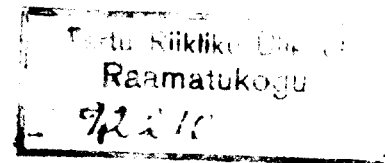


Astronomische Briefe.

Von

Dr. J. H. Mädler,

Kaiserl. Russ. Hofrath und ordentlichem Professor der Astronomie, Ritter
des St. Annen-Ordens, Director der Sternwarte zu Dorpat.



Mitau,

Verlag von G. A. Reyher.

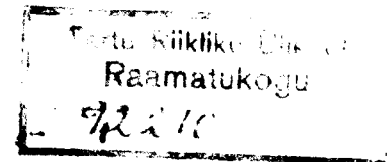
1844.

Astronomische Briefe.

Von

Dr. J. H. Mädler,

Kaiserl. Russ. Hofrath und ordentlichem Professor der Astronomie, Ritter
des St. Annen-Ordens, Director der Sternwarte zu Dorpat.



Mitau,

Verlag von G. A. Reyher.

1844.

Der Druck ist unter der Bedingung gestattet, daß, nach Be-
endigung desselben, die gesetzliche Anzahl der Exemplare an das
Censur-Comitât abgeliefert werde.

Dorpat, den 12. Februar 1844.

Censor Michael von Rosberg.

(L. S.)

4 811 A

UNIVERSITÄT DORPAT

Mathematik

3180

Vorbemerkungen.

Die Reihenfolge von astronomischen Briefen, welche
ich zuerst in den wissenschaftlichen Beilagen der Augs-
burger Allgemeinen Zeitung veröffentlichte, erscheint hier,
nochmals überarbeitet und vervollständigt, in einer geord-
neten Sammlung, der ich nur Weniges vorauszuschicken
habe.

Mehr als je zeigt sich bei allen gebildeten Völkern,
und bei dem deutschen insbesondere, das Bestreben, die
Naturwissenschaften zu einem wahren Gemeingut zu machen.
Was England durch seine Bridgewater Bücher bezweckte,
was in Frankreich die ausgezeichnetsten Talente, Arago
an ihrer Spitze, in ihren populären Schriften anstrebten,
dazu haben auch in Deutschland manche tüchtige Gelehrte
Hand an's Werk gelegt, und es dürfte keine Wissenschaft
mehr übrig sein, zu der dem Volke nicht der Zugang
vielfältig eröffnet worden wäre. Namentlich fand die
Astronomie schon frühzeitig in Bode einen Vertreter, der
sie auch dem Laien zugänglich zu machen ein langes

thätiges Leben hindurch mit großem Erfolge bemüht war. Wenn keiner seiner Nachfolger sich einer so großen und langdauernden Verbreitung seiner Werke erfreute, während doch die allgemeine Theilnahme für diese erhabene Wissenschaft sich seit jener Zeit so sehr vermehrte, so hat dies nur darin seinen Grund, daß immer Mehrere in seine Fußstapfen traten oder doch — mit mehrerem oder minderm Glück — zu treten versuchten, und daß die Arbeiten ausländischer Volkschriftsteller mehr und mehr durch Uebersetzungen zugänglich wurden; so wie andererseits darin, daß die Wissenschaften — und insbesondere die Astronomie — gegenwärtig in einer viel rascheren und vielseitigeren Entwicklung begriffen sind, als dies noch vor einem halben Jahrhundert der Fall war. Zehn Jahre sind jetzt mehr als hinreichend, um durch den Reichthum der inzwischen gemachten Fortschritte ein Werk als veraltet erscheinen zu lassen, während früher ein Menschenalter verging, ohne daß es einer wesentlichen Umarbeitung bedurft hätte — gewiß ein erfreulicher Zustand der Dinge und eine Aufforderung zum rastlosen Wirken an die, welche sich berufen fühlen, auf diesem Felde zu arbeiten.

Die hier gewählte Form — in der wir bereits von der gewandten Feder eines Brandes ein schätzbares Werk besitzen — ist zwar wenig geeignet, den systematischen Zusammenhang wissenschaftlicher Lehren zur klaren Anschauung zu bringen. Wer es auf ein ernsteres Studium der Himmelskunde abgesehen hat, den wird diese in einer andern Gestalt geboten werden müssen. Allein ein solches Studium ist nicht Jedem vergönnt. Mit jedem Jahre erweitert sich der Kreis des Wissenswerthen; und selbst denen, die einer gelehrten Epoche ihr Leben widmen können, wird es je länger desto schwerer, alles dahin Gehörige vollkommen zu erfassen und klar zu überschauen.

Wie viel mehr denen, deren Kräfte und deren Zeit ein anderer Lebensberuf in Anspruch nimmt, und denen die Naturwissenschaften nur mehr eine geistige Erholung bieten können. Auch eine noch so populär gehaltene zusammenhängende Darstellung wird sie häufig genug unbestiebtig lassen müssen, da sie durchaus als Ein Ganzes aufgefaßt sein will.

Die Briefform dagegen, welche einzelne Abhandlungen, jede für sich allein selbstständig, darbietet, gewährt vor der systematisch gehaltenen den Vortheil, daß man einen bestimmten Gegenstand für sich allein auswählen und betrachten kann; vor der lexikalischen aber den einer größeren Vollständigkeit und eines leichteren Vermeidens häufiger Wiederholungen. Sie steht gleichsam zwischen beiden in der Mitte und macht keinen Anspruch darauf, eine oder die andere entbehrlich machen und verdrängen zu wollen. Ein in Briefform gehaltenes Werk verhält sich zu den eigentlichen Lehrbüchern eben so, wie die Vorträge der in jüngster Zeit entstandenen wissenschaftlichen Vereine zu einem regelmäßigen Coursus. Wer möchte behaupten, oder selbst nur wünschen, daß die letzteren darunter leiden, weniger als sonst frequentirt werden, weniger Nutzen als früher stiften möchten! Aber wer möchte andererseits verkennen, daß durch jene Vorträge der Sinn für wissenschaftliche Gegenstände bei einer weit größeren Zahl von Individuen geweckt und genährt worden sei, als dies durch cursorische Lectionen jemals möglich gewesen wäre!

Und so glaubt der Verfasser die zahlreichen Aeußerungen des Beifalls, welche diesen Briefen bei ihrem ersten Erscheinen zu Theil geworden sind, weniger seinem Darstellungstalent als dem allgemeinen und von nicht Wenigen tief gefühlten Bedürfnisse nach einer Belehrung

in dieser Form zuschreiben zu müssen. Einst war es ihm vergönnt, in seinem Geburtslande der Wissenschaft durch die lebendige Rede Freunde und Theilnehmer zu erwerben; jetzt, fern von der Heimath, vermag er es für diese nur noch durch das geschriebene Wort.

Aristoteles ward einst gefragt, woran man den Werth eines Buches erkennen könne: „Wenn der Autor alles Gehörige sagt, wenn er nur das Gehörige sagt, und wenn er es gehörig sagt.“ Dieses Ausspruchs war ich bei meiner Arbeit eingedenk; möchte es mir gelungen sein, der Forderung des Stagyrten zu genügen.

Dorpat im Januar 1844.

Der Verfasser.

Astronomische Briefe.

I.

Geschichtliche Uebersicht. Von den ältesten Zeiten bis auf Ptolemäus.

Wenn es keinem Zweifel unterliegt, daß die Geschichte des menschlichen Geistes der erhabenste und wichtigste Theil der Weltgeschichte sei, so wird eine Darstellung des Entwicklungsganges einer Wissenschaft, worin dieser Menschengeist seine schönsten Triumphe feierte und sich zu den erhabensten Ideen aufschwang, für jeden Denkenden und Gebildeten vom höchsten Interesse sein. Welchen Weg nahm die Forschung vom ersten Anschauen jener Himmelslichter an bis zur vollendeten Darstellung der Bewegungen des Universums? Wie, wann und wodurch ist es gelungen, Messruthe und Waagschale in jene unerreichbaren Fernen zu tragen? Welches waren bei den verschiedenen Völkern und zu verschiedenen Zeiten die Vorstellungen, die man sich von den Himmels-

Körpern gebildet hatte? Welche Kämpfe mußte die richtigere Erkenntniß bestehen, und wie gelang ihr endlich der Sieg? Gewährt uns die Astronomie das Bild eines ruhigen, von menschlichen Leidenschaften ungetrübten Fortschrittes, oder hat auch sie, wiewohl dem irdischen Thun und Treiben so fern liegend, das allgemeine Schicksal getheilt? Diese und viele andre Fragen sind gewiß der allgemeinsten Theilnahme würdig, und der Verfasser wird um so lieber bei ihnen etwas länger verweilen, als ihre Beantwortung zugleich vielfache Gelegenheit darbietet, die astronomischen Lehren selbst, wenigstens vorläufig, zu erläutern und die Aufmerksamkeit seiner Leser auf diejenigen Punkte zu richten, worauf es vor ändern in der Astronomie ankommt. Es wird sich ergeben, daß sie doch etwas mehr sei als ein bloßes Rechenexempel, und daß die Unendlichkeit, in die sie uns einführt, noch etwas Andres und Höheres aufzuweisen habe als ungeheure Zahlen.

Die Himmelskunde kann auf ihrer gegenwärtigen Höhe nicht vergessen, daß auch sie ein langes Kindesalter durchlebt hat, und die Aufgabe ihres künftigen Geschichtschreibers (denn bis jetzt sind nur schwache Versuche gemacht worden), wird keine geringe sein, ihre Lösung auch kaum von der Gegenwart gehofft werden dürfen. Der erste Anfang der Astronomie hüllt sich in Dunkel, und wenn sie gleich — da ja Chronologie im Grunde selbst Astronomie ist — in Bezug auf ihr Datum weniger rathlos ist, als andre Zweige der Menschengeschichte, so können wir doch weder genau bestimmen wo, noch auch wann sie begonnen habe.

Wir dürfen indeß wohl annehmen, daß das erste denkende Wesen, welches die Erde bewohnte, auch seine Blicke zum Firmamente erhoben und den täglichen Lauf der Gestirne wahrgenommen habe, der so bedeutsam für seine Erden-geschäfte war. Wir gewahren bei den allerältesten Völkern,

daß der Wechsel des Mondes und der Lauf der Sonne ihnen die Zeittheilung gab, und wie wäre dies auch anders denkbar gewesen? Sind ja noch heut in Gegenden, die eines heiteren Himmels sich erfreuen, insbesondere auf den Inseln der Südsee, astronomische Kenntnisse bei den Eingebornen angetroffen worden, die die Europäer in Erstaunen setzen. Fast alle Bewohner der südlichen Halbkugel richten sich nach dem Sternbilde des Kreuzes und wissen sowohl die Himmelsgegend als die Zeit der Nacht durch dasselbe zu bestimmen. Ist dies auch noch bei Weitem keine Wissenschaft zu nennen, so war es doch der Anfang, aus dem in ununterbrochener Folge die Himmelskunde als Wissenschaft sich entwickelt hat. Denn nachdem dem dringendsten und augenblicklichsten Bedürfniß durch die erste roheste Eintheilung des Jahres abgeholfen war, schritt man weiter, einerseits zur Bestimmung größerer Cycles, andererseits zur genauern Feststellung der Grundeintheilungen.

Unter dem reinen Himmel Südafens und Egyptens begegnen wir den ersten Forschern, und sehen sie mit Beharrlichkeit lange Jahrhunderte hindurch die augenfälligsten und für die Zeitrechnung wichtigsten Phänomene, namentlich die Mond- und Sonnenfinsternisse nebst dem Auf- und Untergange der Sterne, beobachten. Die Chaldäer sind es hauptsächlich, welche die chronologische Grundlage feststellten; ihr 600 jähriger Saros ist das sprechendste Denkmal, wie ausdauernd sie bei ihrem Verfahren blieben. Im alten Indien hat man auch die Planeten beobachtet, ihre Zusammenkünfte unter sich und mit dem Monde bestimmt, und die Perioden ihres Umlaufs abgeleitet. Durch Rückwärtsberechnung solcher seltenen, von ihnen beobachteten Conjunctionen, sowie durch Vergleichung der von ihnen bestimmten cyclischen Perioden mit unserer heutigen Theorie, hat sich die Behauptung des hohen Alters der indischen Astronomie

bestätigt: sie muß 1500 v. Chr. schon geblüht haben. In ein gleich hohes Alterthum steigen bei den Chinesen die Bestimmungen der Schiefe der Ekliptik und der geographischen Breiten, sowie die Kometenbeobachtungen; leider ist Vieles von dem, was jenes Volk in den ältesten geschichtlichen Zeiten geleistet, theils ganz für uns verloren, theils in einer so räthselhaften Gestalt zu uns gelangt, daß sich wenig Sicheres daraus ergibt. Daß die Priesterkaste Egyptens etwas von der Vorrückung der Nachtgleichen gewußt habe, ist allerdings sehr wahrscheinlich, und dies setzt gleichfalls Jahrhunderte von Beobachtungen voraus, die bei ihnen vorzugsweise Auf- und Untergänge der Gestirne betrafen. Das zwölf- bis funfzehntausendjährige Alter dagegen, was aus der Stellung der Bilder auf dem Thierkreise von Denderah gefolgert wurde, besteht die strenge Kritik nicht. Uebrigens ist die starre Abgeschlossenheit und Geheimhaltung, welche Egyptens Priester für nöthig hielten, Schuld daran, daß Alles, was sie geleistet haben mögen, für uns verloren ist. Die Ansprüche der Hebräer auf ein hohes Alterthum ihres chronologischen Systems und ihrer astronomischen Tafeln haben die Prüfung gleichfalls nicht bestanden; sie reichen kaum bis Esra hinauf.

