mond und Sonne treten, und dadurch partielle oder totale Mondfinsterniſs (Ecclipsis lunae) bewirken. Die Bahn des Mondes ist aber gegen die Ecliptik um 5° 9′ 8″ geneigt, weshalb er zur Neu- und Vollmondszeit über oder unter derselben erscheinen kann; und mithin jene Finsternissen nicht unbedingt eintreten müssen. Indeſs durchschneidet die Mondbahn die Sonnenbahn (Ecliptik) scheinbar in zwei gegenüberstehenden Puncten, die man Knoten (aufsteigender Knoten nodus ascendens ☊, niedersteigender Knoten nodus descendens ☋, oder auch Drachenkopf oder Drachenschwanz) nennt, zu denen die Lage des Neu- und Vollmonds nicht immer dieselbe ist. Die Sonnenfinsterniſs tritt daher ein, wenn der Mond in der obigen Stellung zwischen Sonne und Erde (zur Neumondszeit) zugleich in seiner Knotenlinie (Linea nodorum) oder nahe dabei ist. Der Mondschatten bedeckt, wenn er auch die Erde erreicht, nur einen kleinen Theil ihrer Oberfläche auf einmal, und nur den hier liegenden Orten wird die Sonne total verfinstert; die anderen Orte hingegen, die nur vom Halbschatten getroffen werden, haben nur eine partielle Sonnenfinsternifs; und die unbeschatteten gar keine. Auch wird aus gleichen Gründen, den verschiedenen Orten die Sonne nach und nach verdunkelt, und hört auch zu verschiedenen Zeiten auf. Trifft der Kernschatten des Mondes die Erde gar nicht, so entstehen die ringförmigen S. Finsternisse, die an solchen Orten, worüber der Mittelpunct des Halbschattens geht, zugleich central sind. — Die Mondfinsternifs findet ebenfalls (zur Vollmondszeit) unter der Bedingung statt, dafs der Mond nahe bei der Knotenlinie seiner Bahn ist; wo denn der Erdschatten auf den Mond geworfen diesen partiell oder total verdunkelt der manchmal bei totalen Mondfinsternissen bemerkte röthliche Schimmer, rührt von der in der Folge zu untersuchenden Brechung der Sonnenstralen in der Erdatmosphäre her). An allen Orten der Erde wo der Mond zur Zeit der Mondfinsternifs sichtbar ist (wo er mithin in den Erdschatten tritt und von der Erde der Sonnenstralen beraubt oder verdunkelt wird) sieht die Mondfinsternifs gleich aus, fängt zu derselben Zeit an und hört auch zu gleicher Zeit wieder auf. Zur besseren Verdeutlichung der Sonn- und Mondfinsternifs vergl. man Fig. 11, und denke sich im ersteren

Falle die Sonne hinter L; im lezteren hinter T. — Einen Venusmond wollten FONTANA 1645 zu Neapel, CASSINI 1646, SHORT in England 1740, MONTAIGNE in Frankreich, und RODKIER und HORREBOV in Kopenhagen, und v. MONTBARRON zu Auxeron 1764 gesehen haben; eine Beobtung die sich späterhin nicht bestätigt hat.

k) Ursprünglich leuchtend und mit ihrem Lichte die Planeten erhellend erscheint die Sonne und die sogenannten Fixsterne, die vermöge ihrer grossen Entfernung von unserem Planeten stets an derselben Stelle (abgesehen von ihrer scheinbaren Bewegung) wieder gesehen werden; und zwar rücksichtlich ihrer Grösse und ihres Glanzes sehr von einander abweichen, die jedoch sämmtlich unter einem so kleinen Winkel sichtbar werden, dafs wir denselben nicht zu messen vermögen, und mithin ihre Grösse mit Genauigkeit nicht bestimmen können. Dem ohnerachtet glänzen sie lebhaft; und dieses bürgt für ihre Selbstleuchtung, und läfst die Vermuthung zu, dafs sie auch wie die Sonne untergeordnete Weltkörper (Cometen, Planeten und Trabanten) beleuchten, mithin eben soviel Centralkörper von eben so vielen Sonnensystemen als wie sie selbst sind darstellen. Die Sonne durch das Fernrohr betrachtet, erscheint vollkommen rund und scharf begrenzt, umgeben von einer leuchtenden Atmosphäre, die wahrscheinlich (HERSCHEL und BODE zufolge) einen dunkelen Körper einschliefst, den sie nicht unmittelbar zu berühren, sondern davon noch durch eine (vielleicht aus Metalldämpfen oder Luften bestehende) lichte dunstartige Hohlkugel getrennt zu seyn scheint; dafs diese Hohlkugel dunstartig ist, ergiebt sich schon aus ihrer runden Gestalt, die sonst durch die Rotation sich längst zur Ellipse umgebildet haben müfste, und uns unter derselben Form die Sonne erscheinen lassen würde. Wäre unsere Sonne so weit wie z. B. der nächste Fixstern (wahrscheinlich Arcturus), d. i. etwa 400000 Erdweiten von uns entfernt, so würde sie verschiedenen Berechnungen zufolge das Ansehen der Fixsterne haben, und bei einer Entfernung, die den weitesten mittelst der Fernröhre unterscheidbaren Fixsternen gleich käme, d. i. eine Entfernung wo das Licht (vergl. §. 34. N. 9.) mehrere Jahrtausende gebraucht, um zu unserem Auge zu gelangen (während es zur Bewegung vom nächsten Fixsterne aus zu uns etwa 6 Jahre nöthig hat), würde sie vielleicht dem besten Fernrohre verschwinden.

l) Zur leichteren Unterscheidung der Gestirne, hat man sie von den ältesten Zeiten her in verschiedene Abtheilungen gebracht, und diese mit Namen belegt, die theils auf ältere Mythen ehemaliger Völkerschaften, theils auf climatische Verhältnisse derjenigen Länder, wo die Beobachtungen zuerst angestellt wurden, Bezug haben, und in dieser Hinsicht öfters für die Geschichte der Wissenschaft von Werth seyn können; vergl. §. 11. N. 2 u. 3. Man nennt diese Abtheilungen Sternbilder (Asterismi, Constellationes, Figurae coelestes); mehrere davon verdanken ihre Auffindung und Benennung der neueren Zeit. Die einzelnen Sterne der Sternbilder bezeichnet man gewöhnlich mit Buchstaben oder Zahlen, seltener mit besonderen Namen; und in den Verzeichnissen von

Fixsternen (Catalogi fixarum), sind die zur genauen Bestimmung der Lage eines jeden Sterns auf der Weltkugel erforderlichen astronomischen Angaben enthalten. Ausserdem hat man als Hülfsmittel zur Sternkunde künstliche Weltkugeln (Globi coelestes), Sternkarten, Sternkugeln und Coniglobien u. m. dgl.; vergl. J. Bayeri Uranometria. Aug. Vind. 1643. Jo. Gabr. Doppelmayeri atlas novus coelestis. Norimb. 1742. Chr. Bened. Funke, Anweisung zur Kenntnifs der Gestirne vermittelst zweier Sternkugeln. Leipzig 1770. J. E. Bode, Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels. 7te Auflage. Mit vielen Kupfern und einer grossen Himmelscharte. gr. 8. Berlin 1801. Dessen Beschreibung und Gebrauch obiger Himmelscharte, mit einem durchscheinenden Horizont, 23 Zolle im Durchmesser. Dessen Erläuterung der Sternkunde und der damit verwandten Wissenschaften. 3te Aufl. 2 Bde. m. Kpfn. gr. 8. Berlin 1808. Dessen kurzer Entwurf der astronomischen Wissenschaften, zu Vorlesungen mit 7 Kpfn. 8. Berlin 1794. Dessen Vorstellung der Gestirne auf XXXIV Kupfrtfln. Nach der Pariser Ausgabe des Flamsteedschen Himmelsatlas. gr. 4. Berlin 1782. Dessen Beschreibung und Gebrauch einer Weltcharte in zwei Hemisphären. Berlin 1793. Dessen Ptolomäus, Beobachtung und Beschreibung der Gestirne, mit Erläuterungen etc. Nebst einer Charte. gr. 8. Berlin 1795. Ejusd. Uranographia, sive Astrorum Descriptio viginti Tabulis aeneis incisa, ex recentissimis et absolutissimis astronomorum observationibus. (Auch mit deutschem und französischen Texte) m. Chart.

im gröſsten Format. Berlin. Dessen allgem. Betrachtungen über das Weltgebäude. 3te Auflage. Berlin 1807. 8. — J. H. Voigt's Lehrb. einer populären Sternkunde etc. m. Kpfn. Weimar 1799. gr 8. — J. T. Mayer Lehrbuch über die phys. Astronomie, Theorie der Erde und Meteorologie. Mit 2 Kpfn. Göttingen 1805. 8.