In allem diesen gewahren wir indeß Nichts, was über das Bedürfniß, das Zeitmaß zu berichtigen, hinaus geht, und auf eine Erforschung des inneren Zusammenhanges der Erscheinungen deutet; Nichts, das uns zur Annahme künstlicher, genau getheilter Instrumente oder wohl gar der Ferngläser nöthigte — von letzteren ist es vielmehr gewiß, daß kein altes Volk die geringste Ahnung davon hatte — überhaupt keine einzige, sei es wahre, sei es falsche, Theorie zur Erklärung des Wahrgenommenen. Auch selbst bei den alten Griechen, deren philosophischer Geist sich nirgend mit dem Außerlichen begnügte, und die ihrem Scharf Sinne

in andern Zweigen des Wissens so manches unvergängliche Denkmal gesetzt hatten, ward es nicht besser und nicht heller. Ihre Theogenie, Kosmogonie und Geogenie hat nur das Reich der Fabeln erweitert; ihre Erklärungsversuche selbst der gewöhnlichsten Erscheinungen (wie der Mondphasen) sind mitunter unglaublich monströs und wunderbar; Keiner hat das Richtige getroffen, und die Weisesten unter ihnen, wie Sokrates und Plato, verzweifelten an einer Astronomie, die sich ihnen unter einem so trostlosen Bilde zeigte. Wohl will man einige Anklänge des Richtigen und Wahren bei den Pythagoräern finden, die das Feuer in den Mittelpunkt der Welt setzten — aber wie unbestimmt ist dieser Ausdruck und wie Wenig liegt in ihm! Wahrlich nur eine Auslegungskunst, die in Allem Alles findet, was sie finden will, konnte hierin eine Spur des Kopernikanischen Weltsystems finden.

Uebergangen wir dieses Chaos von Irrthümern, die uns die Meinungen des Thales, Zeno, Denopides, Anaximenes, Leucipp u. A. darbieten, und lassen wir es unentschieden, ob nicht vielleicht spätere, ungeschickte Commentatoren den Alten einen schlimmen Dienst erzeigt und ihnen Lächerlichkeiten aufgebürdet haben, an die sie vielleicht nie dachten. Die wirklichen Verdienste der alten Griechen um die Astronomie beschränken sich auf Berichtigung der Zeitrechnung und der zum Grunde liegenden Perioden. Kleostratus aus Tenedos 532 J. v. Christo führte zur Ausgleichung des Mond- und Sonnenjahres eine 8 jährige Periode ein, in der jedes Jahr aus 12 Mondenmonaten bestand, denen dann noch überhaupt 3 Schaltmonate hinzugefügt wurden. Es hätten also 8 Sonnenjahre 99 Mondenmonate enthalten müssen. Der Fehler war etwa 36 Stunden in 8 Jahren. Harpalus bemerkte zwar den Fehler, aber seine Correction war eine irrthümliche.

Als vor Metons Zeit (434 v. Chr.) der Kalender schon

um 15 Tage abwich, unternahm er eine neue Kalenderverbesserung. Er setzte 19 Sonnenjahre = $19 \times 12 + 7$ Mondenmonaten. Diese 235 Monate vertheilte er auf 19 Jahre so, daß das 3., 6., 8., 11., 13., 17., 19. Jahr 13 Monate, die übrigen 12 enthielten. Nach den neueren Bestimmungen aber enthalten

19 Sonnenjahre 6939 T. 14 St. 25 Min.

235 Mondenmonate 6939 „ 16 „ 31 „

der Fehler betrug folglich nach 2 Jahrhunderten noch keinen vollen Tag. Bei den olympischen Spielen, 432 v. Chr., schlug er den versammelten Griechen diesen Kalender vor; er ward einstimmig und mit großem Beifall aufgenommen, in ganz Griechenland und seinen Colonieländern eingeführt und auch von andern Völkern zum Grunde gelegt; so ist z. B. der altjüdische Kalender nichts als der Meton'sche mit unbedeutenden Abweichungen. Die Nummer der Jahre in dieser 19 jährigen Periode ward goldne Zahl genannt, unter welchem Namen sie noch heut gebräuchlich ist. Die Calippische 76 jährige Periode ist nichts als die vierfache Meton'sche und so angeordnet, um Behufs der Olympiadenrechnung eine durch 4 theilbare Zahl zu haben.

Meton's Cyclus gewährte noch den Vortheil, daß auch die Finsternisse sich nahe zu nach dieser Periode richteten, indem die Mondsknoten, d. h. die Punkte, in welchen seine Bahn die Ebene der Erdbahn schneidet, einen Umlauf von 19 Jahren weniger 5 Monaten haben.

So stand es um die Himmelskunde, als die Akademie zu Alexandrien von Ptolemäus Soter gegründet ward. Schwerlich würde in Hellas, dessen eigentliche Blüthe schon gebrochen war, und das in Parteikämpfen verblutete, sich ein Asyl für die Wissenschaften gefunden haben wie das, was die Freigebigkeit der Ptolemäer stiftete und wodurch

diese Dynastie, an der sonst mancher Makel haftet, sich einen ewigen Ruhm in der Weltgeschichte gesichert hat. Das prächtvolle Museum enthielt für die Weltweisen aller Länder wie aller Häuser Wohnungen, Laboratorien und Auditorien, und fast keiner schlug den Ruf aus, der ihm Schutz, Unterstützung und reichlichen Unterhalt versieß. Da sie alle entweder der Geburt oder doch der Bildung nach Griechen waren, und auch im Fortgange des Instituts meist Griechen dort wirkten, die Griechische Sprache auch die gelehrte Sprache blieb: so betrachtete die ägyptische Priesterschaft diesen Verein mit Neid und Mißgunst, sonderte sich völlig von ihm ab und theilte ihm nichts von ihren Kenntnissen mit. Es ist zwar höchst wahrscheinlich, daß die Welt dabei keine große Einbuße erlitt, indeß würden doch die astronomischen Arbeiten der Akademie manchen Nutzen von ihren Beobachtungen gezogen haben, da sie, wenn auch wohl nicht sehr genau, doch durch ihr hohes Alterthum geeignet gewesen wären, manche Frage rascher und mit größerer Sicherheit zu entscheiden.

Mit Aristillus und Timocharis eröffnet sich die Reihe der alexandrinischen Astronomen, 300 Jahre v. Chr. Sie bestimmten dieörter der Fixsterne, zwar wahrscheinlich noch mit sehr rohen Hülfsmitteln, doch aber so genau, daß Hipparch, 150 Jahre später, ihre Arbeiten brauchbar fand. Früher hatte man die scheinbaren Abstände der Himmelskörper von einander bloß durch eine Schätzung nach Mondsdurchmessern gegeben. Bald nach ihnen erhalten wir sogar eine Astronomie in Versen. Aratus, unter Antigonus Gonatas lebend, war es, der des Eudorus Werk in metrische Form übertrug: ein schwaches Product, wodurch die Wissenschaft nichts gewinnen konnte. Weit wichtiger waren die Arbeiten Aristarch's von Samos. Er machte den Versuch, die Zeit genauer zu bestimmen, wo die Sonne

ihren höchsten und tiefsten Stand im Jahre erreiche. Er ist der Erste, der einen nicht durchaus unglücklichen Versuch machte, die Entfernung der beiden vorzüglichsten Himmelskörper zu bestimmen. Für den Mond fand er 56 Erdhalbmesser (nur 4 zu wenig), und die Größe des Mondes setzte er im Durchmesser $\frac{1}{3}$ der der Erde (im Nothen gleichfalls richtig). Ferner glaubte er für den Winkel, den Mond und Sonne an der Erde zur Zeit des ersten oder letzten Viertels machen, durch Beobachtung 87° gefunden zu haben, woraus für den Winkel an der Sonne 3° und hieraus die Entfernung der Sonne 19 mal größer als die des Mondes gefunden wird, und ihr Durchmesser 6 — 7 mal größer als der der Erde herauskommt. Dies ist nun freilich um mehr als das Zwanzigfache falsch, gleichwohl war die Methode, deren Aristarch sich bediente, an sich nicht zu tadeln. Wäre die Sonne, statt 400, nur 10 — 20 mal weiter entfernt als der Mond, so würde Aristarch's theoretisch richtiges Verfahren auch praktisch anwendbar gewesen sein. Das Nämliche läßt sich von einer noch künstlicheren Methode, welche vier Jahrhunderte später Ptolemäus anwandte, sagen. Er wollte aus der Größe des Erdschattens bei Mondfinsternissen das Problem lösen, und seine Theorie war nicht schuld daran, daß das Ziel verfehlt wurde. Wenn auch das Gelingen einer viel späteren Zeit vorbehalten bleiben mußte, so gewahren wir doch, welchen wichtigen Fortschritt das Studium schon kurze Zeit nach der Gründung der alexandrinischen Akademie gemacht hatte. Es war der Geist ächter Wissenschaftlichkeit, der hier waltete, und diejenigen sind sehr in Irrthum, welche in dem Museum nur eine Schule dialektischer Klopffechtere erblicken und wähen, der bis dahin freie Geist sei hier in die Fesseln eines prunkvollen Hoflebens und verächtlicher Schmeichelei geschlagen worden. Wahr ist es, daß nicht alle Zweige menschlicher Kunst und Wissen-

schaft eines gleich hohen Gewinnes als die mathematischen sich erfreuten; wahr ist es, daß Alexandrien keinen Dichter und Redner erzeugte, der mit den alten hellenischen einen Vergleich aushält: allein man klage deshalb nicht das Museum, nicht die Ptolemäer, sondern, wenn man will, das ganze Zeitalter an. Die mathematischen und Realwissenschaften dagegen haben nirgend im Alterthum sich zu einer solchen Blüthe erhoben als in Alexandrien. — Aristarch hat aber noch ein andres und wesentlicheres Verdienst. Er lehrte: die Erde drehe sich um ihre Ase, und zugleich in einem schiefen Kreise um die Sonne. Eine richtige, und zwar für jene Zeit sehr kühne Bemerkung, die freilich noch nicht das Kopernikanische selbst ist, aber gleichwohl, consequent verfolgt, dahin hätte führen können. Statt aber dies zu thun, klaubte man an seinen Worten und namentlich an der Behauptung, die Bahn der Erde verhalte sich zur Entfernung des Fixsternhimmels, wie der Mittelpunkt eines Kreises zur Peripherie. Nichtig verstanden, war dies ein sehr glücklich gewählter Ausdruck, der bis zur wirklichen Aufindung der Fixsternparallaren (die erst von sieben Jahren her datirt), praktische Gültigkeit hatte. Statt dessen bewies ihm Archimedes, eine Bahn könne kein Punkt sein (als ob ein Aristarch dieser Belehrung bedurft hätte!), freute sich, ihn ad absurdum geführt zu haben, und seine glückliche Conception gerieth in Vergessenheit. Doch nein, die Priester hatten sie nicht vergessen. Kleantes klagte ihn öffentlich der Gotteslästerung an, weil er die Ruhe der Westa und der Laren gestört habe: eine Beschuldigung, die wir zwei Jahrtausende später, übersetzt in die Sprache eines sich christlich nennenden Inquisitionstribunals, gegen Galiläi wiederholen sehen. — Auch von Euclides, der um jene Zeit lebte, haben wir ein astronomisches Werk; „Phänomene.“ Er handelt darin hauptsächlich von den Erscheinungen, welche

Auf- und Untergang der Gestirne auf der schiefen Kugel (zwischen Pol und Aequator) darboten. Wahrscheinlich ist auch Manetho, ein ägyptischer Priester, in diese Zeit zu setzen, wiewohl das Werk, das uns von ihm erhalten ist, nur wenig Spuren echter Kenntnisse, dagegen größtentheils astrologische Träumereien enthält.

Zum Nachfolger Aristarch's berief Ptolemäus Evergetes den Eratosthenes, 276 v. Chr. in Kyrene geboren, und ließ auf dessen Vorschlag die großen metallenen Ringkugeln anfertigen, ähnlich denen, welche man noch heut zur Aufstellung von Globen anwendet. Nur waren sie beträchtlich größer, und mit aller damals möglichen Genauigkeit eingetheilt. Die Beobachtungen, welche Eratosthenes sowohl als seine Nachfolger an ihnen machten, sind ein Beweis der Sorgfalt, mit der sie gearbeitet waren. Jetzt konnte man die Durchgänge der Sterne durch den Meridian beobachten, was nicht allein bequemer, sondern auch viel genauer ist, als die Beobachtung der Auf- und Untergänge. Eratosthenes suchte die Schiefe der Ekliptik (die Neigung der Sonnen- oder Erdbahn gegen den Aequator) zu bestimmen, und fand sie $\frac{1}{166}$ des Umkreises, oder zwischen $23^{\circ} 50'$ und $23^{\circ} 52' 30''$. Man sieht, daß die Alten in der Theorie der Bruchrechnung ziemlich weit gekommen sein mußten, denn $\frac{1}{166}$ weicht nur um $\frac{1}{13000}$ von dem Mittel aus beiden Bestimmungen ab. Er bestimmte ferner die Wlder des Thierkreises, zählte 675 Sterne und soll den Durchmesser der Sonne 27 mal größer als den der Erde angenommen haben, freilich noch immer um das Vierfache zu klein; aber wель' ein Unterschied gegen den noch wenige Jahrhunderte vorher allgemein verbreiteten Glauben, die Erde sei wesentlich die Welt, alles Andre nur erhebliches Beiwerk derselben, was sich in den höhern Luftkreisen aufhält. Sein Versuch, die Größe der Erde zu

bestimmen, ist mehr der Methode als des Resultats wegen merkwürdig. Er nahm an, daß Alexandrien und Syene unter gleichem Meridian liegen, und daß die Entfernung beider Städte 5000 Stadien betrage (wie lang ist aber ein Stadium?). Da man nun bemerkt hatte, daß am längsten Tage die Sonne den Boden eines tiefen, senkrecht hinabgehenden Brunnens zu Syene bescheine, während sie an demselben Tage zu Alexandrien noch einen Schatten werfe, der $\frac{1}{50}$ des Kreisumfanges beträgt, so schloß er, daß die Erde $50 \times 5000 = 250000$ Stadien im Umfange habe. Man hat sich mit dieser und ähnlichen Aufgaben, die wohl alle mehr oder weniger Schätzungen und Muthmaßungen waren, unfählich viel Mühe gegeben, und es ist zu verwundern, daß man die Erfolglosigkeit nicht vorhergesehen hat. Die Alten hatten gar kein so genau normirtes Längemaß als wir, und wenn es eines Beweises bedürfte, so könnten die folgenden Angaben über die Länge des altrömischen Fußes ihn liefern. Nach englischen Zollen und deren Tausendtheilen ausgedrückt, hat sich dafür gefunden:

1) Aus 5 Denkmälern	11,535—11,662; Mittel	11,596	} Im all- gemein- en Mit- tel 11650 Engl. Zoll.
2) „ 19 Metallmaß- stäben . . .	11,430—11,669; „	11,591	
3) „ Meilensteinen	11,572—11,602; „	11,591	
4) „ Orts- = Entfern- nungen . . .	11,485—11,772; „	11,653	
5) „ Abmessungen ägyptischer Obe- liskn . . .	11,627—11,690; „	11,658	
6) „ Aus Ueberresten der Baukunst, 20 Be- stimmungen	11,647		
7) „ Höhenmaßen	11,815		

Bei diesem Zustande der Dinge hatten die alten Mathematiker Recht, wenn sie sich mit runden Zahlen begnügten, die am deutlichsten zeigen, daß sie auf die Genau-

igkeiten eigentlicher Messungen gar keinen Anspruch machen. So findet sich für die Größe der Erde:

Bei Aristoteles	400,000	Stadien
„ Eratosthenes	250,000	„
„ Posidonius	240,000	„
„ Cleomedes	300,000	„
„ Ptolemäus	180,000	„

Es ist wahrlich schwer einzusehen, wie Bailly in diesen rohen und runden Daten eine Genauigkeit hat finden können, deren die uns bekannten Alten nach seiner Meinung gar nicht fähig gewesen sein sollten, und die man deshalb einem vorlängst untergegangenen hochcultivirten Urvolke zuschreiben müßte, auf das er im Verlauf seines sonst verdienstlichen Werkes beständig wieder zurückkommt, und das nicht Alles, was wir jetzt wissen, sondern noch weit mehr erforscht und in vereinzelt Resultaten den Nachkommen überliefert haben sollte.

Conon von Samos würde keiner Erwähnung verdienen, da seine Beobachtungsmethode wieder die alte, unvollkommene (Auf- und Untergänge) war, wenn er nicht durch (Einführung eines neuen Sternbildes (des Haupthaars der Berenice) sich einen ziemlich wohlfeilen Nachruhm erworben hätte, und von den beiden großen Geometern, Archimedes und Apollonius ist hier nur zu erwähnen, daß der Erste sich an einem Planetarium versucht, und Letzterer die Epicykel als Erklärung des scheinbar so verworrenen Planetenlaufes zuerst angewandt habe. Man denke sich einen Punkt A, um welchen ein Kreis B. beschrieben wird, während A sich selbst um einen zweiten Punkt C bewegt, so wird das, was B wirklich in Bezug auf C beschreibt, ein Epicykel sein. Man kann dies noch weiter vervielfältigen, wenn man auch C während derselben Zeit sich um einen dritten Punkt D bewegen läßt u. s. w.

Entschieden der größte Astronom des gesammten Alterthums ist Hipparch von Nicäa, 150 v. Chr. Er faßte den großen Plan, alle Grundlagen der Astronomie, so weit die damaligen Mittel reichten, festzustellen: die Länge des Jahrs, die Schiefe der Ekliptik, den Lauf des Mondes und der Sonne, dieörter der Sterne und vieles Andere. Zur genauen Zeitbestimmung hatte er freilich nur Wasser- und Sanduhren, indeß wußte sein Genie diese Mängel auf mancherlei Weise zu erzeu, so daß er z. B. nichts desto weniger die Ungleichheit der wahren Sonnentage entdeckte, die doch für einen einzelnen Tag nie eine halbe Minute übersteigt^{*)}. Da der scheinbare Abstand eines Sternes von der Sonne sich direct nicht messen ließ, so maß er am Tage den Abstand des Mondes von der Sonne, in der darauf folgenden Nacht aber die eines Sternes vom Monde, und indem er den Lauf des Mondes in der Zwischenzeit berücksichtigte, erhielt er den Culminationsunterschied des Sternes und der Sonne, also auch die gerade Aufsteigung des letzteren, wenn die der Sonne bekannt war. Hatte er auf diese Weise eine Anzahl heller Sterne bestimmt, so diente ihm diese zur Grundlage für die andern. An seine Ringkugeln brachte er Dioptern an, um beim Sehen genauer zielen zu können: auch soll er sich eines Rohrs bedient haben, um die Seitenstrahlen abzuhalten und schärfer zu sehen; Gläser aber befanden sich sicherlich nicht darin. Die von Eratosthenes beobachtete Lage der Sonnenbahn fand er richtig. Zur Bestimmung der Länge des Jahrs hatte er nur die vor 150

*) Es ist hier keineswegs die Rede von der Ungleichheit der Tage und Nächte im Verlauf des Jahrs, denn diese war auch in Alexandrien noch bedeutend genug, um ohne alle Werkzeuge wahrgenommen zu werden; sondern davon, daß die Zeit von einem Mittage zum andern nicht in aller Strenge sich gleich bleibt.

Zahlen beobachteten Solstitien des Ari starch, die, mit seinen eigenen Beobachtungen verglichen, ihm 356 Tage 5 St. 55 Min. 12 Sec. gaben. Um es in Zukunft richtiger zu erhalten, schlug er die Beobachtungen der Nachtgleichen vor, deren Zeitpunkt sich viel genauer bestimmen läßt. Seinen Sonnentafeln gab er eine Einrichtung, die allen späteren Zeiten ein Muster gegolten hat; er gab in einer Tabelle die mittlere Bewegung, und in einer zweiten die Ungleichheit. Daß die Entfernung der Sonne von der Erde veränderlich sei, daß beim Monde ein Gleiches stattfindet, hat er erforscht; die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik und die Veränderung der Knoten bestimmt, die Nothwendigkeit, bei Sonnenfinsternissen auf die verschiedene Lage der Erdorte gegen den Erdmittelpunkt Rücksicht zu nehmen (Parallaxenrechnung), dargethan. Er bestimmte 1020 Sterne, deren Dexter er nicht auf den Aequator, sondern durch trigonometrische Rechnung auf die Ekliptik bezog. Dabei fand er, daß seit Timocharis sich die Längen der Sterne (ihre Abstände vom Anfangspunkte, gezählt in der Ekliptik) verändert, nemlich durchschnittlich um 2 Grad vermehrt hätten. Diese Präcession der Nachtgleichen ist wohl die wichtigste seiner Entdeckungen. Hätten wirklich die alten Egyptianer so hoch hinaufreichende Beobachtungen besessen, so hätte Hipparch nicht nöthig gehabt, aus einem so kurzen Zeitraume die Bestimmung abzuleiten; entweder theilten sie diese Beobachtungen aus Neid oder Haß nicht mit, oder sie besaßen keine, was im Grunde einerlei ist. — Zur Längenbestimmung auf der Erde schlug er die Finsternisse vor, in jener Zeit sicher das beste Mittel. In Allem, was wir von diesem großen Manne besitzen, zeigt sich eine Zweckmäßigkeit, eine Sicherheit in der Wahl seiner Mittel, eine Schärfe des Urtheils, wie sie bis dahin gänzlich ohne Beispiel sind. Mit einer außerordentlichen Schärfe des Verstandes verband

er eine Beharrlichkeit in Verfolgung seines Zieles, wie sie allen Forschern, und namentlich den Astronomen, zu wünschen wäre. Er war kein Freund gewagter Hypothesen, er liebte es nicht, durch kühn aufgebaute Systeme glänzen zu wollen. Er ist im vollsten und edelsten Sinne des Wortes denkender Beobachter; er fühlte, daß es noch nicht an der Zeit sei, bis auf die letzten Gründe durchzudringen, und will lieber seinen Nachfolgern ein tüchtiges und brauchbares Material überliefern, als ihnen in Erklärung der Phänomene vorgreifen.

Die unmittelbaren Nachfolger Hipparch's waren seiner wenig würdig. Wir treffen fast drei Jahrhunderte hindurch auf mittelmäßige Leistungen, von denen nur Einzelnes Erwähnung verdient. Sulpicius Gallus sagt dem römischen Heere, das dem macedonischen bei Pydna gegenüber steht, eine Mondfinsterniß vorher, die in der Nacht vor der Schlacht sich ereignet. So gereichte sie nur den Macedoniern zum Schrecken, und der Sieg blieb Rom.

Cleomedes hat einige glückliche Ideen. Die Erde, sagte er, ist, von der Sonne aus gesehen, nur ein Punkt, von den Fixsternen aus sieht man sie gar nicht. Auch sind die Fixsterne keineswegs alle gleich weit entfernt (dies hatte schon Geminus 137 v. Chr. behauptet.) Er ist ferner Entdecker der astronomischen Strahlenbrechung. Man hatte nemlich bei einer Mondfinsterniß bemerkt, daß der (verfinsterte) Vollmond und die Sonne gleichzeitig über dem Horizont sichtbar waren. Cleomedes widersprach Anfangs der Wahrnehmung als einer unmöglichen, da aber die Zeugnisse nicht zu verwerfen waren, so dachte er dem Gegenstande nach, und kam darauf, daß der Lichtstrahl bei seinem Wege durch die Luft nicht gradlinigt, sondern in einer gegen die Erde concaven Krümmung hindurchgehe. — Posidonius ist ein Astronom von Scharffinn und lebhafter Einbildungskraft,

der in seinen Erklärungen zum Theil sehr glücklich ist, zum Theil aber auch das Ziel ganz verfehlt. Er erkennt den Mond als Ursache der Ebbe und Fluth, er weiß auch schon, daß die Fluthen im Neu- und Vollmonde größer sind als in den Mondvierteln. Daß Mond und Sonne beim Auf- und Untergange größer zu sein scheinen, erklärt er aus der Brechung in den Dünsten (während diese doch unmittelbar gerade das Gegentheil bewirken). Um das aschfarbene Licht der dunklen Mondseite zu erklären, denkt er eine Halbdurchsichtigkeit des Mondes. Für die Höhe der Atmosphäre hat er ziemlich richtig 400 Stadien, für den Mond 52 Erdhalbmesser, für die Sonne 13000 Erdhalben Entfernung (erstere Zahl um $\frac{1}{8}$, letztere nahe um die Hälfte zu klein). Indeß sind diese Zahlen mit einigem Mißtrauen aufzunehmen: namentlich in Betreff der Entfernung unsrer Erde von der Sonne ist seine Meinung nicht ganz klar zu ermitteln.

Unter Julius Cäsar ward Anstalt gemacht, die in die größte Unordnung gerathenen römischen Kalender gründlich zu rectificiren. Es concurrirten hierbei viele Mathematiker, doch ist die Verbesserung hauptsächlich ein Werk des Alexandriners Sosigenes. Bis dahin hatten alle Völker den Mond zum Hauptregulator der Zeit erwählt, und man suchte (wie schon oben bemerkt) durch Einschaltungen das Mondjahr mit dem Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu bringen. Sosigenes rieth, den Mond ganz aus dem Spiele zu lassen, und sich allein nach der Sonne zu richten. Im bisherigen römischen Jahre hatten die Monate folgende Längen:

Januar	29	Tage
Februar	28	"
März	31	"
April	29	"
Mai	31	"

Junii	29	"
Quintilis (Juli)	31	"
Sextilis (August)	29	"
September	29	"
October	31	"
November	29	"
December	29	"

was ein Mondjahr von 355 Tagen gab. Jetzt wurde dem April, Juni, September und November 1 Tag, dem Januar, Sextilis und December 2 Tage hinzugefügt; der den unteren Göttern gewidmete Februar blieb so kurz wie er war, „ne Deum inferum religio mutaretur“. Der Quintilis ward zu Cäsars Ehren Julius, so wie später der Sextilis Augustus genannt. Die Länge des tropischen Jahres setzte Sosigenes auf $365\frac{1}{4}$ Tag, wohl wissend, daß dies etwas zu lang sei, aber in die Nothwendigkeit versezt, ein leicht überschauliches Verhältniß aufzustellen, übrigens auch ganz richtig schließend, daß die damals bekannte Länge des Jahres doch noch immer um einige Minuten unsicher sei, und ein völlig genaues Anschließen des Kalenders an den Himmel daher der Zukunft überlassen werden müsse. Varro versuchte zuerst, die Dunkelheiten der altrömischen Chronologie durch die Mond- und Sonnenfinsternisse aufzuhellen, denn damals hatte man schon eine ziemliche Sicherheit in der Voraus- und Rückrechnung der Finsternisse gewonnen. Auch Sternbedeckungen durch den Mond beobachtete Agrippa und Menelaus. Schon fingen die Astronomen an, sich der Astrologie zu schämen und beide scharf von einander zu sondern. Geminus spricht namentlich tadelnd über die letztere und nennt Wetterprophezeihungen etwas sehr Unsicheres. Die Astrologen wurden auch oft von den alten Cäsaren aus Rom vertrieben, wiewohl mit schlechtem Erfolge, zumal da andere Cäsaren sie wieder schützten und begünstigten.