m) Nur der geringste Theil der Fixsterne ist in den Sternenverzeichnissen nachzuweisen, die Zahl dieser Sonnen ist unermeſslich groſs. Das was das unbewaffnete Auge für blossen Lichtschimmer hält, löst sich mit Hülfe der Dollondischen Fernröhre oder des Herschelschen vierzig schuhigen Spiegelteleskops in gedrängt voll stehende Sterngruppen auf, als Lichtpuncte auf dem dunkelen Himmelsgrunde hervortretend. Vorzüglich in die Augen fallend ist eine solche oft teleskopisch ziemlich deutliche Sternanhäufung, in der sogenannten Milchstrasse (Jacobsstrasse, oder besser Sternengürtel, Sternendiadem, Lichtzone Via lactea), die als lichtschimmernder Bogen, das ganze Sternengewölbe, fast in der Lage eines gröſsten zusammenhangenden Kreises der Sphäre, in ungleicher Breite umgiebt. Herschel sah einst durch das Feld seines unbeweglich aufgestellten zwanzigfüssigen Teleskops, das etwa 2½ Grad faſst, in einer Viertelstunde mehr als 116000 Sterne der Milchstrasse passiren, und zwar nur die deutlich zählbaren gerechnet. Ein andermal sah derselbe berühmte Astronom durch das etwa 15 Minuten fassende Sehfeld seines Teleskops, an einer gewissen Stelle der Milchstrasse innerhalb 41 Minuten Zeit, einen dichten Sternhaufen durchgehen, der nach einer ohn gefähren Schätzung aus wenigstens 258981 Sternen bestand; und von den 2000 Nebelsternen, Sternhaufen und Nebelsternen, von denen H. bereits in Bode's astronom. Jahrb. 1791 u. 1794 ein Verzeichniſs lieferte, gestand er selbst ein, daſs hiemit nur erst der geringste Theil, der von uns sehungsmöglichen Fixsternaggregate angegeben sey. Selbst die sogenannte Erdenweite (Entfernung von der Erde bis zur Sonne) die etwa 21 Millionen Meilen beträgt, ist zu unbeträchtlich, um für die Entfernungen jener Fixsterne, die noch ausser den Grenzen der Milchstrasse zu liegen scheinen, zum brauchbaren Maasstabe zu dienen; ja hier dürfte vielleicht kaum die Entfernung des nächsten Gestirns, des Arctur, oder des nicht viel weiter entlegenen, unter allen am meisten glänzenden Sirius zu jenem Zwecke hinreichen. Wie die Theilung des Räumlichen ins Unendliche geht, so auch die Ausdehnung desselben; und dem schwachen Sohne der im bekannten Weltraume zum Atome verschwindenden Erde, bleibt hier nur stille Verehrung desjenigen übrig, der, wo nur Bahnen möglich waren, im fröhlichen Kreise sich drehende Welten seiner schaffenden Hand entsteigen lieſs.

n) Nach Herschel's Annahme ist die Gestalt der Milchstrasse die eines länglichen unregelmässigen Doppelstreifens; nach einer anderen die einer wirklichen Sphäre, deren Mittelpunct unserer Sonne ziemlich nahe steht. Die Sterne der Milchstrasse liegen nämlich (in Vergleichung mit den übrigen Sternen) nicht wirklich näher beisammen, sondern hinter einander in unermeſslicher Tiefe, und deshalb scheinen sie dorthin wo sie von der Seite oder der Fläche noch gesehen werden, gedrängter als in den übrigen Himmelsgegenden zu stehen; wie in einem Walde die in langen Reihen hinter einander stehenden Bäume angehäufter zu seyn scheinen, als die welche zur Seite neben uns stehen. Jedes Sonnensystem, mithin auch das unsere (welches vermuthlich etwas seitwärts ausser der, der Länge nach mitten durch dieses Fixsternensystem gehenden Ebene liegt, indem die scheinbare Gestalt der Milchstrasse nicht völlig ein gröſster Kreis der Himmelskugel ist, sondern dem Südpol um 10 Grade näher vorbei geht, als wie dem Nordpole) ist hier wahrscheinlich in einer flachen scheibenförmigen Gestalt aufgestellt, und alle Sterne, die wir längs der gröſsten Durchschnittsebene dieser Schicht nach allen Seiten im Kreise herum sehen, werden zur Milchstrasse gehören, während die übrigen seitwärts stehenden vielleicht als lezte Enden entfernterer Milchstrassen, an der uns sichtbaren Himmelskugel zerstreut erscheinen. Mehrere Astronomen setzen den Centralkörper dieser Milchstrasse zu der unsere Sonne gehört, und um welchen sich das ganze Fixsternenheer bewegt, in den hellglänzenden Sirius, andere vielleicht mit eben so vielem Rechte, in die Gegend des Orions, und halten hier einen der sichtbaren nebelartigen Weltkörper für die Centralsonne; auch selbst in diesem Falle, würde unsere Sonne nicht um viele Fixsternenweiten von dem Mittelpuncte entfernt seyn, ohnerachtet wir dem Adler, Pfeile, Schwane etc. näher zu liegen scheinen, als dem gegenüber stehenden Orion, weil sich uns dort die Milchstrasse breiter und heller mit zerstreuteren Sternen zeigt, als beim Orion. Jenes getheilte Aussehen der Milchstrasse erklärt sich daraus, daſs eine grosse Anzahl der Fixsternenbahnen in eine gemeinschaftliche Ebene fällt, die von einer zweiten gleichfalls an Bahnen reichen Ebene, etwas entfernt liegt, während in der Mitte beider nur wenigere (vielleicht minder leuchtende und unvollkommenere) Fixsterne gefunden werden. Wahrscheinlich existiren aber mehrere untergeordnete Centralsonnen, einzelner zum Ganzen gehörender Fixsternsysteme, ausser der in der Gegend des Orion oder des Stiers angenommenen grossen. Hieher würden dann die glänzenden Sterne gehören, welche man in vielen rundlichen nebelartigen Weltgebäuden unter mehreren kleineren teleskopischen Sternen entdeckt hat, die nicht sowohl nach dem Mittelpuncte zu, sondern weiter gegen die eine Seite hin, in der Nähe des einen Brennpunctes der Ellipse liegen, und sich zu den übrigen Sternen oder Lichtmassen ihres Systems fast wie der (bald zu erwähnende) Kern des Cometen zu seinem Schweife zu verhalten scheinen; daſs übrigens die Fixsterne eine gemeinschaftliche Bewegung haben, hat die neuere Astronomie aus mehreren Erscheinungen mit Grunde als der Wahrheit gemäſs aufgestellt. Mit dieser eigenthümlichen Bewegung muſs aber nicht die scheinbare verwechselt werden, welche entsteht, wenn (nach Herschel und Prevost) unsere Sonne mit allen ihren Begleitern ihren Ort im Weltraume ändert; noch weniger die in der Folge zu berührende durch die Bewegung der Erde hervorgebrachte scheinbare, sondern eine wirkliche Fortbewegung der ganzen Weltkörpermasse der Milchstrasse, welche sich zu der eigenthümlichen Kreisung jedes einzelnen Sonnensystems etwa verhält, wie der Lauf der Erde um die Sonne, zu der gleichzeitig mit diesem Umlaufe gegebenen Fortrückung sammt der Sonne, den Cometen, Planeten und Trabanten. Dieses Fortrücken der Fixsterne kann aber auch selbst dann nicht viel über eine Secunde an unserem Firmamente (für unsere Beobachtung) betragen, wenn sich der einzelne Fixstern selbst um eine Erddurchmessersweite fortrollt. Jene allgemeine Centralsonne unserer Milchstrasse, ist nach obiger Annahme, das allen Beobachtungen zufolge, mehr wie jede ähnliche Masse ausgedehnte Nebellicht im Schwerdte des Orion, welches sich nicht in einzelne Sterne auflöst. In der Gegend des Orions findet die stärkste Sternanhäufung in der Milchstrasse statt; in der des Sirius die geringste. Diejenige welche diesen lezteren für die Centralsonne halten, erklären die hier gegebene geringere Sternanhäufung daraus, daſs der Sirius für uns, die wir nicht genau in der gröſsten Ebene der Milchstrasse liegen, nach der Seite hinaus steht, wo uns die Milchstrasse am schmälsten und mindest schimmernden erscheint. Daſs übrigens die Fixsternbewegung wie jede selbstständige anschaubar organische (vergl. §. 56 u. 57.) nicht geradlinigt, sondern krummlinigt, und wenn auch nicht in sich selbst vollkommen zurückkehrend doch in immer weiteren kreisartigen Bahnen sich versuchend statt finde, folgt schon aus der Beziehung zu einem in der Mitte liegenden grösseren

Körper, und daraus, dafs bei jeder geradlinigten Bewegung in jedem Augenblicke des Fortschreitens die ehemaligen Verbindungen total aufhören müfsten. Schon aus diesen Gründen ist eine sonst angenommene geradlinigte Bewegung unseres Sonnensystems nach einem Sterne des Herkules, woraus Herschel und Prevost die allgemeine Bewegung der Fixsterne blofs als scheinbare ableiten wollten (vergl. oben), nicht wohl denkbar. — Vergl. De motu fixarum proprio Comment. auct. Tob. Mayer in dessen opp. ineditis. Vol. I. p. 75. Herschels und Prevosts Abhandl. übersetzt in Bode's Jahrb. für 1786. S. 259 u. 1787. S. 224, und über die eigenthümliche Bewegung einiger Sterne von Prevost und Maurice ebendas. 1805, S. 113 etc. J. Kants allgem. Naturgeschichte und Theorie des Himmels etc. Königsberg u. Leipzig 1755. — Lambert's cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsburg 1761. Fr. Schubert's theoret. Astronomie; und G. H. Schuberts Ansichten von der Nachtseite der Naturwissenschaft.

o) Jene Nebelflecken oder Nebelsterne, die in Gestalt kleiner Lichtwölkchen oder schwacher Schimmer von Licht am dunkelen Himmelsgrunde hervortreten, haben wir durch die neueren Untersuchungen vorzüglich eines Herschels und Schröters theils als einfache Lichtmassen von ungeheurer Ausdehnung in einem mehr oder minder wie es scheint flüssigen Zustande, öfters einen hellleuchtenden Stern in der Mitte habend, theils als Aggregate zahlloser Fixsterne entfernter Milchstrassen kennen gelernt. Die Zahl der zur Zeit bekannten Nebelflecken beläuft sich bereits über 2000, und der rastlose Fleiſs der genannten ehrwürdigen Forscher u. a. neuerer Astronomen, bürgt uns dafür, daſs wir von der jetzt gewonnenen Ansicht neuer Welten in der unergründlichen Tiefe des Himmels, auch zur Einsicht ihrer Verhältnisse zu unserer Fixsternenwelt und somit zu unserem Sonnensystem gelangen werden. Scheint es doch, als sollten die geheimen Bücher der Geschichte unseres eigenen Sonnensystems, mit diesen und ähnlichen Entdeckungen, jetzt wenigstens in ihren ersten Grundzügen entrollt werden. (Beim Schlusse dieses Grundrisses werden wir in dem Versuche „einer Geschichte der Natur“ auf diese interessanten Gegenstände zurückkommen).

p) Aus einigen Herschelschen Beobachtungen, hat man auf Verschiedenheiten in der Grösse der einzelnen Sonnen geschlossen, jedoch noch nicht mit vollkommener Sicherheit, indem diese zur Zeit die zu Gebote stehenden Instrumente und die schwankende Angabe der Parallelaxe noch nicht zu lassen. So müſste die Kapella, welche H. drittehalb Secunden im scheinbaren Durchmesser fand (nach jener Voraussetzung, daſs die jährliche Parallelaxe der nächsten Fixsterne nicht über eine Secunde beträgt, und mithin der scheinbare Durchmesser der Erdbahn — welche wir in der geraden Zahl zu 40 Millionen Meilen annehmen — in der Gegend jener Sterne 2 Sec.) im wahren Durchmesser 50 Millionen Meilen oder 269 Sonnenhalbmesser betragen, und mithin am Umfange ihres Aequators $\frac{1}{5}$ mehr als unsere Erdbahn. Vergl. G. H. Schubert a. a. O.

q) Die Grundsätze zur Berechnung der Entfernungen der Weltkörper, sind denjenigen völlig gleich, welcher sich die Geometrie täglich bedient. Denken wir uns z. B. zwei Beobachter auf der Erde, wovon der eine den Mond im scheinbaren Horizont, und der andere gleichzeitig im Scheitelpuncte hat: so läſst sich durch Messung der Winkel bestimmen, um welchen der eine Beobachter den Mond am scheinbaren Himmelsgewölbe an einem anderen Orte sieht, als der andere. Diesen Winkel nennt man die horizontale Parallelaxe (Parallaxis horizontalis) des Mondes. Er beträgt etwa 1°. Zieht nämlich der erste Beobachter in Gedanken eine Linie zum aufgehenden Mond, und eine andere zum Mittelpuncte der Erde; der zweite aber eine dritte Linie von da durch seinen Standort bis zu dem in seinem Scheitelpuncte stehenden Monde: so ergiebt sich ein Dreieck, in welchem der Halbmesser der Erde von 860 Meilen eine bekannte Seite; der Winkel am Monde oder die Parallelaxe, so wie der rechte Winkel an der Oberfläche der Erde (beim ersteren Beobachter) zwei bekannte Winkel sind; woraus nach leichten trigonometrischen Regeln die Länge der vom zweiten Beobachter gezogenen Linie, d. i. in diesem Falle die Entfernung des Mondes vom Mittelpuncte der Erde bestimmt werden kann. Beträgt jener Winkel (zwischen den Gesichtslinien beider Beobachter) am Monde $61\frac{1}{2}$ Minute, so ist der Mond ohngefähr 48000; und beträgt der Winkel nur 54 Minuten, so ist er etwa 54700 Meilen vom Mittelpuncte der Erde entfernt; mithin beträgt sein mittlerer Abstand von der Erde ohngefähr 53100 Meilen.

Aber je weiter der Weltkörper von der Erde entfernt ist, um so geringer wird der Winkel der Parallaxe, und mithin um so schwieriger wird es die Entfernung genau zu finden. Daher ist die Mondweite von der Erde am genauesten, die der nahe gelegenen Planeten und der Sonne schwieriger, die entfernteren Planeten und der nächsten Fixsterne sehr unvollkommen oder auch wohl gar nicht auf diesem Wege festzusetzen. Bei Bestimmung der Sonnenweite, ist die halbe Dicke der Erde bei dem hierbei vorkommenden Dreieck eine zu kleine Seite; die Durchgänge der Venus (1761 u. 1769, vergl. oben) durch die Sonne gewährten indeſs den Astronomen die Möglichkeit, aus vielen Beobachtungen sehr genau die vereinigte Parallaxe der Sonne und der Venus zu berechnen, und hiernach die mittlere horizontale Sonnenparallaxe (den Unterschied ihres scheinbaren Ortes von der Oberfläche und vom Mittelpuncte der Erde aus betrachtet, also den Halbmesser der Erdkugel, vergl. oben, hiebei zum Grunde gelegt) auf $8\frac{1}{2}$ Secunde, etwa 400 mal geringer als beim Monde zu bestimmen; woraus sich wieder auf obige Weise berechnen lieſs, daſs die Entfernung der Sonne um eben so vielmal grösser, als die des Mondes sey, und mithin über 20 Millionen, fast 21 Millionen Meilen betrage. Wenn auch hiernach die Angaben der Abstände entfernter Weltkörper, bei den Astronomen öfters um tausend Meilen differiren, so verschwindet dieser Unterschied doch gegen die ausserordentlichen Entfernungen, als unbedeutender Beobachtungsfehler. Vergl. Bode's allgem. Betrachtung üb. das Weltgeb. S. 35 etc.; und über die Parallaxe der Fixsterne: Herschel in J. H. Schröters Beiträgen zu den neuesten astronom. Entdeckungen. Herausgeg. von J. E. Bode. Berlin 1788. S. 255 etc. Aus jener Parallaxe von 8″,5 und aus dem scheinbaren mittleren Durchmesser, nach Lalande = 32′3″,5, läſst sich die wahre Grösse des Sonnendurchmessers = 113,14 Durchmessern der Erdkugel = 194490 geogr. Meilen finden; woraus sich ferner ergiebt, daſs die Sonne ihrem körperlichen Inhalte nach 1448079 (nach anderen Bestimmungen 1382469) mal grösser als die Erde ist.

r) Zu den selbstleuchtenden Weltkörpern gehören endlich auch noch die Cometen, auch Haarsterne oder Schwanzsterne genannt; die zwar (sofern sie zu unserem Sonnensysteme gehören) von der Sonne beleuchtet werden, jedoch den gröſsten Theil ihres Lichtes, nach Schröters neueren Beobachtungen (vergl. dessen neueste Beiträge) höchst wahrscheinlich aus sich selbst entwickeln. Es gehören diese merkwürdigen sonst für blosse Meteore gehaltenen Körper einer ganz anderen Ordnung der Dinge an, als wie die Sonnen und Planeten (nebst deren Trabanten). Während sich diese sowohl um sich selbst, als auch bei ihrem Fortrollen (wenigstens ist dieses leztere von den Planeten und Satelliten bekannt) von Westen nach Osten bewegen, hat die eine Hälfte der bis jetzt bekannten Cometen eine Bewegung von Osten nach Westen; während jene in mehr oder minder excentrischen Ellipsen ihre Bahnen um die Sonne beschreiben, bilden diese durch den uns sichtbaren Theil ihrer Bahn, wie Dörffel dieses zuerst zeigte) Bogen, die wenig von einer parabolischen Bahn abweichen, und durch ihren ganzen Umlauf äusserst lang gezogene Ellipsen. Vergl. Olbers über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen aus einigen Beobachtungen zu berechnen. Weimar 1797. Oefters kommen sie bei ihren Bewegungen der Sonne ausserordentlich nahe, z. B. der vom Jahr 1769, welcher ihr 8 mal näher kam, als wie die Erde selbst in ihrem Perihelio steht, ja einige sind der Sonne selbst näher als wie der Mercur gekommen; und kehren sie dann aus der Sonnennähe zurück, so findet man ihre Atmosphäre ausgedehnter und dichter wie zuvor, was auf grosse Veränderungen durch die Sonneneinwirkung deutet. Die meisten der bisher gesehenen und berechneten Cometen, deren Anzahl sich ohngefähr seit dem Jahre 2300 vor Christi Geburt bis zur Mitte des 16ten Jahrhunderts auf 400 beläuft, nehmen jedoch ihren Weg um die Sonne innerhalb der Marsbahn (vergl. Bode's Abhandl. über die Austheilung und Lage aller bisher bekannten Planeten- und Cometenbahnen etc. Berlin 1792. 8.); es ist daher wahrscheinlich, dafs nur der geringste Theil gesehen wurde, und dafs der grössere Theil innerhalb der Bahnen der weiter entlegenen Planeten seine Sonnennähne erreicht. Nach Lambert (dessen cosmologische Briefe) können allein in der Bahn des Saturn 12000 Cometen der Sonne am nächsten kommen. Wie weit sie in ihrer Sonnenferne fortgehen, und ob sie, wie einige Astronomen vermuthen, wirklich in andere Fixsternsysteme eingreifen, und dadurch vielleicht öfters von ihrer

Wiederkehr ganz abgehalten werde (was z. B. mit dem J. 1770 der Fall seyn mag, der nach Messier's und Lexels genauen Beobachtungen und Berechnungen innerhalb $5\frac{1}{2}$ Jahr seinen Sonnenumlauf vollenden sollte, aber seit seinem Erscheinen und auch vorher nicht gesehen wurde) kann nicht entschieden werden; indefs müssen wir bemerken, dafs sie auch bei sehr grossen Ausweichungen (Excentricitäten) ihrer Bahnen dennoch Platz genug in den näheren mit Aether erfüllten Räumen unseres Sonnensystems haben; denn angenommen, dafs unser Sonnensystem mit dem Uranus geschlossen sey, so beträgt die körperliche Länge desselben ohngefähr 800 Millionen Meilen, und von hier bis zum nächsten Fixsterne, ist es noch 10000 mal so weit. Man hat die Bahnen der Cometen und nebst den übrigen Elementen auch die Umlaufszeiten berechnen wollen; das erstere hat sich am vollständigsten bei dem Cometen vom Jahr 1456 bewährt, der innerhalb einer 75—76 jährigen Periode regelmässig fünfmal wiedergekehrt ist, und von Hallei auf das Jahr 1759 vorausgesagt wurde, und mit Sicherheit auf das Jahr 1834 erwartet wird. Einen anderen vom Jahr 1264, den man mit dem von 1556 für einerlei hält, erwartet man 1848 wieder, und Neutons Berechnung zufolge, soll der grosse Comet vom Jahr 1680, dessen Umlaufszeit man auf 1700 Jahre setzt, und den mehrere für den nach Jul. Cäsar's Tode erschienenen halten, ihm auch früher die Entstehung der Sündfluth zuschreiben, nach 575 Jahren wiederkehren Man hat bis Ende 1803 die Bahnen von 95 seit dem Jahre 837 erschienenen berechnet, wobei der einigemal wiedergekommene, und zwei andere deren Wiederkehr vermuthet wird, nur einmal gerechnet ist; jedoch sind verschiedener Umstände wegen, alle Angaben der Art nicht vollkommen zuverlässig, wie schon aus dem Aussenbleiben des von 1770 erhellt. Von jenen 95 Cometen liefen in ihrer Sonnennähe zwischen Sonnen- und Mercursbahn hindurch 19, zwischen Mercurs- und Venusbahn 36, zwischen Venus- und Erdbahn 20, zwischen Erd- und Marsbahn 16, zwischen Mars- und Jupitersbahn 4. Nach Bessel beträgt die mittlere Entfernung des Cometen vom J. 1769 von der Sonne, über 3409 Millionen Meilen, die weiteste Entfernung von 8168 Meilen und seine Umlaufszeit 2089 Jahre. Die Sonne glänzt ihnen an der äussersten Grenze ihrer Bahn, nur als Sterne der ersten Grösse.