Man bediente sich unter Anderem der großen Obelisken, um durch die Länge ihres Schattens die geographische Breite zu bestimmen, und Manlius setzte auf die Spitze des großen Obelisken zu Rom eine Kugel, um ihren Halbschatten eliminiren zu können. Den Schatten, welchen die Sonne um Mittagszeit am Tage der Nachtgleichen warf, beobachtete man vorzüglich und fand, daß er sich zur Höhe des Geonoms verhalte in Rom wie 8:9, in Athen wie 3:4, in Rhodus wie 5:7, in Carthago wie 7:11 und in Alexandrien wie 3:5.

Die Astronomie im alten Rom hat übrigens nie viel bedeutet. Von der Menge beständig mit Astrologie verwechselt, von witzigen Köpfen verlacht, konnte es ihr hier nicht gelingen einen Verehrer dauernd an ihren Dienst zu fesseln, und überhaupt war Alexandria noch immer der einzige Ort, wo brauchbare Beobachtungen angestellt werden konnten.

Geminus hat uns die Sternbilder, welche zu Hipparch's Zeiten eingeführt waren, aufgezählt. Ihrer sind 48, nemlich 21 nördlich über der Ekliptik: der große Bär, kleine Bär, Drache, Bootes, Krone, Herkules, Ophiuchus, Schlange, Leier, Schwan, Pfeil, Adler, Andromeda, Perseus, Fuhrmann, Triangel, Berenices Haar. 12 in der Ekliptik: Wallfisch, Orion, Gase, Eridanus, großer Hund, kleiner Hund, Schiff, Wasserschlange, Becher, Waage, Centaur, Wolf (auch Lanze), Altar (auch Rauchfaß), südliche Krone, Heroldsstab, südlicher Fisch. Was jenseits des Horizontes von Alexandrien lag und also zu Hipparch's Zeiten dort nicht aufging, war gar nicht, auch überhaupt die tief südlich stehenden Sterne wenig bekannt, und Achernar im Eridanus, ein sehr glänzender Stern, ist der einzige, den die Alten unter den in Alexandrien nicht sichtbaren kannten *). Eben so

*) Daher finden wir im Mittelalter, das sich ganz slavisch an

wenig ist bei irgend einem Alexandriner die Rede von einem Polarsterne; Hipparch sagt sogar ausdrücklich, am Pole stehe kein Stern. Man wird dies begreiflich finden, wenn man erwägt, daß unser jetziger Polarstern damals 14 Grad vom Pole abstand, und auch kein anderer heller Stern in der Nähe war. Noch 300 Jahr etwa wird er sich von jetzt ab dem Pole nähern (bis auf $\frac{1}{3}$ Grad), dann aber sich von ihm stets weiter entfernen, bis zum Jahre 15000 n. Chr., so daß er über 2000 Jahre schon nicht mehr Polarstern wird heißen können.

Claudius Ptolemäus um 130 n. Chr. ist der zweite große Astronom des Alterthums. Von seinen zahlreichen Werken ist uns nur der einzige Almagest erhalten, allerdings ein Hauptwerk, das 1400 Jahre lang die Hauptquelle war, aus der die Welt ihre astronomischen Kenntnisse schöpfte. Sein Verfasser ward in dieser langen Zeit eben so unmaßig gelobt und erhoben, als später getadelt und des Plagiats beschuldigt, da er den Hipparch, von dem er doch das Meiste entlehnt hat, selten erwähnt. Allein man muß das Alterthum nicht mit dem Maßstabe der heutigen Litteratur messen wollen. Wie konnte Ptolemäus, auf derselben Sternwarte wirkend, welche durch Hipparch berühmt geworden war, an einem Orte, wo man seine Schriften noch sämmtlich besaß und kannte, vernünftiger Weise hoffen, jene Arbeiten für die seinigen ausgeben zu können? Er theilte mit, was er an guten Beobachtungen und Bestimmungen vorfand, ohne jedesmal den Autor zu nennen. Für uns entsteht allerdings dadurch die Ungewißheit, ob etwas vom Ptolemäus selbst herrühre oder nicht. Er ist weniger behutsam und bedächtiger als Hipparch und von einer lebhafteren

Ptolemäus hielt, die Behauptung, es gäbe um den Südpol herum gar keine Sterne, und Achernar sei der südlichste von allen.

Phantaste als jener. Unbestritten ist sein Verdienst um die Mondstheorie. Man hatte vor ihm den Mond nur im Voll- und Neumond (hauptsächlich den Finsternissen) beobachtet. Ptolemäus bestimmte seinen Ort auch in den Mondsvierteln, und nun sah er bald, daß die Annahme eines einfachen excentrischen Kreises, in dem sich der Mond mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewege, nicht mehr ausreiche. Er verband deshalb mit demselben die Epicykeln, allein auch diese erklärten die Sache nicht ganz. Seine Vorstellung war eine höchst verwickelte. Der Mond bewegt sich in seinem Epicykel auf dem Umfange eines großen Kreises, in dessen Mittelpunkt die Erde nicht liegt, vielmehr wird der Mittelpunkt des excentrischen Kreises selbst in einem kleinen Kreise um die Erde geführt. Hätte Ptolemäus den Mond auch in den übrigen Lagen beobachtet, so würde er bald bemerkt haben, daß seine Hypothese trotz aller Künstlichkeit doch nicht ausreiche. Er versorgte sich zu diesen Beobachtungen ein eigenes Instrument, das Triquetrum. Zwei hölzerne 7 Fuß lange Lineale waren jedes in 60 Theile getheilt, und diese in einer Winkelspitze so mit einander verbunden, daß das eine bewegliche durch Drehung von dem andern unbeweglichen beliebig entfernt werden konnte. Ein drittes Lineal vollendete das Dreieck und war in ähnliche Theile getheilt. Mit diesem senkrecht aufgestellten Instrumente maß er Scheitelabstände, und aus dem Unterschiede der theoretisch berechneten und der gemessenen folgerte er die Parallaxe des Mondes, die er indessen beträchtlich zu groß fand. Er setzte den Abstand des Mondes in den Syzygien (Voll- und Neumond) zwischen 53½ und 64 Erdhalbmessern, was nahezu richtig ist, in den Quadraturen dagegen auf 33 bis 44, was erheblich falsch ist. Seine Beobachtungen reducirte er genauer, als man bis dahin gethan hatte, so daß er selbst kleine Verbesserungen anbrachte, die innerhalb der unvermeid-

lichen Beobachtungsfehler lagen. Allein es war ihm um eine genaue Methode zu thun und er glaubte deshalb nicht scharf genug bei der Berechnung verfahren zu können. Die Entfernung der Sonne suchte er aus der Größe des Erdschattens bei Mondfinsternissen zu bestimmen, was nicht gelingen konnte, aus Gründen, die damals noch nicht erkennbar waren. Das Hinderniß war und blieb die zu große Entfernung der Sonne.

Am bekanntesten ist Ptolemäus geworden durch seinen Versuch, die Bewegungen der Planeten zu erklären. Das wechselweise Vor- und Rückwärtsgehen und der zwischen inne liegende Stillstand, sowie die sehr ungleichen Breiten (Entfernungen nach Norden oder Süden von der Ekliptik), zu welchen der Planet gelangte, hatte noch Niemand zu erklären versucht, so viel wir wissen. Ptolemäus half sich mit den schon früher eingeführten Epicykeln. Hätte er sich los machen können von der allgemeinen Vorstellung einer Ruhe der Erde, so hätte ihn wohl sein Scharfsinn zum wahren Weltssysteme führen können. So half er sich dadurch, daß er die Planeten um einen idealen Mittelpunkt führte, und diesen Mittelpunkt um die Erde, wenn nöthig in einem excentrischen Kreise, laufen ließ. Sowohl dieser excentrische Kreis als der Epicykel neigte sich gegen die Ekliptik und zwar nannte Ptolemäus die Neigung des excentrischen Kreises Deviation, und die des Epicykels gegen den excentrischen Kreis Inclination. Mit dieser künstlichen Vorrichtung waren indess nur die Bewegungen der Planeten in Bezug auf die Fixsterne erklärt, und es mußten nun noch außerdem die Fixsterne sammt den Planeten, kurz der ganze Himmel, in 24 Stunden um die Erde laufen. Diese letztere Bewegung wurde einem allgemeinen primum mobile zugeschrieben.

Schwerlich hat dieses System seinen Urheber selbst völ-

lig befriedigt, seine eigenen Aeußerungen deuten auf nichts weniger, als auf feste Ueberzeugung. Er gesteht, daß es nicht ganz ausreiche (und dies beweist, daß seine Beobachtungen ziemlich genau sein mußten), er sah sich genöthigt, die beiden Neigungen noch durch besondere oscillirende Bewegungen veränderlich zu machen und dergleichen. Er fühlt den Mangel an Einfachheit, „doch,“ setzt er hinzu, „muß denn in der Natur Alles einfach sein? Wenn die einfachen Erklärungen nicht zureichen, so muß man andre mögliche Voraussetzungen wählen, und zufrieden sein, wenn sich die Erscheinungen dadurch erklären lassen.“ Wahrlich der große Mann hat wohl auf nichts weniger gerechnet, als auf die stockblinde Nachbeterei, mit der sein System anderthalb Jahrtausende hindurch als astronomisches Evangelium gegolten hat. Das aber dürfte befremdend sein, daß Ptolemäus die schon von den alten Egyptern herrührende Meinung, Merkur und Venus liefen nicht direct um die Erde, sondern gleichsam als Trabanten um die Sonne und nur mit dieser um die Erde, nicht in sein System aufgenommen hat, wenn man nicht hierin einen neuen Beweis sehen will, daß die alexandrinischen Gelehrten und das Collegium der egyptischen Priester einander vollständig ignorirten und sich nichts gegenseitig verdanken mochten.

Die Thätigkeit dieses außerordentlichen Mannes erstreckte sich noch über viele andre Zweige der Wissenschaft: er schrieb über Chronologie, Optik, Musik, Gnomonik, Geographie; doch sind seine übrigen Werke sämmtlich untergegangen. Er starb im 78 Jahre, und mit ihm auf immer der Ruhm Alexandriens. Wir sind, was die Astronomie betrifft, am Schlusse des Alterthums angelangt.

II.

Von Ptolemäus bis zur Wiedererweckung der Astronomie in Europa.

Sollen wir ein Bild des traurigsten und trostlosesten Verfalles entwerfen, der die auf Ptolemäus folgenden Jahrhunderte bezeichnet? Erzählen, wie die Erde wieder flach wird, wie ein Wasser die Weltare befeuchtet, damit sie sich bei der Umdrehung nicht entzünde, wie die Sonne (nach Isidor) allen Völkern der Erde gleichzeitig aufgeht? In den wenigen Büchern, die aus dem 6. und 7. Jahrhundert auf uns gekommen sind, findet sich oft gar keine Spur einer auch nur historischen Kenntniß der großen Entdeckungen der Alexandriner. 800 Jahre nach Hipparch will Leontius einen Himmelsglobus machen und nimmt — das Gedicht des Aratus zur Grundlage, wobei er sich doch noch über die Abweichung wundert, aber ohne von der Präcession, die sie bewirken mußte, etwas zu ahnen. Genug davon! —

In Arabiens Sandwüsten, unter der glühenden tropischen Sonne, die von einem ewig heiteren Himmel herniederstrahlt, wo ein kühlender Thau nur dann die Geschöpfe der Erde erfrischt, wenn die Gestirne funkeln, sind diese von undenklichen Zeiten her göttlich verehrt worden. In Abul-Faraj's Commentationen werden namentlich Sirius, Canopus und Aldebaran, sowie Merkur und Jupiter, als göttliche Wesen aufgeführt. Sie hatten auch Friedensmonate, in denen alle ihre Fehden ruhten, und deren Eintritt durch das Wiedererscheinen solcher vergötterter Sterne bestimmt

ward. Mit Muhamed's Reformation hörte zwar dieser Sternendienst und der ganze Sabäismus auf, allein es trat etwas Besseres an seine Stelle — Beobachtungen der Himmelskörper. Allerdings nicht sogleich, denn zwei Jahrhunderte des Fanatismus und der rohen Herrschaft des Schwertes liegen dazwischen, und in diesen ward durch Omar den Barbaren die alexandrinische Bibliothek den Flammen geopfert. „Was diese Bücher enthalten, steht entweder im Koran, und dann sind sie unnützlich, oder es steht nicht darin, und dann sind sie verderblich.“ Wollte Gott, Omar und seine Araber wären die Einzigen gewesen, die in ähnlicher Weise argumentirt hätten!

Man hat indeß einigen Grund, zu vermuthen, daß doch nicht Alles zerstört worden sei, ja Einige haben die ganze Erzählung in Zweifel gezogen, und in der That hätte es eines Omar's nicht bedurft, dem vor 922 Jahren gegründeten Museum den Todesstoß zu geben, da dies längst nur noch ein Leichnam war, der ein trauriges Scheinleben fortführte. Wir finden wenigstens bei den Arabern, sobald sie sich der Wissenschaft widmeten, sogleich mehrere wichtige alexandrinische Werke, und sie haben uns durch ihre Uebersetzungen nicht wenige erhalten, so wie manche jetzt für uns verlorne (z. B. die Optik des Ptolemäus) noch besitzen. —

Eine Reihe vorrefflicher, die Wissenschaften eifrig befördernder Kalifen begann mit Al-Mansur, dem Vater Harun al Raschid's. Unter ihm ward Bagdad ein neuer Mittelpunkt geistiger Cultur. Bekannt sind Harun al Raschid's Geschenke an Karl den Großen, besonders die Wasseruhr, welche die Stunden schlug. Vor Allem aber ist Al-Mamun, der dritte Kalif dieser Reihe, anzuführen. Sein Vater hatte die Wissenschaften bloß beschützt, er hat sich selbst mit ihnen eifrig beschäftigt, und aus allen

Ländern Gelehrte in Bagdad versammelt. Nach einem siegreichen Feldzuge gegen die Byzantiner, deren Gesandte um Frieden baten, erbot er sich zur Wiederherausgabe des Eroberten, so wie zur unentgeltlichen Freilassung aller Gefangenen, unter der Bedingung, daß Kaiser Michael III. ihm die Erlaubniß ertheile, von allen in Griechenland vorhandenen wissenschaftlichen Büchern eine arabische Uebersetzung anfertigen zu lassen. Bei diesen Uebersetzungen, zu denen er unverzüglich schritt, führte er selbst den Vorstz, und den Anfang machte Ptolemäus' Almagest.