s) Sämmtliche Cometen haben ein neblichtes, haariges mehr oder weniger blasses Ansehen, zeigen in der Regel einen nach Schröters Vermuthung festen, wahrscheinlicher aber flüssigen, öfters verschiedentlich durchsichtigen, selbstleuchtenden Kern, der von einer sehr dichten, das ausstrahlende Licht schwächenden, und das Einfallen des Sonnenlichtes sehr beschränkenden wolkenartigen Atmosphäre, und dann von einem feinen, weniger als der Kern leuchtenden Lichtnebel umhüllt, und stets nach der von der Sonne, abgekehrten Seite zu, mit einem langen weniger als der Lichtnebel leuchtenden Schweife (Coma) versehen ist. Der Durchmesser des Kerns steht mit der Ausdehnung des Lichtnebels in einem Verhältnisse, wie wir es bei keinem der übrigen bekannten Weltkörper antreffen; man müfste dann etwa jene Nebelflecke ausnehmen, die in ihrer Mitte einen kleinen Stern einschliessen. Während z. B. der Halbmesser des Cometen vom J. 1799 $186\frac{1}{2}$ Meile betrug, wurde der Lichtnebel schon in der Entfernung des Cometen von der Erde aus, bis zu einer Höhe von 21797 Meilen sichtbar, und der Schweif erstreckte sich wenigstens 600000 Meilen weit in den Himmelsraum. Bei anderen Cometen war der Kern von der Grösse der Jupiterskugel, und die Ausdehnung des Schweifes des vom J. 1769 betrug gegen 40 Millionen. Diejenigen welche dem Kerne das Selbstleuchten streitig machen, glaubten sich berechtigt denselben für einen Wasserball zu halten; aber auch dieser würde bei einer so ungeheuren Grösse vollkommen undurchsichtig werden; das flüssige Element des Kerns muſs daher wohl von einer anderen und zwar räumlich leicht veränderlichen Beschaffenheit seyn, denn darauf weisen die veränderlichen Grössen des Durchmessers hin, welche Schröter durch atmosphärische Verhüllung zu erklären glaubt. Die grosse Abplattung der Cometen, welche durch ihre schnelle Drehung bewirkt wird, läſst sie nicht als Späroiden, sondern als Ellipsen erscheinen, deren grössere Axe nach der Sonne gekehrt, und mithin die kleine Axe der Pole ist. Bei verschiedenen in neuern Zeiten bloſs durch Fernröhre gesehenen Cometen, war die Dichtigkeit des Kerns so groſs, daſs seine Substanz die Stralen kleiner Sterne durchlieſs, und die daher von mehreren Astronomen als vollkommen kernlose Cometen betrachtet werden. Beträchtlich grosse Cometen mit sehr langen Schweifen, wie man dergleichen noch im 17ten Jahrhunderte wenigstens 10 sah, sind in neueren Zeiten sparsam erschienen; im 18ten Jahrhunderte sah man zwei solche, nämlich den von 1744 und von 1769. Uebrigens hat man weder an dem von 1744 der ganz nahe bei dem Mercur vorbei ging, noch an dem von 1540, der zwischen Mond und Erde durchging, die geringsten zerstörenden Wirkungen gegen diese Planeten bemerkt. Nach der Seite des Schweifes hin, zeigt sich der Lichtnebel dichter; aber wirkliche Phasen oder Schatten, die Cassini und Calandrian an dem Cometen vom J. 1744 als dunkele Zwischenräume im Schweife nach dem Kerne hin, die sie für den Schatten des dunkel seyn sollenden Kerns hielten, gesehen haben wollten, und die schon zwei sorgfältige Mitarbeiter Chesaux und Heinsius leugneten, sind weder an dem von 1769 durch Messier noch an dem von 1799 durch Schröter gesehen worden. Wohl aber haben sowohl ältere als neuere Beobachtungen, die eines Kepler, Wendelin, Snell, Messier, Corn. Gemma und die Schröterschen mit seinem grossen 27füssigen Reflector, eine eigenthümliche vielleicht periodische fluctuirende und vibrirende Bewegung des Schweifes gezeigt; die mit anderen in der Folge zu berührenden Umständen vereint, auf die electrische Beschaffenheit des Schweifes haben schliessen lassen; wie denn überhaupt die Cometen das dritte, Thätigkeiten bestimmende (flüssige) Glied, das Band zwischen Sonne und Planeten zu seyn scheinen. Mehrere Astronomen haben die Natur und Entstehung des Schweifes auf andere Weise, z. B. durch wässrige Dünste, oder durch (zufällige) Abreissungen freier leuchtender Theile vom Kern, bei eintretender Sonnennähe, wobei die Sonnenatmosphäre gegen diese Theilchen repulsiv wirken soll, zu erklären versucht, aber allen diesen und ähnlichen Erklärungen mangelt die Nachweisung jener inneren durch das Ganze begründeten Nothwendigkeit, welche den Zufall verbannend, keine andere als die gegebene Erklärung nach dem zeitigen Stande unserer Kenntnifssphäre zuläfst. — Uebrigens erwartet man im Durchschnitte alle zwei Jahre einen (mit blossen Augen oder häufiger nur durch Fernröhre) sichtbaren Cometen; der jüngst lang verweilende und sichtbar bleibende, war der vom J. 1807, von einem lebhaften Lichte, und von Jupiters Grösse und 5° langem Schweife.

t) Die Erde dreht sich um ihre Axe innerhalb 24 Stunden. Die Umdrehungszeit des Mercur und der Venus setzte Schröter aus beobachteten Veränderungen der Gestalt der Hörnerspitzen (wenn die Planeten nicht ganz erleuchtet waren), bei dem ersteren auf 24 Stund. 5 Min. 50 Sec., und bei der lezteren auf 23 Stund. 20—21 Min. fest; wogegen neuerlichst Fleugorgues die ältere Behauptung des Bianchini in Schutz nahm, der zufolge sich die Venus fast in 24 Tagen um ihre Axe drehe, und Mercur mithin wahrscheinlich noch längere Zeit gebrauche. Vergl. §. 66. Die Axendrehung des Mars hat man aus der regelmässig veränderten Lage der Flecken (die vielleicht mit Wasser erfüllte Tiefe zwischen den ungeheuren Schneemassen dieses Planeten sind), auf 24 Stund. und 39 Min.; so wie die des Jupiter (auf ähnliche Weise aus dessen Flecken und Meteore an-deutenden Streifen erschlossen) auf 9 St. 56 Min. bestimmt. Aus den Flecken des Saturn (dessen weisse Farbe und unregelmässige Kugelgestalt auf grosse Schnee oder Eismassen schliessen läſst) hat Herschel die Umdrehungszeit dieses Planeten zu 10 Stund. 16 Min. 15 Sec. augegeben; bei dem Uranus hingegen hat die weite Entfernung, und bei den neu entdeckten Planeten die geringe Grösse und dichte cometenartige Atmosphäre, die Bestimmung der Axendrehungszeit noch nicht zugelassen. — Zuweilen hat man auf der Sonnenscheibe hellere Stellen sogenannte Sonnenfackeln, noch häufiger schwarze Flecken von veränderlicher Grösse, Lage und Gestalt beobachtet; die ersteren sind wahrscheinlich Erfolge lebhafterer Lichtentwickelung durch erhöhete chemische (Verbrennnugs-) Processe auf der Sonnenoberfläche, oder in ihrer Atmosphäre (Licht- oder Photosphäre); die lezteren vielleicht nach und nach eintretendes Erlöschen der Lichtentwickelung, oder partielle Theilungen der Photosphäre wodurch der dunkele (?) Sonnenkörper entblöſst wird. Aus der Bewegung dieser Veränderungen der Sonnenatmosphäre, hat man auf eine regelmässige Axendrehung von 25 Tagen 14 Stunden und 8 Minuten geschlossen. Bei anderen Fixsternen hat man aus einigermassen ähnlichen Lichtveränderungen, auf gleiche Weise die Axendrehungszeit zu bestimmen gesucht, und so Verschiedenheiten von 3 Tagen bis zu 13 Monaten bemerkt. Z. B. hat der Stern Algol eine 3 tägige, der lichtverändernde Stern im Antonius eine 7 tägige, der in Lyra eine 13 tägige, dagegen der Mira im Wallfische 11, und der lichtändernde im Halse des Schwans eine 13 monatliche Drehung um die eigene Axe.

u) Die Axendrehung der Erde hat zunächst den Wechsel von Tag und Nacht, und ausserdem mehrere scheinbare Bewegungen der übrigen Weltkörper zur Folge. Indem nämlich irgend ein Theil ihrer Oberfläche vor einer Reihe von Himmelskörpern durch Drehung vorüberrückt, ändert sich die Lage dieses Theils gegen dieselben, auf gleiche Weise, als ob er selbst ruhete, und sich die Himmelskörper nach der entgegengesetzten Seite vor ihm vorüberbewegten. Daſs diese aus der veränderten Lage dieser Himmelskörper erschlossene Bewegung eine scheinbare durch die wirkliche der Erde um sich selbst veranlaſste sey, zeigte in neueren Zeiten Copernicus (vergl. §. 11. N. 2. §. 64. N. 2.) zuerst wiederum, und Benzenberg (a. a. O. vergl. S. 153.) suchte es neuerlichst durch entscheidende Versuche zu bestätigen. Wäre jene Bewegung eine wirkliche, so müſsten alle Himmelskörper, auch bei den ungleichsten Bahnen in derselben Zeit ihren Weg um die Erde vollenden, was undenkbar ist; daſs übrigens die Bewegung der Erde von uns wegen ihrer grossen Geschwindigkeit nicht wahrgenommen wird, ist irrig, eher könnte die Gleichmässigkeit der Bewegung sie für uns unbemerkbar machen. — Dreht sich aber die Erde um sich selbst, so ist dadurch die Lage der Axe, und mithin aller übrigen davon abhängigen Puncte und Linien der Erdkugel bestimmt. Denken wir uns daher in der Erdkugel (Fig. 12) die Axe in der Richtung von NS, und nennen wir die Endpuncte dieser Linie, den einen