So wurde wenigstens von den Wissenschaften gerettet, was noch zu retten war, und einer besseren Zeit überliefert. Denn wesentliche Bereicherungen verdankt die Astronomie den Arabern sehr wenige; es blieb meistens bei Anfängen und Versuchen. Mit einer starken Dosis Astrologie versehen, erhob sie sich nicht über das Ptolemäische System, und neben diesem begegnen wir manchen sonderbaren Irrthümern. So will Messala beweisen, daß die Sonne größer als die Erde sei, und verfährt folgender Maßen: wäre die Sonne eben so groß oder kleiner als die Erde, so würde ihr Schatten sich bis in's Unendliche erstrecken und in jeder Nacht einen Theil der Sterne versinstern. —

Die Bestimmung der Schiefe der Ekliptik war ein Hauptaugenmerk dieser Astronomen. Cholid, Sened und Alis beobachteten für 827 : $23^{\circ} 33' 52''$; Muhamed, Achmed und Hasen im Jahre 859 dagegen $23^{\circ} 35'$. — Afraganus hat uns Auszüge aus dem Almagest gegeben; Thebit die Länge des siderischen Jahres fast ganz richtig auf 365 T. 6 St. 9' 12" bestimmt. Er glaubte auch eine Nutation zu bemerken, irrte sich aber sowohl in der Sache, als in der Erklärung. — Den Albategnius (Al-Baten) hat man den arabischen Hipparch genannt. Die

wichtige Entdeckung von der Verschiebung derjenigen Punkte, wo die Erde der Sonne am nächsten und am entferntesten steht (Fortrückung der Apsiden) ist unbestritten sein Werk. Arzachel versuchte später, aber ohne glücklichen Erfolg, diese Angabe zu verbessern, indem er zu finden glaubte, diese Fortrückung sei nur eine Schwankung, und ein ähnliches Ab- und Zunehmen finde Statt in der Excentricität (der Entfernung des Mittelpunktes einer Bahn vom Hauptkörper). — Alhazen zeigte, die obere Luft müsse dünner sein, als die untere, sonst würde keine Strahlenbrechung darin stattfinden; zugleich versuchte er ihre Höhe zu berechnen, und den Tag der kürzesten Dämmerung zu bestimmen. Zur Bestimmung der Refraction schlug er vor, die oberen und unteren Meridiandurchgänge der nicht untergehenden Sterne zu beobachten — noch jetzt die beste Methode. Malek Schah berief Astronomen, um die Länge des tropischen Jahres zu bestimmen; sie fanden 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec., und müssen folglich sehr gute alte Beobachtungen verglichen haben. Um einen richtigen Kalender zu erhalten, schlug Omar-Gejam einen 33jährigen Cyklus mit 8 Schalttagen vor, so daß statt des 32. Jahres erst das 33. ein solches sein sollte: ein Vorschlag, der der Wahrheit noch näher kommt, als selbst die Gregorianische Einrichtung. — Das freundliche Bild ward jedoch auf mancherlei Weise getrübt. Statt, wie die Alten thaten, die Astrologie mehr und mehr auszuscheiden, sehen wir zuletzt die arabische Astronomie fast ganz in jener Asterwissenschaft untergehn. Auf 1186 war der Untergang der Welt verkündigt worden (ähnlich wie im christlichen Europa auf 1524, 1777, 1809 und 1836), und schon früher hatte Albumasar der christlichen Religion eine Dauer von 1460 und der muhamedanischen eine von 544 Jahren vorhergesagt. Alpetragius gab den Planeten ein eigenes Licht, und zwar nicht gestützt auf Beobachtungen,

ondern aus allerlei sonderbaren Grillen; etwa wie umgekehrt Vitruv das Stillstehen der Planeten in der Nähe der Oppositionen dadurch erklärte, daß sie zu weit von der Sonne entfernt seien und ihren Weg nicht mehr sehen könnten. Zwar erzählt er diese Meinung nur, und macht auch eine Einwendung dagegen, nemlich die Planeten seien göttliche Wesen, die das Licht immer bemerkten, und die Sonne scheine überall hin. — Noch ist zu erwähnen, daß wir den Arabern die erste wirkliche Gradmessung verdanken. Sie ward in den Ebenen von Sennaar ausgeführt und ergab 56 arabische Meilen für den Grad; die arabische Meile hatte 4000 Ellen à 24 Zoll à 6 Gerstenkörner, und so sind wir mit dieser arabischen Meile und folglich der ganzen Gradmessung im Grunde nicht besser daran, als mit den angebliehen alten, und ohne ein festes genaues Normalmaß, für dessen immerwährende Aufbewahrung und Integrität die möglichste Sorgfalt getragen wird, würden die Nachkommen von unsern Gradmessungen gleichfalls keinen Nutzen ziehen können. Snellius glaubt für den rheinländischen Fuß im Mittel 89 Gerstenkörner gefunden zu haben, woraus für den Grad in Nubien 58,363 Toisen (also etwa 1500 so viel) folgen würde.

Das von Bagdad ausgehende Licht hatte einzelne Strahlen nach Spanien und Persien, so wie zu den Tartaren und Mongolen ausgesandt, die auch noch glänzten, als die Hauptquelle schon verlegt war; freilich nur dürftig und auf kurze Zeit. In Spanien arbeitete Alphons, König von Kastilien, von mehreren Gelehrten unterstützt, an der Verbesserung der Sonnentafeln. Wie schon Averroes vor ihm, so hatte auch er Zweifel am Ptolemäischen System und meinte, ein allweiser Schöpfer würde die Welt gewiß einfacher eingerichtet haben. Dieser Ausdruck, von unwisenden, fanatischen Mönchen zur Gotteklästerung gestempelt,

ward sein Verderben. Nicht das Diadem, das er mit Ehren getragen, nicht der Name des Weisen, den Zeitgenossen und Nachwelt ihm gegeben, vermochte ihn zu schützen. Sein eigener Dheim sprach vor den versammelten Ständen seine Verurtheilung und Absetzung aus; verlassen und arm endete er sein Leben in Sevilla. — In Persien arbeitete man an astronomischen Tafeln und kannte und benutzte die alten. Ihre Sternbilder sind in einigen Benennungen von den griechischen verschieden, oder wenigstens durch Umschreibung gegeben. So heißt Boetes die große Eva, Ophiuchus die kleine Eva, Orion der Gewaltige, Hercules der knieende Mann, Cassiopeja der Mann auf dem Stuhle, Andromeda das gefesselte Weib, Perseus der Mann, der den Weiberkopf hält. Man sieht, sie hatten einen alten Globus mit Bildern, aber ohne Namen, oder doch mit solchen, die ihnen nicht recht verständlich waren. Dschingischän wünschte sich vergebens einen Astronomen; erst seinem Enkel Hulagu gelang es, den berühmten Nasireddin zu gewinnen, dem er eine Sternwarte zu Marasch baute. Vorher hatte er eifrig Nachrichten von allen bekannten Sternwarten gesammelt, um die seinige darnach einzurichten. Hauptzweck derselben war, Verbesserung der Ptolemäischen Tafeln durch Beobachtungen. Nasireddin hatte 30 Jahre gefordert; Hulagu's Ungebuld bewilligte ihm nur 12 dazu, und dies trägt wohl die Schuld, daß diese unter dem Namen ilekanische bekannten Tafeln den Ptolemäischen an Genauigkeit im Ganzen nachstehen, und sie überdies größtentheils nur copiren.

Auch noch der Enkel Timur's, der Usbeks Mugh-Beigh, in Samarkand herrschend, beförderte, während seiner mehr als 40jährigen Regierung, die astronomische Wissenschaft. Die Direction der prachtvollen Sternwarte, die er mit großen Kosten zu Stande brachte, führte er selbst, und

die berufenen Astronomen waren nur seine Mitarbeiter. Doch sind die Erzählungen von der ungeheuren Größe seiner Instrumente (z. B. eines Quadranten, dessen Radius gleich der Höhe der Sophienkirche in Konstantinopel) wohl übertrieben, wenigstens hätten solche Kolosse die Wissenschaften nicht gefördert. Es ist übrigens bekannt, daß man in jenen Zeiten durch immer weiter gehende Vergrößerung der Kreise und Quadranten allen Fehlern abhelfen zu können glaubte, ähnlich, wie man später Alles darein setzte, Fernröhre von ungeheurer Länge zu machen, und z. B. in Frankreich unter Cassini bis über 200 Fuß ging. Mispahi, ein Araber, reducirte für ihn das Fixsternverzeichnis des Hipparch mit Hülfe der damals schon ziemlich gut bekannten Präcession. Mugh-Beigh prüfte diese Verter an seinen Instrumenten, fand sie nicht genau genug und unternahm es sie zu berichtigen. Die große Arbeit kam wirklich zu Stande und wird seinen Namen sicherer verewigen, als es seine Eroberungen vermöchten *). Der treffliche Fürst fiel von der Hand seines eigenen Sohnes, der sich gegen ihn empört hatte.

Wir haben hauptsächlich nur derselben Bemühungen der Vorzeit, die auf die gegenwärtig in Europa blühende Wissenschaft einen Einfluß ausgeübt haben, gedenken wollen. Deshalb übergehen wir die Siamesen und Libetaner, so wie nicht minder die Peruaner, Araucanen und die Anwohner des Maranhou, bei denen sich größere oder geringere Bruchstücke astronomischer Kenntnisse aufweisen lassen. Nur die Chinesen, deren wir schon oben beiläufig erwähnten, dürfen nicht ganz bei Seite gesetzt werden.

*) Vor Kurzem hat die Londoner astronomische Gesellschaft die Tafeln Mugh-Beigh's in einer neuen Ausgabe, mit kritischen Bemerkungen versehen, in ihrer Sammlung älterer astronomischer Tafeln erscheinen lassen.

Es hat mit den Beobachtungen der Chinesen, wie überhaupt mit ihren Wissenschaften, eine eigenthümliche Bewandniß. Dieses Volk besitzt allerdings eine, und gerade für den Astronomen überaus wichtige Eigenschaft — nemlich die eifernste Beharrlichkeit. Wer weiß es nicht, daß sie schon in grauer Vorzeit Werke ausgeführt haben, gegen welche unsere Tunnels und Eisenbahnen wahre Kinderspiele sind. Aber unglücklicher Weise verbindet sich mit dieser höchst löblichen Tugend eine so blinde Verehrung des Alten, wie man vielleicht bei keinem andern Volke findet, und zugleich ein so lächerlich übertriebener Nationalstolz, daß der Chinese die Welt nur in China sieht. Dieses genau kennen zu lernen, ist das Hauptziel seiner Wissenschaft, und wenn er hier Alles bis auf das geringste Theilchen gemessen, gezählt und bestimmt hat, so ist er fertig, denn wie viel oder wie wenig Barbarenländer es außerhalb der Grenzen des himmlischen Reiches gebe, ist ihm durchaus gleichgültig. So hat denn auch dort das Firmament nur Bezug auf China. Die großen Sonnenfinsternisse z. B. bezeichnen den Untergang chinesischer Dynastien oder etwas dem Ähnliches, sie sind deshalb eine wichtige Staatsangelegenheit. Man hat Beispiele, daß falsch berechnete oder nicht voraus verkündigte Finsternisse an den kaiserlichen Astronomen mit dem Tode bestraft worden sind. Dr. Gaubil theilt uns folgenden merkwürdigen Vorfall mit:

„Im Jahre 31 nach Chr. trat eine große Sonnenfinsterniß ein, die nicht vorher angekündigt war. Der Kaiser verbrachte fünf Tage in einsamen Gebeten und Betrachtungen über sich selbst, und erließ hierauf folgendes Edict: „Der Anblick der Sonne und des Mondes erinnert uns, an uns selbst zu denken. Wir müssen uns bessern, um dadurch dem Uebel zuvorzukommen, mit dem uns der Himmel droht. Ich kann kaum reden, ich zittere beim Anblick meiner Fehler.

Ich befehle, daß die Großen meines Reiches mir aufrichtig ihren Rath in versiegelten Schreiben geben, und ich will nicht, daß man mir den Titel Ching beilege““. Eins dieser Gutachten wird uns mitgetheilt: „Nach den Regeln der Astronomie müssen die Sonnenfinsternisse nur am ersten Tage des Monats erscheinen, *) indeß sind seit einigen Jahren mehrere am letzten Tage erschienen. Dies kommt daher, weil der Mond seine Bewegung beschleunigt hat, und dadurch die Zeit der Finsterniß zu früh kommt. Die Sonne ist das Bild des Fürsten; der Mond das Bild der Unterthanen, deren Fehler gewöhnlich aus den Fehlern der Fürsten entspringen **).“

Im Chinesischen Reichskalender (den in jedem Jahre der Kaiser selbst vorher genau prüft) ist auf der ersten Seite jeder andre Kalender bei Todesstrafe verboten; seine Nichtannahme würde schon für Empörung gelten. Bei Sonnenfinsternissen wird die Erscheinung mit der davon entworfenen Zeichnung sowohl vom Kaiser als von den Mandarinen sorgfältig verglichen. Die Menge in den Städten erhebt ein fürchterliches Geräusch mit Trommeln und lärmenden Instrumenten, peitscht noch obendrein die Hunde, um sie tüchtig bellen und heulen zu machen, und dies Alles, um den großen Drachen zu verschrecken, der die Sonne verschlingen wil. (Dies ist allerdings nur Böbelmeinung, und der höher gestellte Chinese kennt den wahren Grund der Finsternisse recht gut).

*) Die Chinesen hatten Mondmonate, die mit dem Neumond anfangen.

***) Sollte der Mann wohl gar etwas von der Theorie der Mondstörungen gewußt und unter diesem Wilde versteckt haben?

Bekanntlich hatte China's Omar, der Kaiser Schi-hoang-ti, vor etwa zweitausend Jahren die Chinesischen Bücher verbrannt, und darunter auch die astronomischen. Indesß stellte man sie bald nachher, theils aus Erinnerungen alter Leute, theils aus anderweitig geretteten Bruchstücken wieder her, denn des Brevels, an ihrer Stelle etwas Neues zu schaffen, hätte kein Chinese sich schuldig gemacht. Mag nun diese Herstellung doch keine recht genaue gewesen sein, oder mag es andre Ursachen gehabt haben, genug, der Himmel und die Tabellen stimmten je länger desto schlechter, und man mußte zuletzt sich zu dem Härtesten entschließen und eine allgemeine Reform der Astronomie decretiren. Yhang war es, der den gefährlichen Auftrag erhielt; und in der That, der Mann hat für einen Chinesen alles Mögliche gethan. Er verfertigte neue Sonnentafeln, edirte ein Sternverzeichnis nebst Sternkarten, schickte zwei Gesellschaften von Mathematikern, eine nach Norden, die andre nach Süden, um das Reich zu messen und zu beschreiben; auch besaß er eine Methode, die Längen auf der Erde zu bestimmen. Mitten in seinen gelehrten Arbeiten traf ihn das Unglück, daß nach einander zwei von ihm voraus verkündigte Finsternisse nicht eintrafen. In der äußersten Verlegenheit schob er den Fehler auf eine Zerrüttung des Himmels, veranlaßt durch eine Bedeckung des Sirius durch die Venus. Sirius hat 38° südl. Breite und Venus kann nie über 10° erreichen. Indesß mundus vult decipi, ergo —

Das Wichtigste, was wir eigentlich den Bemühungen dieses Volks verdanken, sind seine Kometenbeobachtungen. Die alten Griechen, Römer, Byzantiner u. s. w. erzählen uns zwar Manches von Kometen, aber leider Nichts, was wir brauchen könnten, und in Alexandrien ist keine Rede von ihnen. Weder Hipparch noch Ptolemäus haben sich um sie bekümmert, weil sie sie wahrscheinlich gar nicht für

rechte Himmelskörper hielten. Wir würden bis in's funfzehnte Jahrhundert hinab so viel als Nichts von diesen Körpern wissen, wenn nicht die Chinesen in's Mittel träten und durch ihre allerdings rohen, aber dennoch zweckmäßigen Beobachtungen des Orts der Kometen die Lücke einigermaßen ausfüllten. Aberglaube aller Art in Beziehung auf die Kometen herrschte zwar auch in China, doch scheint er dort die Menschen nicht so gänzlich blind für das Wesentliche gemacht zu haben als leider in Europa. Es fehlt auch dort nicht an Uebertreibungen der Länge des Schweifs, des fächerlichen Ansehns und dgl., doch so grob als die Abendländer haben sie nicht gelogen, wie man aus der Vergleichung der dies- und jenseitigen Berichte über denselben Kometen sieht. Ihre Ortsbestimmungen sind, wie schon erwähnt, nicht sehr genau, geben bloße Längen in der Ekliptik an, ohne die Breiten, die dem Berechner doch eben so wichtig sind; auch sind sie nicht frei von Widersprüchen und unverständlichen Stellen: gleichwohl haben Burchardt und andere Astronomen aus den chinesischen Daten, vom Jahre 240 unserer Zeitrechnung an, einige näherungsweise berechnete Bahnen ableiten können, und diese wenigen sind über ein Jahrtausend hindurch die einzigen, welche wir haben. Wie lächerlich und sonderbar uns daher Manches an diesem Volke auch scheinen mag, nie wird der Europäer es in Abrede stellen können, daß er ihnen in den Wissenschaften wie in andern Beziehungen so Manches verdanke, was auf keine andre Weise zu erlangen war.

III.

Vom 14. Jahrhundert bis auf Kopernikus.

Wie wir gesehen haben, waren die Leistungen der Araber nicht ohne alle Wirkung auf das Abendland geblieben. Gegenseitiger Fanatismus verhinderte zwar einen allgemeinen und dauernden Einfluß, doch war das Uebergewicht auf jener Seite so groß, daß diesseits die Anerkennung nicht ausbleiben konnte. Cordova's Hochschule ward selbst in der Zeit des bittersten Religionshasses von Schülern aus katholischen Staaten besucht, und wo es wichtige Fragen zu entscheiden galt, sahen wir den christlichen Gelehrten mit den Bekennern des Mosaismus und des Islam zur gemeinsamen Arbeit und Berathung vereint. Aber wir müssen mit Beschränkung gestehn, daß der Antheil des Ostern ein sehr geringer war. Die unglaubliche Unwissenheit des frühern Mittelalters hatte einer mittelmäßigen historischen Kenntniß der Alten Platz gemacht, und die Zahl der Commentatoren, Compilatoren und Epitomatoren, die mit dem Ende des zehnten Jahrhunderts beginnt, ist nicht so sehr gering. Weidler und Riccioli führen mehr als funfzig auf, die bis zur Mitte des funfzehnten Jahrhunderts hin über Astronomie schrieben, und deren Werke zum Theil später gedruckt wurden; aber nicht Einer von ihnen hat die Wissenschaft theoretisch oder praktisch bereichert, wenn wir nicht etwa Johann v. Linceri's Werke ausnehmen wollen, der die Verter von 48 Sternen durch eigene Beobachtungen im Jahre 1364 bestimmt haben soll, oder P. d'Alili, der gegen Ende des

14. Jahrhunderts auf den Fehler des Julianischen Kalenders aufmerksam machte, freilich ohne Gehör zu finden. Ein Zeitalter, in welchem Bischof Albert den Beinamen Magnus erhalten und für den größten Gelehrten seiner Zeit gelten konnte, bloß dadurch, daß er mehr vom Almagest wußte, als seine Zeitgenossen — denn geleistet hat er nicht das Geringste — kann keinen Anspruch auf wissenschaftliche Bedeutung machen.

Roger Baco, den gelehrten und scharfsinnigen Britten, würde man indess nicht ganz mit Recht mit den erwähnten Scribenten verwechseln. Er scheint wirklich selbstständig geforscht zu haben, und jedenfalls war er einer jener philosophischen Geister, die selbst in den ungünstigsten Jahrhunderten ihre Blicke auf das Wesen der Dinge zu richten nicht unterlassen können. Aber was er im Fache der Optik — worüber er sich am meisten verbreitete — wirklich geleistet haben möge, läßt sich nicht wohl entscheiden: gewiß aber ist es wohl, daß er das Fernrohr weder kannte noch erfand, sondern höchstens einige, zwar keineswegs irrthümliche, aber nicht ausreichende theoretische Ideen über dasselbe hatte; und daß nur die Theorie der Hohlspiegel einige wirkliche Bereicherungen durch ihn erhalten hat. Denn er behauptet geradezu unmögliche Dinge, die Niemand, der mit Fernröhren und Mikroskopen wirklich arbeitet, jemals behaupten wird *). Ob er das Schießpulver erfunden habe, bleibt hier außer der Frage: gewiß aber ist es Baco's Unglück, nicht ein Jahrtausend früher, oder ein halbes Jahrtausend später geboren worden zu sein: so würde er wahrhaft Großes geleistet haben und neben einem Hipparch und Newton

*) Er will z. B. bewirken, daß ein Kind als ein Riese, ein Mensch so groß als ein Berg, ein kleiner Trupp als ein großes Heer erscheine u. s. w.

Wie viel oder wie wenig er den Meinungen der Alten — einem Nicetas, Aristarch, oder den alten Pythagoräern — verdankt, ist hier nicht der Ort, ausführlicher zu untersuchen. Daß er in den Alten nützliche Winke gefunden, äußert Kopernikus selbst; sein System verdankte er sicherlich nur sich. Wenn es so leicht gewesen wäre, das richtige System in jenen Aeußerungen der Alten zu finden, als manche Philologen nach Kopernikus geglaubt haben, wie hätte es denn eine so lange Zeit selbst denen verborgen bleiben können, die auf's Eifrigste darnach suchten? Ständen sie ja doch jenen Alten näher, als Kopernikus, und als wir ihnen stehen! Aber es hat weder bei Amerika's Aufindung, noch bei der Buchdruckerkunst, noch bei irgend einer andern Epoche machenden Entdeckung an Leuten gefehlt, die uneingedenk des alten

„Hic liber est, in quo sua quaerit dogmata quisque, invenit et pariter dogmata quisque sua.“

sogleich mit den alten Citaten zur Hand waren, die sie nun mit einem Male zu deuten mußten, gleich als ob die classischen Alten das ausschließliche Privilegium des Schaffens gehabt hätten und wir uns darauf beschränken müßten, sie zu studiren. Kopernikus, wie alle großen Männer der alten und neuen Zeit, studirte die Natur, diese ewige Lehrmeisterin denkender Geister. Was aus dem Studium der Bücher, wenn es als das Einzige und Höchste betrachtet wird, hervorgehen kann, hat ein langes Jahrtausend uns zur Genüge gezeigt.

Drei und zwanzig Jahre beobachtete und forschte er, um ein der Natur entsprechendes und einfaches System aufzustellen, denn alle bisherigen waren weder das Eine noch das Andere. Zuerst hob er das Unbegreiflichste von Allem, die 24stündige Umwälzung des ganzen Universums um die Erde, durch eine Rotation der Erde um sich selbst auf, die gleichförmig in

der Ebene des Aequators vor sich ging. Hierauf setzte er die Sonne in den Mittelpunkt als ruhenden Körper, und ließ um sie die verschiedenen Planeten, folglich auch die Erde selbst, sich in excentrischen Kreisen drehen. Einer dieser Kreise, die Erdbahn, trat nun an die Stelle der bisherigen Sonnenbahn. Ihre Ebene, die Ekliptik, legte er zu Grunde und bezog die Neigungen der übrigen Planetenkreise nur einfach auf diese Grundebene. Nur der Mond lief noch, wie im Ptolemäischen System, um die Erde. Da er übrigens den excentrischen Kreis beibehielt, so sah er sich, um eine Uebereinstimmung mit dem Himmel zu erhalten, gleichwohl genöthigt, noch Epicykeln anzubringen oder auch die Mittelpunkte der Kreise sich um andre ideale Punkte bewegen zu lassen. Die Wegschaffung dieser kleinen Unvollkommenheiten gelang erst Kepler durch Einführung der Ellipse.

Lange kämpfte er mit sich selbst und mit seinen Freunden, ob er dies System veröffentlichen solle. Die inständigen und unablässigen Witten der Leptern siegten zuletzt. Er schickte die Handschrift nach Deutschland und im Jahre 1543 erschien Copernici Astronomia instaurata sive de revolutionibus orbium coelestium libri sex, Norimbergae; nebst einer Dedicationschrift an den Papst Paul III. Er geht Schritt vor Schritt, er bleibt keinen Beweis schuldig, läßt keinen Einwurf unbeachtet und unbeantwortet. Er tritt der Meinung aller Zeitgenossen, Gelehrter wie Ungelehrter, gegenüber, er greift eine Autorität an, die Jahrtausende geherrscht hatte, er widerspricht dem Augenscheine, auf den sich Jeder berufen zu können glaubt, er verwundet endlich den Stolz des Erdbewohners an seiner empfindlichsten Seite. Und als ob es damit noch nicht genug sei, auch die sich über Alles erhabenen dünkenden Theologen macht er sich noch ganz besonders zu Feinden, denn er wagt es, ihrer Schriftauslegung eine ganz andre zu substituiren! „Das that der Geist der Ordnung,

der in ihm wohnte; der, selbst vom Himmel stammend, sein eignes Wesen in seine Werke hinausstrug, und Ordnung um so leichter erkannte, als er selbst durch innere Stärke freier geblieben war.“ (Lichtenberg). — Als das erste gedruckte Exemplar des unsterblichen Werkes in Frauenburg anlangte, lag sein Urheber auf dem Sterbebette, und es war der letzte Strahl seines Bewußtseins, daß er das Buch in die Hand nahm und seine Freude ausdrückte. Wenige Stunden, und sein Geist hatte diese Erde verlassen *).

Der heftige Streit, der über die neue Lehre entbrannte, hat jetzt, ähnlich wie der über die Rundung der Erde, die Antipoden und dgl. nur noch historische Wichtigkeit: die Zeiten, wo ein Riccioli 77 Gründe wider und 49 Gründe für Kopernikus in Reih und Glied gegen einander aufmarschieren ließ (Almagestes Novus T. II. lib. IX.) sind vorübergegangen; die Bauern in Sirlau sind gleichfalls beruhigte und Mercker (Sur l'impossibilité des Systemes de Copernic et de Newton, Paris 1806) dürfte der Letzte gewesen sein, der im Ernst etwas dagegen hatte. Indessen dürften zwei Einwürfe hier deshalb eine Stelle verdienen, weil sie sich bei näherer Untersuchung nicht bloß gehoben, sondern in directe Beweise für das Kopernikanische System verwandelt haben, und weil sie uns Veranlassung geben, zwei in der Astronomie höchst wichtige Gegenstände zu erläutern.