Nordpol den anderen Südpol, so wird ein in einer Entfernung von 90° von jedem Pole gezogener gröſster Kreis AQ der Aequator, die Erde in die nördliche und südliche Halbkugel theilen; und indem wir die Entfernung eines zwischen den Polen und dem Aequator gelegenen Ortes dadurch bestimmen, daſs wir durch den Ort (oder Punct) einen gröſsten Kreis senkrecht auf den Aequator ziehen, und den dadurch zwischen den Ort und den Aequator fallenden Bogen messen, so erhalten wir die (geographische) nördliche oder südliche Breite des Ortes, den durch den Ort gezogenen Kreis selbst aber, so wie alle senkrecht auf den Aequator stehende, und bei ihrer Fortsetzung mithin in den Polen sich schneidenden Kreise, nennen wir (den Meridian des Ortes) die Meridiane oder Mittagskreise. Alle Orte die unter demselben Mittagskreise liegen haben zugleich Mittag, und die in dem entgegengesetzten Halbkreise liegenden dann Mitternacht. Die Breite eines Ortes bezeichnet aber nur den Parallelkreis, unter welchem er liegt, nicht seine Lage; um diese auszumitteln, muſs der Winkel bestimmt werden, den der Meridian des Ortes mit dem Meridiane eines anderen als bekannt angenommenen Ortes macht, zugleich aber auch nach welcher Seite desselben gerechnet worden ist; man erhält dann die Beziehung des Punctes im Parallelkreise, in dem der Ort liegt, und mithin dessen Lage selbst. Jenen Winkel nennt man die (geographische) Länge des Ortes, und den angenommenen Meridian (den man jetzt gewöhnlich 20° westlich von Paris und durch einen gewissen Punct der Insel

Ferro gehend setzt) den ersten Meridian. Gewöhnlich zählt man bei der Längenbestimmung eines Ortes ostwärts vom ersten Meridian, oder man unterscheidet auch östliche und westliche Länge; und den Winkel selbst, den beide Meridiane mit einander machen, bestimmt man durch den zwischen ihnen enthaltenen Bogen des Aequators. Zur Erleichterung dieser und ähnlicher Bestimmungen, so wie zur Erläuterung der mathematischen Geographie überhaupt, welche diese Gegenstände näher untersucht, dienen die künstlichen Erdkugeln (Globi terrestres). — Blicken wir zum Himmel, so erscheint uns dieser als eine grosse hohle Kugel (Sternkugel, deren andere Hälfte wir uns unter unsern Füssen gedenken müssen), welche unsere Erde nach allen Seiten umgiebt, an ihrer Oberfläche die Gestirne enthaltend, deren verschiedene Abstände zu schätzen, dem blossen Auge, wegen der zu grossen Entfernung unmöglich wird. Die Erde selbst scheint sich dabei in eine weite Ebene auszudehnen, die mit den Weltkörpern umher zusammengrenzt; jenen Kreis in welchem die Zusammengrenzung von Himmel und Erde statt zu finden scheint, nennen wir den Begrenzungskreis, Gesichtskreis oder Horizont, und so wie hier die durch's Auge des Beobachters gehende Horizontalebene einen Horizontalkreis am Himmelsgewölbe abzuschneiden scheint, so auch die Verticalebene einen Verticalkreis, und der Beobachter glaubt im Mittelpuncte aller dieser Kreise zu stehen. Alle Erscheinungen die ihren Grund in dieser kugelähnlichen Ansicht haben, machen zusammen die spärische Astronomie (Astronomia sphaerica) aus; während das mittelst des Verstandes als wirklich im Raume vorgehend Erschlossene unter dem Namen der theoretischen Astronomie begriffen wird. Man nennt jenen Horizont den scheinbaren, im Gegensatze des wahren, den eine durch den Mittelpunct der Erde mit jenem parallel gelegte Ebene, an der Himmelkugel abschneiden würde. Jene Gegend des Horizonts wo die Gestirne aufgehen, nennt man Morgen oder Osten, wo sie untergehen Abend oder Westen; und die zwischen beiden, wo sie über dem Horizonte stehen Mittag oder Süden, so wie die ihr entgegengesetzte Mitternacht oder Norden. Es rühren diese Benennungen von der Sonne her, indem man die Zeit ihres Aufganges (Ortus) Morgen, und die ihres Untergangs (Occasus) Abend nennt. Jener Punct der gerade über unserem Scheitel liegt, und den man als den Pol des Horizonts anzusehen hat, heiſst der Scheitelpunct oder das Zenith; der ihm entgegengesetzte der Fuſspunct oder das Nadir; und bestimmen wir die beiden festen Puncte an der Sternkugel, zwischen denen die parallelen Kreise der Sterne, zwischen ihrem Auf- und Untergange durch ihre Bahnen beschrieben werden, so nennen wir diese Puncte Weltpole und die zwischen beiden gedachte gerade Linie die Weltaxe. Derjenige Punct den wir über unserem Horizont haben, liegt in der nördlichen Himmelsgegend und heiſst daher der Nordpol; der ihm entgegengesetzte, unter dem südlichen Horizont liegende der Südpol; und den gröſsten Parallelkreis zwischen diesen Weltpolen nennt man auch (vergl. oben) Gleicher oder Aequator, weil die Himmelskörper, die ihre Bahnen in ihm haben, gleichlang über und unter dem Horizonte bleiben. An solchen Orten der Erde, durch deren Zenith dieser Aequator geht (die unter der Linie liegen) verweilt jeder andere Himmelskörper über und unter dem Horizonte gleich lang. Denken wir uns einen Kreis, der durch die Weltpole und das Zenith und Nadir geht, so ist dieses ein Meridian oder Mittagskreis; indem jeder Himmelskörper zwischen seinem Auf- und Untergange auf der Mitte seines Weges ist, wenn jener Kreis durch dessen Mittelpunct geht, wodurch z. B. bei der Sonne die Mitte des Tages (Mittag) entsteht. Steht die Sonne im oberen Meridiane (in der Hälfte des Meridians über dem Horizonte) so haben wir Mittag; im unteren (in der Hälfte des Meridians unter dem Horizonte) Mitternacht (vergl. oben). Diejenige Linie auf der Erde, welche die Ebene des Meridians durch ihren Schnitt mit ihr bezeichnet, nennt man die Mittagslinie (s. oben); auf ihr liegt zu Mittage der Schatten eines senkrecht auf der Erdfläche stehenden Stift's (Zeiger's), wovon man in der Gnomonik weitere Anwendungen auf die Verfertigung der Sonnenuhren (die zu den ältesten Uhren gehören) macht. Theilt man den Horizont, wie jeden Kreis, in seine 360 Grade, so giebt der 90ste Grad von diesen Puncte, in der östlichen Gegend den wahren Ost- und in der westlichen den wahren Westpunct, so wie jene Puncte des Horizonts, durch welche der Meridian in Süden und Norden geht, der wahre Süden und Norden heisen. Zwischen diesen vier Haupt- oder Cardinalgegenden des Horizonts liegen die Nebengegenden, deren Benennungen aus den Namen der Hauptgegenden zusammengesetzt sind. Z. B. Nordost, Südost, Südwest und Nordwest etc. die übrigen, Unterabtheilungen der Schiffsrose. Aber nicht nur der Meridian, sondern auch jeder andere aus den Weltpolen durch den Aequator gezogene Kreis, theilt die Zeit der Bewegung der Himmelskörper über und unter dem Horizonte ab; und die dadurch auf dem Aequator abgeschnittenen Theile, verhalten sich zum ganzen Aequator, wie die Zeit der Bewegung durch einen solchen Theil, zur Zeit durch den ganzen Kreis. Die Eintheilung dieser Zeiten nach den Stunden etc. hat zur Veranlassung gedient, jene Kreise auch Stundenkreise, so wie die Winkel, welche sie an den Polen mit einander machen, Stundenwinkel zu nennen; die zwischen den Schenkeln dieser Winkel enthaltenen Grade des Aequators liefern das Maas derselben. Auch der Aequator selbst (oder ein Parallelkreis von ihm) kann auf gleiche Weise wie er sonst nach Graden getheilt wird, nach Stunden, Minuten etc. eingetheilt werden. So theilt man die Zeit in welcher ein Himmelskörper den ganzen Kreis durchläuft, in 24 Stunden, mithin kommen auf eine Stunde 15 Grade (auf eine Minute 15′, auf eine Secunde 15″), weil diese der 24te Theil von 360° sind. Man nennt das eine dieser Maase Raummaas, das andere Zeitmaas; zum ersteren dient ein künstlich eingetheilter und mit Diopptern, oder einem Fernrohre versehener Kreisbogen, zum lezteren eine ganz gleichförmig gehende Uhr, wohin die Längenuhren oder Seeuhren oder Zeithalter und die Chronometer gehören. — Geht ein Gestirn durch den Meridian eines Ortes, so nennt man diefs culminiren, und die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen eines Sterns verstreicht, einen Sterntag, oder einen Tag der ersten Bewegung. Liegen daher dem obigen gemäfs, zwei Orte der Erde um 15° in der Länge von einander verschieden, so wird der, welcher weiter gegen Morgen liegt, denselben Stern eine Stunde früher in seinen Meridian bekommen, als der andere; woraus sich auf den Längenunterschied beider Orte schliessen läfst. Diese Bewegung der Gestirne ist scheinbar, und Erfolg der Axendrehung der Erde (s. oben); man nennt sie die tägliche oder gemeine Bewegung, so wie den Kreis, den jedes Gestirn dadurch zu beschreiben scheint, seinem Tage- oder Parallelkreis, weil er dem Aequator des Himmels parallel läuft. So verschieden die Lage des Aequators und der Weltaxe gegen den Horizont ist, so verschieden ist auch die jener Kreise gegen ihn. Daher scheint unter dem Aequator jeder Himmelskörper in einer auf den Horizont senkrechten Ebene auf und unterzugehen, und die eine Hälfte seines Parallelkreises fällt über, die andere unter dem Horizonte (senkrechte Himmelskugel, Sphaera recta). An Orten zwischen dem Aequator und einem Pole, sind die Ebenen jener Kreise unter denselben Winkel gegen den Horizont geneigt, als der Aequator selbst, und die Bewegung der Himmelskörper geht in einer schiefen Richtung gegen ihn (schiefe Himmelskugel, *Sphaera obliqua*); unter den Polen endlich gehen sie dem Horizonte parallel, und jedes Gestirn scheint sich in stets gleichem Abstande vom Horizont herumzubewegen (gleichlaufende Himmelskugel, *Sphaera parallela*); und es findet weder Auf- noch Untergang statt. — Auch die Sonne scheint täglich einen Parallelkreis zu beschreiben, wodurch der Wechsel von Tag und Nacht erfolgt. Die Zeit von einem Mittag zum anderen heiſst ein Sonnentag, der (weil die Sonne nicht wie die Fixsterne unverrückt bleibt, sondern sich in der Ecliptik um etwas vorwärts, d. h. von Abend gegen Morgen, mithin der täglichen Bewegung des Himmels entgegen bewegt) um etwas länger ist als ein Sternentag. Liegen zwei Erdenorte um 15° Länge von einander ab; so hat der eine eine Stunde früher Mittag als der andere; und zwar hat ein nach der östlichen Seite des Ersteren liegender Ort, wenn es bei jenem Mittag ist, 1 Uhr, der nach der westlichen Seite um 15° Linie abwärts liegende Ort 11 Uhr etc. vergl. oben. Könnte Jemand binnen 24 Stunden die Erde umreisen, und zwar so, daſs er sich von seinem Ausgangsorte auf dem Parallelkreise in derselben Richtung fortbewegte, in welcher die Sonne am Himmel fortzugehen scheint, so würde er die Sonne während der Zeit seiner Reise nicht untergehen sehen. Gesetzt aber die Reise gehe langsamer, so wird er dennoch (wie dieses Magellan zuerst bemerkte), wenn er in der Richtung von Morgen nach Abend um die Erde reiste, am Ende einen Wechsel von Tag und Nacht (oder einen Tag) weniger haben, als wie er an dem Orte, von wo er ausreiste, gezählt hätte; und umgekekrt, reiste er von Abend nach Morgen um die Erde, so würde er aus demselben Grunde zuletzt einen Tag mehr zählen. — Legt man durch einen über dem Horizonte vorhandenen Himmelskörper einen Kreis, der zugleich durch das Zenith und Nadir geht, so nennt man den zwischen Horizont und Zenith befindlichen Quadranten desselben, einen Höhenkreis, und der Theil von ihm, der vom Horizonte bis in den Himmelskörper geht, die Höhe des Gestirns über dem Horizonte, oder seine Elevation, welche durch Grade, Minuten und Secunden dieses Bogens gemessen wird. Der ganze Kreis heifst der Vertical- oder Scheitelkreis, und es kann die Höhe jedes Punctes am Himmel (wo auch kein Stern ist) bestimmt werden; z. B. die Polhöhe oder die Höhe des Aequators, ist der in Graden und Theilen derselben ausgedrückte Bogen des Meridians, welcher sich zwischen dem Pol, oder zwischen einem Puncte des Aequators und des Horizonts befindet. Uebrigens wird durch die Höhe des Gestirns nur der mit dem Horizonte parallel laufende Kreis (das Almucantharat), in welchem es steht, bezeichnet; von Sternen die gleiche Höhen haben, sagt man daher: sie haben gleiches Almucantharat. (Einen anderen Parallelkreis mit dem Horizonte, 18° tief unter ihm, nennt man den Dämmerungskreis, weil er, wenn ihn die Sonne erreicht, die Grenze der Dämmerung bezeichnet.) Um daher die Lage des Sterns über dem Horizont vollkommen zu bestimmen, giebt man noch den Winkel, den sein Scheitelkreis mit dem Meridiane des Orts am

Himmel (sein Azimuth, welches auch durch Grade ausgedrückt wird, die man vom Meridiane zu zählen anfängt, und welches entweder östlich oder westlich ist) macht, genau an; und um die Weite oder Distanz zweier Sterne von einander zu bestimmen, legt man einen Kreis durch ihre beiden Mittelpuncte, und durch den Mittelpunct der Himmelskugel, und mifst das zwischen den Sternen gelegene kleinere Stück desselben. Von dieser Weite ist der wirkliche Abstand oder die Entfernung zweier Sterne von einander unterschieden (vergl. oben), womit man die Grösse der geraden Linie bezeichnet, die im Weltraume zwischen ihren Mittelpuncten enthalten ist, und im Längenmaase nach Meilen, Erdhalbmessern, Fixsternweiten etc. ausgedrückt wird.

v) Eine zweite scheinbare Bewegung, welche wegen der ungeheuren Entfernung nicht sowohl die Fixsterne, sondern zunächst nur die Sonne trifft, ist diejenige, welche die Erde durch ihre fortschreitende Bewegung um die Sonne bewirkt. Dadurch, dafs nämlieh die Erde in ihrer mehr oder minder kreisartigen Bahn, z. B. von A nach B fortrückt, wird es dem Beobachter auf der Erde scheinen, als wenn sich die Sonne in der entgegengesetzten Richtung am Himmel fort, und um die scheinbare stillstehende Erde herumbewege. Diese scheinbare Sonnenbahn oder Ecliptik durchschneidet den Himmelsaequator unter einem Winkel von 30° 28′; mithin macht die Erdbahn mit der Ebene des Erdaequators denselben Winkel. Jene Durchschnitte nennt man Nachtgleichen oder Aequinoctialpuncte (Frühlings- und

Herbstnachtgleichungspnnct); und ein gröſster Kreis durch beide Puncte und durch die Weltpole gezogen, heiſst der Colur der Nachtgleichen. Die 90° von der Ecliptik abstehenden Puncte der Himmelskugel nennt man die Pole der Ecliptik; jeder derselben ist von dem ihm zunächst liegenden Weltpole um 23° 28′ entfernt. Auf ähnliche Weise wie der Durchschnittspunct des ersten Meridians und des Erdaequators (s. oben) zur Bestimmung der Lage der Orte benutzt wird, so dient auch der Frühlingsnachtgleichenpunct zur ähnlichen Nachweisung der Lage der Himmelskörper; und man nennt den zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpuncte und dem Abweichungskreise eines Gestirns enthaltenen Bogen des Aequators, seine gerade Aufsteigung (Ascensio recta). Bestimmt man hingegen die Lage der Gestirne gegen die Ecliptik, so heiſst der Abstand von ihr die Breite, so wie der zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpuncte und ihrem Breitenkreise enthaltene Bogen der Ecliptik, die Länge derselben; bei der geraden Aufsteigung sowohl als bei der Länge, zählt man von dem Frühlingsnachtgleichenpuncte nach derjenigen Seite zu, wo der nördliche Theil der Ecliptik hinfällt. — Die Ecliptik wird in 12 gleiche Theile oder himmlische Zeichen getheilt, von denen also jedes 30° hat. Ihre Namen sind von den benachbarten Sternbildern (Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische) entlehnt, und auf folgende Weise bezeichnet: ♈, ♉, ♊, ♋, ♌, ♍, ♎, ♏, ♐, ♑, ♒, ♓. Es fängt diese Eintheilung beim Frühlingsnachtgleichenpuncte an, und die Ordnung der Zeichen geht durch den nördlichen Theil der Ecliptik nach dem südlichen. Jene Puncte wo die Sonne die gröſste nördliche oder südliche Abweichung hat (der Anfangspunct des ♋ und ♑) nennt man Sonnenwende oder Sonnenstillstandspuncte (Puncta solstitialia) weil zur Zeit wenn sich die Sonne in ihnen befindet, sie stille zu stehen scheint, und ihre Abweichung nur sehr wenig ändert. Der Anfangspunct des ♋ (90° vom Frühlingsnachtgleichenpuncte) heiſst der Sommerpunct (Solstitium aestivum), der des ♑ (auf der südlichen Seite 271° der Länge) der Winterpunct (Solstitium hibernum). Ein Kreis durch diese Puncte und die Weltpole wird der Colur der Sonnenwende genannt; und die durch dieselben Puncte dem Aequator parallel gezogenen Kreise, heisen Wendekreise (der nördliche des Krebses Tropicus cancri, der südliche des Steinbocks Tropic. capricorni) innerhalb derselben die Sonnenbahn eingeschränkt ist. Der zwischen dem Orte der Sonne und dem Frühlingspuncte (0 ♈) nach Ordnung der Zeichen gerechnete Bogen der Ecliptik, heiſst die Länge der Sonne (Longitudo solis); und wenn man die Zeit, welche die Sonne braucht um ihre scheinbare Bahn zu vollenden (oder die Länge des sogenannten astronomischen Sonnenjahres = 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten und 48 Secunden) in 360° dividirt, so kommt für die tägliche mittlere Bewegung der Sonne in der Ecliptik 59′ 8″. Der Raum den die Sonne zurücklegt ist nicht immer gleich, indem die Erde in ihrer Bahn nicht mit gleichförmiger