Der erste schon von Ptolemäus (Almag. I. I. c. 7) geltend gemachte Einwurf gegen die tägliche Rotation ist folgender: Wenn man einen Stein gerade in die Höhe wirft, so könnte er, falls inzwischen die Erde rotirte, nicht an dem Punkte niederfallen, wo man ihn aufwarf, sondern weit nach Westen entfernt (wenn es unter dem Aequator

*) Am 11. Juli 1543.

geschähe, für jede Secunde 1500 Fuß). So dürfte z. B. die Turkeltaube ihr Nest nicht verlassen und sich in die Luft erheben, aus Furcht, ihre Jungen nicht wieder zu sehen. — Allein die Bewegung der Erde um ihre Ase theilt sich allen Körpern, die zu gehören, mit, sie mögen durch Cohäsion damit verbunden sein, lose darauf liegen oder auch in den Lufträumen schweben, und andere ihnen mitgetheilte Bewegungen ändern diese eben so wenig, als sie z. B. die ursprüngliche bei einem Körper ändern, den man von der Mastspitze eines segelnden Schiffes herabfallen läßt, und der weder ins Wasser noch auf einem entfernten Punkte des Verdecks, sondern am Mast niederfällt, weil die Bewegung des Schiffes, die ihm bereits mitgetheilt war, während des Falles dieselbe bleibt (Man kann auf jedem fahrenden Wagen den Versuch machen). Nun aber hat Benzenberg directe Versuche im Michaelisthurm zu Hamburg und in den Kohlenbergwerken von Schlebusch angestellt, und diese haben das Resultat ergeben, daß ein fallender Körper nicht westlich (wie Ptolemäus, Tycho und Riccioli meinten), sondern umgekehrt um eine Kleinigkeit östlich von der senkrechten Linie niederfalle. Die Sache ist folgende:

Die Spitze des Thurms (um bei ersterem Beispiel zu bleiben) ist weiter vom Mittelpunkte der Erde entfernt, als sein Fuß, beschreibt folglich bei der Rotation einen größeren Kreis in 24 Stunden und bewegt sich also rascher. Diese raschere Bewegung theilt natürlich der auf der Spitze Stehende, so wie der Stein, den er hält, und dieser Ueberschuß bleibt auch während des Fallens. Der Fuß des Thurms also bewegte sich für ihn nicht schnell genug, der Stein ist ihm östlich vorausgeeil, *) und es muß erfolgen, was die

*) Allerdings nur um einige Linien, die sich nur bei häufiger

Benzenbergischen Beobachtungen ergaben und was man nicht würde erklären können, wenn keine Rotation wäre.

Der zweite, der auch dem Kopernikus selbst als der wichtigste erschien, betrifft die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne. Erinnern wir uns, daß schon Aristarch die Bahn der Erde einen Punkt im Vergleich zum Abstände der Fixsterne genannt hatte, um auszudrücken, daß diese Bewegung keine merkliche Ortsveränderung der Sterne nach sich ziehe. Nun läßt sich aber theoretisch zeigen, daß die Erde sich nicht wirklich bewegen könne, ohne daß die Fixsterne (und alle Himmelskörper) dadurch eine scheinbare Bewegung in entgegengesetzter Richtung erhielten. Diese scheinbare Ortsveränderung (jährliche Parallaxe) wird um desto kleiner sein, je weiter der betreffende Körper von uns entfernt ist, und es kann Entfernungen geben, die so groß sind, daß wir sie gar nicht mehr wahrnehmen können, ähnlich wie es an einem entfernten Thurme oder Berge nicht mehr wahrgenommen werden kann, wenn man sich wenige Schritte bewegt hat, sondern nur an den näher stehenden Bäumen oder andern Gegenständen. Kopernikus mußte also annehmen, daß selbst die nächsten Fixsterne doch noch über tausendmal weiter entfernt sein müßten, als die Sonne.

Alein die Instrumente und Beobachtungsmethoden wurden verfeinert, das Fernrohr erfunden, alle Kunstgriffe der Berechnung in Anwendung gebracht und noch immer wollte sich keine Fixsterneparallaxe zeigen, so daß man die Sterne nun um schon mehr als hunderttausendmal entfernter als die Sonne annehmen mußte, und zwar, wie nicht gelegnet

Wiederholung und sorgfältig angestellten Versuchen mit Sicherheit erkennen lassen, da die Höhen, von der wir Körper senkrecht herabfallen lassen können, gegen den Erdbahnmesser ein sehr geringes Verhältniß haben.

werden konnte, einzig dem Kopernikanischen Systeme zu Liebe, während doch der Wunsch nahe lag, entweder diese Parallaxen wirklich zu finden oder auf andrem Wege einen entschiedenen Beweis für diese ungeheuren Distanzen zu erhalten. Einer der aufmerksamsten und genauesten Beobachter war Bradley. Die Parallaxe zu finden, gelang zwar auch ihm nicht, wohl aber fand er eine andere, allen Sternen gemeinsame, jährliche Ortsveränderung, welche er aus der zusammengesetzten Bewegung der Erde und des Lichts erklärte. Man denke sich eine Kanonenkugel, welche durch beide Seiten eines Schiffes durchgeschossen wird, so wird die Linie, welche beide Böcher verbindet, die Richtung des Schusses genau angeben, wenn das Schiff inzwischen still stand. War dies aber nicht der Fall, so wird jene Linie sich zusammensetzen aus den beiden Bewegungen des Schiffes und der Kugel, und folglich die letztere allein nicht mehr mit Sicherheit daraus gefunden werden können, es sei denn, daß man das Geschwindigkeits-Verhältniß beider Bewegungen kenne und in Rechnung ziehe: oder, wenn man die wahre Richtung bereits kennt, so wird man aus dieser Abweichung jenes Geschwindigkeits-Verhältniß berechnen können.

Man setze nun statt der Kanonenkugel das Licht, und statt der Schiffswände Objectiv und Ocular des Fernrohrs, mit dem der Astronom beobachtet, und welches die jährliche Bewegung der Erde mitmacht, so hat man die von Bradley entdeckte Aberration. Sie war gerade so groß, als sie sein mußte, wenn man die — schon anderweitig bekannte — Geschwindigkeit des Lichts mit der, welche nach Kopernikus' System für die Erde folgte, zusammenstellte, und folglich ein directer Beweis für letzteres. Es mag übrigens noch erwähnt werden, daß in den neuesten Zeiten ein Anfang damit gemacht ist, die Fixsterneparallaxen wirklich aufzufinden.

Freilich ist sie bis jetzt nur von 4 Sternen gewiß (*a* der Leyer, 61 des Schwans, Canopus und Polarstern), wäre sie es aber auch nur von einem einzigen, so wäre dies völlig hinreichend für die Frage, die wir hier behandeln.

Wie weit entfernt Kopernikus von jeder Nechthaberei war, welche Hochachtung er für seine Vorgänger hatte, dies bezeugen am besten die Planetentafeln, die unter dem Namen die Prutenischen (Preussischen) bekannt sind. Er findet eine andere (und richtigere) Länge des Jahrs als Ptolemäus und Albategnius, er findet die Schiefe der Ekliptik, den Ort und die Bewegung der Sonnenferne u. s. w. anders als jene; allein er wagt es nicht, seine Bestimmungen als die bessern den alten zu substituiren, sondern er stellt jene neben diese und läßt die Entscheidung, ob nicht etwa die Elemente selbst sich verändert hätten, oder welches im entgegengesetzten Falle die richtigeren seien, späteren Zeiten offen; er hütet sich überhaupt vor allen übereilten und vor-
schnellen Schlüssen und geht nie weiter, als er mit voller Sicherheit gehen kann, zufrieden, den zukünftigen Forschern den rechten Weg gezeigt und einen Grund gelegt zu haben, der fort und fort weiter führen könne.

Wie unendlich erhaben steht der eben so bescheidene als wahrhaft große Mann über jenen raschen Systemschmieden, die nie die Zeit erwarten können, sondern jede isolirte und halbverstandene Wahrheit, jede unreife Idee sofort zu einer neuen Theorie verarbeiten und die Welt damit erleuchten! — Möchte das Denkmal, wodurch jetzt seine Vaterstadt ihn und sich selbst ehren will, am Beginne des vierten Jahrhunderts nach seinem Tode fest gegründet werden!

Bis hierher haben wir so viel als möglich keinen Astronomen übergangen, der etwas Erhebliches und Dauern-
des geleistet hat. Da aber diese Briefe sich nicht zu einer vollständigen Geschichte ausdehnen können und sollen, so

werden wir von jetzt ab nur Einzelne herausheben und eben so auch nur die wichtigsten der astronomischen Erfindungen, wodurch die drei letzten Jahrhunderte sich auszeichnen, be-
rühren.

IV.

Von Kopernikus bis auf die neueste Zeit.

Die Kalenderverbesserung, diese schon so lange gewünschte und vorgeschlagene Veränderung des Sossigenischen Cyklus, ward endlich unter Gregor XIII. ausgeführt. Der wahre Urheber des sinnreichen Systems ist Moys Luilius, ein Arzt aus Verona, wiewohl er vor der wirklichen Aus-
führung starb. Sein Bruder Clavius Ignatius Dan-
tes und andere Gelehrte machten das vom Papste berufene Collegium aus. Um den Fehler der Epoche zu verbessern und die Frühlingssnachtgleiche wieder auf den Punkt zu bringen, auf welchen das nicäische Concil sie fixirt hatte, mußten 10 Tage aus dem Kalender fortbleiben^{*)}. Um aber die allmähliche Wiedererzeugung des Fehlers zu verhindern,

^{*)} Nach einem Beschlusse dieses Concils waren nemlich 3 Tage (der Fehler seit Julius Cäsar) bereits weggelassen worden, so daß man jetzt nur die Correction für die seitdem verfloffenen 12 Jahrhunderte nachzuholen hatte. In den protestantischen Ländern, wo die Einführung nach 1700 erfolgte, mußten aus gleichem Grunde 11 Tage wegbleiben, und wenn es im 19. Jahrhundert, wie man hoffen darf, in Rußland dazu kommt, werden zwölf Tage wegbleiben müssen.

mußte die Ordnung der Schaltjahre verändert werden. Es ward festgesetzt, daß zwar jedes 4. Jahr der christlichen Zeitrechnung ein Schaltjahr bliebe, jedes hundertste Jahr aber, wenn nicht die Zahl der vollen Hunderte gleichfalls durch 4 theilbar sei, für ein Gemeinjahr zählen solle. Hiernach war 1600 ein Schaltjahr, 1700, 1800, 1900 sind Gemeinjahre, 2000 ist ein Schaltjahr u. s. w. Diese Veränderung war leicht und einfach; schwieriger aber war es, den Mondcyklus in diese Ordnung mit aufzunehmen, und doch war dies der Festrechnung wegen nothwendig, da das nicäische Concil verordnet hatte, Ostern stets an demjenigen Sonntage zu feiern, der auf den ersten Vollmond des Frühjahrs folgt. Die dafür getroffene Einrichtung ist eine sehr glücklich gewählte; sie schließt sich dem wirklichen Laufe des Mondes so genau an, daß die Abweichung nur selten einen Tag übersteigt und (was die Hauptsache ist) die Fehler sich nie hoch ansammeln können. Unter Zustimmung aller katholischen Fürsten führte Gregor diesen Kalender durch ein Breve ein, und es wurden nach dem 4. October 1582 zehn Tage aus dem Kalender weggelassen, so daß auf den 4. der 15. folgte. Die protestantischen Staaten nahmen ihn anfangs gar nicht, späterhin nach und nach mit einigen Modificationen an; die deutschen Fürsten im J. 1701 mit der Clausel, daß der Ostervollmond nicht cyklich, sondern jedesmal streng astronomisch berechnet werden sollte; England und Schweden 1752 u. s. w. Rußland und Griechenland haben ihn noch gar nicht (doch haben Polen und Finnland den Gregorianischen Kalender) oder doch nur neben dem Julianischen angenommen, so daß z. B. in allen wissenschaftlichen Beziehungen der Gregorianische, im gewöhnlichen Verkehre der Julianische gilt, und in ausländischen Correspondenzen und dergl. gewöhnlich beide Daten — die jetzt 12 Tage auseinander liegen — eines unter das andre gesetzt werden. Der Unterschied ist schon jetzt nicht unbedeutend in Bezug

auf die Jahreszeiten; Weihnachten, das im Gregorianischen Kalender da liegt, wo etwa der Anfang der strengen Kälte sich zeigt, fällt im Julianischen ziemlich in die Mitte derselben; und die Beibehaltung des letztern vorausgesetzt, wird dies Fest nach einigen Jahrtausenden in den Frühling rücken, und nach etwa 11,000 Jahren mit dem längsten Tage zusammenfallen.

Auch der neue Kalender ist nicht völlig fehlerfrei (eine Weglassung des Schaltjahrs nach je 128 Jahren würde so genau als möglich zutreffen), indeß wird der Fehler erst in 3300 Jahren einen Tag betragen.