Winkelgeschwindigkeit um die Sonne läuft; sie steht nämlich im Sommer weiter von der Sonne und bewegt sich langsamer fort, als im Winter, und dieser Unterschied ihrer Geschwindigkeit ist so beträchtlich, daſs die Sonne im nördlichen Theile des Thierkreises fast 8 Tage länger als im südlichen verweilt; Frühling und Sommer mithin 8 Tage länger dauern als Herbst und Winter. Jedoch hat man mit Hülfe der höheren Mathematik Mittel aufgefunden, die wahre Länge der Sonne (ihren Ort in der Ecliptik) für jede Zeit zu berechnen, und so Sonnentafeln zu verfertigen, aus denen man für jeden Tag des Jahrs die Länge der Sonne, so wie ihre nördliche und südliche Abweichung in die astronomischen Calender überträgt. Zu den vorzüglicheren ersteren gehören: Tabulae motuum solis novae et correctae ex theoria gravitatis et observationibus recentissimis erutae etc. auctor. Fr. de Zach. Gothae 1792; zu den lezteren: die Pariser Connoissance des temps, die Wiener astronom. Ephemeriden und das Berliner astronom. Jahrb. etc. — Ist die Sonne in einem der Nachtgleichenpuncte angelangt, so steht sie im Himmelsaequator und mithin gerade über dem Erdaequator; ihre Stralen werden auf beide Hälften der Erde unter ganz verschiedenen Winkeln geworfen; und je schiefer sie auffallen, um so mehr ist ihre Wirkung geschwächt. Die Dauer des Tages ist daher an verschiedenen Erdorten, nach dem verschiedenen Sonnenstande ebenfalls verschieden. Die unter dem Aequator liegenden Orte haben stets Tag und Nacht gleich; in den übrigen Erdorten ist dieser Fall nur dann gegeben, wenn die Sonne in einem der Nachtgleichenpuncte steht. Je weiter sich die Sonne vom Aequator entfernt, um so mehr nehmen die Tage in der einen Halbkugel zu, in der anderen ab; an den Polen ersetzt ein halbjähriger Tag die halbjährige Nacht. Ausser der verschiedenen Tageslänge, bewirkt die Sonne auch in ihrem verschiedenen Stande gegen die Erde, Verschiedenheit der Beleuchtung und Erwärmung der Erdorte; und hiernach theilt man die Erdoberfläche in 5 Zonen; eine heise, zwei gemässigte und zwei kalte. Theilt man die ganze Fläche in 1000 Theile, so gehen 398 auf die heise Zone; die Sonne geht hier fast lothrecht auf und unter und jeder Ort hat sie jährlich zweimal im Zenith. Der längste Tag hat nahe an den Wendekreisen höchstens $13\frac{1}{2}$ Stunde, der kürzeste $10\frac{1}{2}$. Das Thermometer fällt in den nördlichen Breiten nicht unter $15° + 0$. Ausser besonderen Localverhältnissen, finden keine abweichenden Extreme der Wärme statt, und der Wechsel der Jahreszeiten (d. i. des einigermassen periodischen Ganges der Witterung) besteht in ziemlich regelmässiger Abwechselung von Trocknifs und Regenwetter. Diesseits der Linie trifft die Regenzeit zwischen den Frühlings- und Herbstaequinoctien; jenseits umgekehrt. Die gemässigten Zonen von den Wendezirkeln bis zu $23\frac{1}{2}°$ von den Polen, nehmen 520 Theile ein. In der Nähe des Polarkreises nehmen die längsten Tage bis zu 24 Stunden an Dauer zu; die Dämmerung wächst und dauert nach Norden zu schon die ganze Nacht hindurch. Der Wechsel der Jahreszeit ist vierfach, die Extreme von Wärme beträchtlich. Die kalten Zonen innerhalb der

Polarkreise haben mitten unter den Polen halbjährige kalte Nächte; in $67\frac{1}{2}$° Breite dauert der längste Tag ein Monat. Die langen Dämmerungen, wodurch Abend und Morgen fast zusammengrenzen, machen, daſs die Polarnächte als Nächte nur 3 Monate dauern. Eigentlich wechseln nur zwei Jahreszeiten; die Kälte ist sehr heftig, häufig 4 Wochen langes Gefrieren des Quecksilbers zur Folge habend; die Wärme in der Polnähe selbst im Spätsommer selten über 15° bis 16° + o. In der heisen Zone, ist immerwährender Sommer; in der Nähe der Wendezirkel der Wechsel von Frühling und Sommer; in der Mitte der gemässigten Zone: Wechsel zwischen Frühling, Sommer, Herbst und Winter; diesseits und jenseits etwa 10° um die Polarkreise: Wechsel zwischen Sommer und Winter; an den Polen steter Winter selten durch Frühlingstage unterbrochen. — Ausserdem theilt man die Erde noch, vom Aequator bis zu den Polarkreisen auf jeder Seite in 24 Climata, an deren Grenze der Unterschied des längsten Tages $\frac{1}{2}$ Stunde beträgt; und von den Polarkreisen bis zu den Polen auf jeder Seite noch in 6, an deren Grenzen jener Unterschied einen Monat ausmacht. Nimmt man bei der Climabestimmung, auf Erwärmung und Einfluſs der Erdoberfläche, auf die Witterung Rücksicht, so unterscheidet man noch folgende: das Alpenclima, das einzelner hoher Berge, das der Gebirgsebenen, das tiefer Ebenen, das Thalclima, das waldiger Gegenden, das der Sandwüsten, das der flachen Sumpfländer, und das der Küsten und Inseln. Die specielle metereologische Geographie ertheilt hierüber nähere Belehrung. Vergl.

Kants phys. Geograph. Bergmanns physicalische Erdbeschreibung, die vorzüglichsten Reisebeschreibungen und Lampadius Atmosphärologie. Freiberg 1806. — Rücksichtlich des Schattens den die Bewohner der Zonen zu Mittag werfen, nennt man die der heisen Zone: unschattige oder auch zweischattige (Ascii, Amphiscii); die der gemässigten Zone einschattige (Heteroscii) und die der kalten umschattige (Periscii). — Alle Planeten laufen übrigens nach der Ordnung der Zeichen um die Sonne, die älteren innerhalb einer schmalen Zone des sogenannten Thierkreises (Zodiacus), die neueren zu beiden Seiten der Ecliptik bis auf 10° abweichend, und unter diesen gehen vorzüglich Pallas und Juno von denen die erstere Ceres in ihrer Bahn verfolgt, beträchtlich über die Grenzen der Ecliptik hinaus.

w) Tabelle der Entfernungen der Planeten von der Sonne in Sonnenhalbmessern:

	Sonnennähe.	Sonnenferne.	Mittlere Entfernung.
Mercur	66, 5311	101, 0057	83, 7734
Venus	155, 4528	157, 6234	156, 5381
Erde	212, 7702	220, 0555	216, 4128
Mars	299, 0658	360, 4270	329, 7464
Vesta	466, 1013	553, 2620	509, 6816
Juno	430, 0510	724, 36179	577, 2063
Ceres	551, 9789	645, 8251	598, 9020
Pallas	452, 4113	746, 0607	599, 2360
Jupiter	1071, 553	1179, 957	1125, 755
Saturn	1947, 778	2181, 550	2064, 664
Uranus	3945, 312	4313, 783	4129, 547

Tabelle der Entfernungen der Planeten in deutschen Meilen, funfzehn auf einen Grad.

	Sonnennähe.	Sonnenferne.	Mittlere Entfernung.
Mercur	6412966, 2	9734529	8073747, 6
Venus	14981922, 44	15191117, 86	15086520, 15
Erde	20505943	21208073	20857008
Mars	28822773, 6	34736517, 8	31779645, 7
Vesta	44920988, 4	53321185, 6	49121087
Juno	41446601	69811093	55628847
Ceres	53197524	62242054	57719789
Pallas	43601598	71902352	57751975
Jupiter	103272002, 05	113719553, 05	108495777, 55
Saturn	187719120	210249152	198984136
Uranus	380233449	415745061	397989255

Tabelle der Bahnen und der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne.

Bahnen. in geogr. Meilen.			Umlaufszeit. Jahre.	Tage.
Mercur	(über)	50 Mill.	—	88
Venus	-	95 —	—	224
Erde	-	131 —	1	—
Mars	-	200 —	1	322
Vesta	-	— —	3	218
Juno	-	— —	4	127
Ceres	-	363 —	4	218
Pallas	-	— —	4	218
Jupiter	-	682 —	11	314
Saturn	-	1280 —	29	169
Uranus	-	2514 —	83	151

Tabelle über die Grösse der Sonne und der Planeten.

	Dürchmesser in geogr. Meilen.	Umfang in geogr. Meilen.	Körperlicher Inhalt in Vergleichung mit der Erde.
Sonne	191575	601850	1382469
Mercur	690	2168	0, 06448
Venus	1669	5243	0, 913
Erde	1719	5400	1
Mars	894	2809	0, 1406
Vesta	59	186	0, 00004
Juno	309	971	0, 00573
Ceres	352	1106	0, 00861
Pallas	455	1429	0, 01839
Jupiter	19482	61174	1474
Saturn	17362	54517	1030
Uranus	7744	24317	83

Man vergl. G. H. Schubert a. a. O. d. Anhang. Lilienthalische Beobachtungen der neu entdeckten Planeten Ceres, Pallas und Juno. Göttingen 1805. 8. — Bode astron. Jahrb. fürs J. 1810. — Traité elementaire de Physique par L. Brison. Paris 1798. T. III. La Place in s. mechanique celeste. Schröter's Selenetopographische Fragmente zur genaueren Kenntnifs der Mondfläche ihren erlittenen Veränderungen und Atmosphäre. II Bde. 1802. gr. 8.

x) Die Sonne sollte der Gravitation zufolge an 29 mal dichter seyn als die Erde, ist aber bei ihrer mehr als 1300000 mal ansehnlicheren Grösse 4 mal weniger dicht als wie die Erde. Wahrscheinlich ist diese grosse specifische Leichtigkeit der Sonnenmasse, Erfolg ihrer hohen Temperatur und der dieselbe bewirkenden chemischen Processe ihrer Masse. Die respectiven Dichtigkeiten nehmen übrigens bei den Planeten vom Mercur bis zum Saturn ab; vom Uranus wieder zu; und es mögen hierauf die Atmosphären, Meere, Eisgebirge etc. vergl. oben, bedeutenderen Einfluſs haben, als wie man gewöhnlich glaubt, indem dadurch nothwendig in den Berechnungen der Dichtigkeiten beträchtliche Differenzen entstehen müssen. Mercur ist $2\frac{1}{2}$ mal dichter als die Erde; die Venus (die überhaupt in ihrer Entwickelung und Ausbildung der Erde um einige Millionen Jahre vorausgeeilt zu seyn scheint) kommt der Erde rücksichtlich der Dichtigkeit fast gleich; Mars ist fast nur halb so dicht als die Erde; Jupiter hat eine $4\frac{1}{2}$ mal geringere, und Saturn eine 10 mal geringere Dichtigkeit als die Erde.

y) Unter den Planeten zeichnet sich vorzüglich Saturn durch einen von Herschel als doppelt erkannten Ring aus; die Breite desselben beträgt $3\frac{3}{8}$ und sein Durchmesser $23\frac{1}{2}$ Erddurchmesser. Sein innerer Rand ist ohngefähr 5800 Meilen von der Oberfläche des Saturns entfernt; der äussere über 11600. Seine Breite beträgt mithin gegen 6000 Meilen, die Dicke hingegen nur etwas über 100. Herschel's Beobachtung zufolge soll sich der Ring innerhalb 10 Stunden 32 Minuten einmal umdrehen; Schröter spricht ihm alle Rotation ab. Vergl. Bode astronom. Jahrb. 1806. — Sollte der Mond der Venus (vergl. i. oben) sich nicht bestätigen, so würde der Saturnusring für die entferntere

Planetenreihe einen ähnlichen Werth haben, als ihn der Mond der Erde für die erstere Reihe hat. Sind nämlich SCHRÖTERS Beobachtungen über die Rotationen des Mercur und der Venus richtig, so stimmen die 4 der Sonne am nächsten stehenden Planeten rücksichtlich ihrer Rotationsperioden (von 24 Stunden) fast ganz überein (vergl. oben), auf gleiche Weise wie die drei lezten Jupiter, Saturn und Uranus, sich durch eine ähnliche Uebereinstimmung (von ohngefähr 10 Stunden) nähern. Dieser relative Gegensatz scheint ferner noch durch Art der Mondvertheilung, durch die starke Abplattung, die zonenartigen atmosphärischen Streifen und die geringere Neigung der Axe auf der Bahn, bei der entfernteren Reihe bezeugt zu werden, und zwischen beiden entgegengesetzten Reihen in einem mittleren Verhältnisse erscheinen dann die 4 neu entdeckten Planeten, die ihrer besonderen Beschaffenheit und Kleinheit wegen anfänglich von HERSCHEL und anderen gar nicht als Planeten anerkannt, sondern unter der Benennung Asteroiden einer ganz neuen Ordnung zugewiesen wurden. Vergl. G. H. SCHUBERT a. a. O.

z) Die ungleiche anziehende Wirkung der Sonne und des Mondes auf die Erde, macht, daſs die Lage des Erdaequators gegen die Erdbahn oder Ecliptik nicht beständig ist, und daſs sowohl die Schiefe der Ecliptik als auch die Durchschnittslinie des Aequators mit der Ecliptik, mithin auch die Nachtgleichenpuncte, gewisse periodische Veränderungen erleiden. Vorzüglich rücken dadurch die Nachtgleichenpuncte jährlich um ohngefähr 50″,4 der Ordnung der Zeichen entgegen, in der Weise, daſs derjenige Punct der z. B. in diesem Jahre der Aequinoctialpunct ist, im nächsten Jahre schon 50″,4 vorwärts vom Aequinoctialpuncte absteht; welches man das Vorrücken der Nachtgleichen (Praecessio aequinoctiorum) nennt. Hiedurch wird die Länge der Fixsterne jährlich um 50,38 Secunden grösser, oder sie wächst in 71 Jahren fast um einen Grad. Hiemit ändert sich auch ihre Abweichung und gerade Aufsteigung. Nach fast 26000 Jahren, haben alle Himmelskörper die vormalige Lage wieder erhalten, und man nennt diese Periode, das grosse platonische Jahr. Fixsterne die zu HIPPARCHUS Zeiten (128 Jahr vor Chr. Geb.) z. B. um den Frühlingsnachtgleichenpunct standen, stehen jetzt fast um 30° vorwärts nach der Ordnung der Zeichen darüber hinaus. Die Schiefe der Ecliptik (d. i. das abwechselnde Ab- und Zunehmen der Neigung der Ebene des Erdaequators und der Ebene ihrer Bahn) ändert sich alle 100 Jahr ohngefähr um 46′ mit einer kleinen von der 19 jährigen Periode der Mondbahnknoten (vergl. oben) abhängigen Ungleichheit, welche die Nutation oder das Schwanken der Erdaxe (Nutatio axis) genannt wird; mithin ändert sich die Breite der Fixsterne in 100 Jahren sehr wenig.

3) Zur Erleichterung der allgemeinen Uebersicht der verhältnifsmässigen Entfernung der Planetenbahnen von der Sonne, der Grösse der Sonne und Planeten, der Revolutionszeiten der lezteren und ihrer Monde etc., dient die II. Kupfertfl. zu BODE's Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels gehörig, betit.: „Das Planetensystem der Sonne, wie es seit dem Jahre 1781 bekannt geworden“, die in der Ver-

lagshandl. auch besonders zu haben ist. Einen Theil dieser Kupfertafel (derselbe welcher als 1ste Tafel in B's. Allg. Betracht. üb. d. Weltgeb. 3 Aufl. dargestellt ist) enthält in etwas veränderter Nachbildung Taf. II, wozu hier nachstehende von B. entworfene Beschreibung im Auszuge folgt. „Die Tafel zeigt ausser den sämmtlich bis jetzt bekannten Planetenbahnen, auch die Bahn des Cometen vom Jahr 1759. In jeder Planetenbahn ist A der Punct der Sonnenferne und P der Sonnennähe; ☊ ist der aufsteigende, und ☋ der niedersteigende Knoten oder Durchschnittspunct der Ebenen dieser Bahnen und der Erdbahn, welche leztere in der Ebene des Papiers liegt, auf welcher jene sämmtlich niederglegt sind. Vom ☊ bis ☋, der Richtung des Laufs der Planeten (welche die gezeichneten Pfeile nachweisen) gemäſs, neigt sich eine jede Bahn nordwärts oder liegt über der Ebene des Papiers, und vom ☋ bis ☊ südlich, oder liegt unterhalb dieser Ebene, um folgende Winkel: Bei der Mercursbahn von 7°, bei der Venus $3\frac{1}{3}$, bei Mars 2, bei Ceres $10\frac{1}{2}$, bei Pallas $34\frac{1}{2}$, bei Juno 13, bet Vesta 7, bei Jupiter $1\frac{1}{3}$, bei Saturn $2\frac{1}{2}$ und bei Uranus von $\frac{3}{4}$ Grad (vergl. z). Bei der Pallasbahn ist Neigung und Excentrität am stärksten (vergl. oben). Die Knotenlinien der Bahnen der Ceres und Pallas durchschneiden sich unter einem rechten Winkel, so daſs da wo Ceres sich am weitesten nördlich oder südlich von der Ecliptik entfernt, Pallas durch ihren auf- und niedersteigenden Knoten passirt. Die Knotenlinie der Juno fällt hingegen mit der von der Pallas zusammen, und die Knotenpuncte nach einer und derselben Seite hin.“ Es zeigten sich diese Weltkörper bis jetzt ohngefähr nach einer und derselben Seite des Sonnensystems hinaus, und liefen gemeinschaftlich in ihren eignen Bahnen fort; und da die mittleren Entfernungen der Ceres und Pallas von der Sonne, einander fast gleich sind, so bleiben sie noch lange beisammen. Vergl. astronom. Jahrb. 1807. Taf. II. Fig. 8 n. 9. Juno und Vesta zeigten sich bei ihrer Entdeckung mit Ceres und Pallas nach derselben Seite des Sonnensystems hinaus, und werden daher noch mehrere Jahre mit beiden gemeinschaftlich aus der Sonne gesehen, zusammen bleiben. Vergl. astronom. Jahrb. 1808 Taf. II. Fig. 9. u. Jahrb. 1810. Die Excentricität der Junobahn ist noch etwas grösser als die der Pallasbahn, hingegen ist die der Vesta nur etwas grösser als die der Ceres.

H) *Von den Wirkungen der Schwere auf einzelne Materien mit Berücksichtigung ihres Zustandes.*

§. 69.

Unsere bisherigen Untersuchungen über die Schwere, zeigten unter andern, dafs das Streben der Körper zu fallen (vergl. 47. u. f.) im allgemeinen, Druck gegen die Unterlage zur Folge habe; es fragt sich indefs, wie sich dieses Streben in der Erscheinung ausnehme, bei leicht beweglichen und leicht theilbaren Materien. Vergl. §. 3. N. 4, §. 16. N. 1, §. 21. N. 4, §. 24. N. 1. §. 29 u. 32, N. 2. Materien der Art sind die flüssigen, bei denen mithin rücksichtlich jener Frage zu untersuchen ist, wie sie sich nach Mafsgabe ihres verschiedenen Flüssigkeitszustandes beim freien Falle verhalten, und welche Veränderungen hier mit ihnen vorgehen; ferner wie sie sich gegen solche Körper verhalten, die ihren freien Fall mehr oder weniger hindern.

§. 70.

Alle den freien Fall der Flüssigkeiten hindernde Massen, werden einen Druck erleiden, und zwar nicht blofs nach unten sondern auch nach den Seiten zu. Bei eingeschlossenen Flüssigkeiten kann aber jede Umgebung jedes denkbar kleinsten Theils, als das Streben zum Mittelpuncte der Erde hindernd angesehen werden, es werden also die denkbaren Theile solcher Körper auch unter sich gegenseitig einen ihrer Dichtigkeit entsprechenden Druck ausüben; aber auch bei nicht eingeschlossenen Flüssigkeiten, wird die Schwere durch Anziehung zum Mittelpunct der Erde und durch die gegenseitige Anziehung aller Körper (§. 48. N. 2.). gegenseitigen Druck und Druck gegen die untere (auch bei den möglichst verflächten und ausgebreiteten Flüssigkeiten noch sicht- und denkbare) Schicht bewirken. Bei den elastischen Flüssigkeiten, welche der Schwere entgegen streben, wird sie durch ihre Zusammenziehung um die Erde, die Elasticität erhöhen, und dadurch Gegendruck nach aussen hervorbringen, wodurch wir bei der Untersuchung der einzelnen hieher gehörenden Erscheinungen zugleich Gelegenheit erhalten werden, die elastische Beschaffenheit flüssiger Materie in ihrer Wirkung genauer kennen zu lernen, wie dieses früher (§. 33, 40 — 46) geschehen konnte.