Tycho Brahe, dieser Julianus Apostata des wahren Sonnensystems, geb. 1546 zu Knudstorp, ist als derjenige Astronom zu bezeichnen, der der Beobachtungskunst eine neue Gestalt und den astronomischen Wahrnehmungen einen Grad von Genauigkeit gab, wie man ihn nie gekannt hatte. Eine 1560 der Vorausberechnung gemäß eingetretene große Sonnenfinsterniß erregte in ihm das Verlangen, diejenige Wissenschaft kennen zu lernen, welche so Außerordentliches leistete. Aus der Jugendgeschichte mehrerer namhaften Astronomen — wir nennen hier nur Tobias Mayer und Bode — ist uns Aehnliches bekannt. Aber es sollte dem hochstrebenden Knaben nicht leicht werden, an sein Ziel zu gelangen. Seine Verwandten hatten ihn für Jurisprudenz bestimmt; heimlich und in beständiger Furcht, von seinem Hofmeister entdeckt zu werden, studirte er die Sternbilder mit Hilfe eines nur handgroßen schlechten Globus, verglich den Lauf der Planeten mit den Alphonstnischen und Kepernikanischen Tafeln und dachte auf Mittel, ihre Fehler zu verbessern. Er war endlich dahin gelangt, statt des Zirkels, dessen Scheitelpunkt er auf's Auge legte und die Spitzen auf die Sterne richtete, sich einen sogenannten Radius astronomicus anzuschaffen; die Theilung war fehlerhaft, allein ohne Mittel, zu einem besseren zu ge-

langen, untersuchte er die Theilungsfehler einzeln und brachte sie in Rechnung. In sein Vaterland zurückgekehrt (Schonen gehörte damals zu Dänemark) sah er sich von seinen Verwandten verlacht und verachtet, nur ein Oheim, Sten Bille, erkannte sein Talent, und da er selbst die Wissenschaften, insbesondere die Chemie, liebte, so ward er Tycho's Beschützer und Beförderer und gab ihm auf seinem Gute einen ruhigen Zufluchtsort. —

Am 11. Nov. 1572 bemerkte er plötzlich, nach seiner Sternwarte gehend, einen überaus glänzenden, neuen Stern im Wilde der Cassiopeja. Obwohl Erscheinungen der Art zu den seltensten gehören, so hat es doch auch in den früheren Zeiten nicht ganz an ihnen gefehlt; wohl aber fehlte ein Tycho, der sie beobachtete und ihren Ort bestimmte. So wissen wir nicht, ob die neuen Sterne von 945 und 1264 (nach Leovitiuss) mit diesem identisch waren, wohl aber wird man künftige Erscheinungen der Art mit der von 1572 sicher vergleichen können. Er veränderte seinen Ort gar nicht, obgleich er 1½ Jahr im vollen, selbst die Venus überstrahlenden Glanze und hernach noch mehrere Monate, wiewohl in abnehmendem Lichte, sichtbar war; auch konnte Tycho keine Parallaxe entdecken. Die Fluth von Schriften die über ihn erschienen, und alle nur irgend denkbare Meinungen von ihm darlegten, sind vergessen; Tycho's Beobachtungen wird die Nachwelt benutzen. Um ruhiger beobachten zu können, wollte er sich nach seines Oheims Tode in Basel niederlassen. Der König von Dänemark, Friedrich II., aber erbot sich, ihm auf der Insel Hveen eine Sternwarte und alles Nöthige einzurichten. Keine Kosten wurden gespart, um die trefflichsten, — meist von Tycho selbst erfundenen, oder nach seiner Angabe verbesserten — Instrumente anzuschaffen; das palastähnliche Gebäude erhielt den Namen Uranienburg. Er erhielt Mitarbeiter zum Beobachten und Rechnen. Er be-

diente sich der Uhren und sann auf Mittel, sie zu verbessern; gebrauchte sie aber nur für Zwischenzeiten und nahm seine wahre Zeit vom Himmel. Die Strahlenbrechungen konnten bei seinen genaueren Beobachtungen nicht vernachlässigt werden; er berechnet sie gleichfalls. Zur Verichtigung seiner Instrumente beobachtete er die Circumpolarsterne. Er ist der Erste seit Hipparch, der eine Verichtigung sämmtlicher Elemente unternahm und durchführte; er hat 777 Sterne mit Sorgfalt und einer mindestens sechsmal so großen Genauigkeit als Hipparch beobachtet. Ihm verdanken wir eine vollkommene Mondtheorie, die sorgfältige Beobachtung einer großen Zahl von Kometen, die nun nicht mehr bloße Lichterscheinungen waren, da er bewies, daß sie weit jenseit des Mondes liegen.

Tycho war ein durchaus gerader und offener, seinen Werth fühlender, dabei etwas streitsüchtiger Mann, zum Höfling und Schmeichler gänzlich verborben. Vom Hofe gehaßt, vom Könige allein geehrt und beschützt, sah er sich bald nach dessen Tode nicht nur aller Unterstützung beraubt, sondern der Minister Walkendorp untersagte ihm sogar die Beobachtungen und chemischen Arbeiten: Uranienburg könne der großen Kosten wegen nicht ferner erhalten werden. Nachdem die Reglerung so unzweideutig erklärt hatte, sie sei eines solchen Mannes länger nicht würdig, blieb ihm nur übrig zu fliehen. Rudolf II. nahm ihn in Prag mit offenen Armen auf und gründete ihm auf dem Gradschin eine neue Warte, wo er mit Longomontan und Kepler zusammen arbeitete. Doch nur kurze Zeit, denn schon 2 Jahre nachher starb er am 24. Oct. 1601 mit dem Ausruf: „Ich habe nicht umsonst gelebt!“

Wir hätten nun noch über das Tychonische Weltssystem zu sprechen, denn bekanntlich hat er ein solches aufgestellt und ist mit dem Kopernikanischen nicht zufrieden. Zwar

läßt er die Planeten, mit Ausnahme der Erde, um die Sonne in excentrischen Kreisen laufen, aber diese, begleitet von sämtlichen Planeten, um die Erde, und zwar in Schraubengängen, um ihre verschiedene Höhe im Sommer und Winter zu erklären. Es ist schwer zu entscheiden, ob es ihm damit Ernst war. Wenigstens kommt er später nicht wieder darauf zurück und zeigt auch nicht, wie es mit dem Himmel übereinstimme, und wie man hiernach die Berechnungen anzulegen habe. Auch macht er weniger astronomische als physische Gründe gegen Kopernikus geltend. Des vom Falle der Körper hergenommenen ist schon im Vorigen gedacht worden. Ferner meint er, die Erde sei eine zu grobe und schwere Masse, um wie ein Stern in den Lüften (!) herumgeführt werden zu können; man sehe nicht ein, wozu die ungeheuern leeren Räume dienen, die zwischen Saturn und den Fixsternen sein müßten. Er begriff ferner nicht, wie man die Fixsterne in so gewaltiger Ferne doch noch sehen könne und endlich machen ihn die Kometen, deren Bewegung mit dem Kopernikanischen System nicht zu stimmen schien, daran irre. —

Tycho war auch ein berühmter Arzt, und zwar, wie Nibers gezelgt hat, Homöopath, wenigstens in so fern, als er dem Grundsatz *Similia similibus* seine Berechtigung zugestand. Mit decillionfachen Verdünnungen und ähnlichen Dingen aber hatte sein heller Geist nichts zu schaffen. —

Johannes Kepler, geboren am 27. Dec. 1571 zu Magstatt in Württemberg. Mästlin war sein Lehrer in Mathematik und Astronomie, wiewohl er sich anfangs der (lutherischen) Theologie gewidmet hatte. Aber seine milderen und toleranten Gesinnungen paßten schlecht zu dem zelotischen Eifer, den die damaligen Chorführer nicht nur selbst zur Schau trugen, sondern auch von jedem Andern verlangten; und so ergab er sich der Astronomie erst dann völlig, nachdem er sich seine theologische Carriere verdorben hatte. Doch sollte auch

die Himmelforschung ihm auf keinen grünen Zweig verhelfen.

„So hoch ist noch kein Sterblicher gestiegen,
Als Kepler flog — und starb in Hungersnoth.
Er wußte nur die Geister zu vergnügen,
Drum ließen ihn die Körper ohne Brot.
(Kästner.)

Zeigt nun gleich das Verzeichniß der nach seinem Absterben aufgenommenen Effecten und Baarschaften (Breitschwert's Leben Keplers S. 225), daß es mit dem Hungertode nicht ganz buchstäblich zu nehmen sei, so ist doch gewiß, daß ihm die Welt mit schwerem Unbath gelohnt, und er nicht nur mit Geldverlegenheit, sondern auch mit Widerwärtigkeiten aller Art sein ganzes Leben kämpfen mußte. Konnte er doch seine unglückliche, der Hexerei angeklagte alte Mutter nur mit äußerster Mühe von der Folter retten!

Seine drei Gesetze sind identisch mit dem Gesetze der Schwere, und Newton (der übrigens bereitwillig Kepler seinen Lehrer genannt hat) faßte sie nur unter Ein höheres Gesetz zusammen und zeigte seine Allgemeinheit; denn Kepler hatte die sehnigen nur auf das Planetensystem bezogen. Aus Tycho's und seinen eignen Beobachtungen des Planeten Mars leitete er das erste, die elliptische Form der Bahnen, ab. Unzählige Versuche mit andern künstlichen Curven waren dem glücklichen Funde vorhergegangen. Nicht anders war es mit dem zweiten Gesetze, dem constanten Verhältnisse zwischen dem Quadrate der Umlaufzeiten und dem Cubus der Entfernungen. Erst nachdem er lange Jahre hindurch die verschiedensten Combinationen versucht hatte, kam er auf diese so einfache. Das dritte, die gleichen Flächenräume, die der veränderliche Halbmesser (Radius Vector) der Planetenbahnen in gleichen Zeiten zurücklegt, hat Veranlassung zu dem berühmten Keplerschen Probleme (Aufindung des wah-

ren Orts aus der gegebenen Zeit) gegeben, daß er selbst für unlöslich hielt und das auch in der That noch keine eigentlich directe Lösung gefunden hat. Während er — unter Stürmen und Entbehrungen jeglicher Art — beschäftigt war, diese drei ewigen Grundpfeiler der Astronomie zu erreichen, mußte er erleben, daß sein eigener Colleague (der Astronom Longomontan) die Anklage gegen ihn richtete, er verschwende die Zeit, die er auf Verbesserung der Planetentafeln wenden solle, mit unnützen Speculationen, und Tycho's Erben verweigerten unter ähnlichen Vorwänden ihm die Beobachtungen ihres Vaters mitzutheilen. Ein Astronom also verlangt von ihm, er solle die Pferde hinter den Wagen spannen und Tafeln ausarbeiten, bevor ihre Grundlage festgestellt ist! Die erwähnten (Rudolphinischen) Tafeln erklärt Laplace für ein bleibendes Denkmal deutschen Fleißes und Scharfsinnes und als die ersten auf eine richtige Theorie basirten. Sie haben, auch nachdem die Beobachtungskunst weit größere Fortschritte gemacht hatte, noch immer zur Vergleichung gedient.

Kepler starb 1630 zu Regensburg, wohin er gereist war, um endlich die Auszahlung seines schon seit längeren Jahren rückständigen Gehaltes zu erlangen, und sein schmuckloses Grab, mit der von ihm selbst verfaßten Inschrift:

„Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras,

Mens coelestis erat, corporis umbra jacet.“

verfiel schon zwei Jahre darauf bei der Erstürmung Regensburgs gänzlich. Nur mit größter Mühe ward die Stelle wiedergefunden, als Carl v. Dalberg ihm 1808 ein schönes Monument errichtete. Sein Brustbild steht auf einem Altare eines 30 Fuß hohen dorischen Tempels, auf dessen Kuppel der Zodiacus prangt. Ein Vasrelief zeigt Keplers Genius, wie er den Schleier vom Haupte der Urania hinwegzieht. —

Kepler erlebte noch die Anwendung des neu erfundenen Fernglases, konnte jedoch für seine hauptsächlichsten Arbeiten davon wenig Gebrauch machen, da erst Hooke es an die Quadranten und andern Meßwerkzeuge anbrachte. Wie sehr ihn indeß die Erfindung beschäftigte, zeigen seine zahlreichen Arbeiten über Optik, die zu den wichtigsten jener Zeit gehören. Die 1609 in Holland gemachte Erfindung verbreitete sich rasch im ganzen gebildeten Europa, und die wichtigsten Entdeckungen am Himmel folgten nun natürlich rasch aufeinander. Kein Jahrgehend verfloß und man konnte die 4 Jupiterstrabanten, die runde Gestalt der Planeten, die Flecken der Sonne, die Ringgebirge des Mondes, die Sichelgestalt des Mercur und der Venus, die teleskopischen Sterne der Plejaden u. s. w. deutlich erblicken: lauter Dinge, von denen in keinem alten Schriftsteller die geringste Andeutung vorkommt, wogegen man Alles, was ein scharfes, unbewaffnetes Auge am Himmel wahrnehmen kann, sorgfältig beachtet hatte. Einen Beweis liefern die fünf neblichten Sterne des Hipparchischen Verzeichnisses, deren einige wohl die äußerste Grenze der noch ohne Fernrohr zu entdeckenden Gegenstände bezeichnen; wogegen z. B. die Jupiterstrabanten nicht allein im allerschwächsten Fernrohre sichtbar sind, sondern von einigen, besonders scharfsichtigen Personen, die freilich um ihre Existenz schon im Allgemeinen wußten, ohne Fernrohr an ihrem richtigen Orte erkannt wurden. Die Erfindung des Zacharias Jansen (oder Joh. Pappey?) zu Middelburg ist also eine im vollsten Sinne des Wortes neue und zum ersten Male auf dieser Erde gemachte.

Einer der Ersten, die das Fernrohr vervollkommneten, war Galiläi (geb. 1564 zu Pisa), der größte Naturforscher seiner Zeit. Seine erste große (freilich erst später für die Astronomie wichtig gewordene) Entdeckung war das Gesetz der Pendelschwingungen und des freien Falles der

Körper. Die Schwingungsdauer verhält sich direct wie die Quadratwurzel aus der Länge des Pendels, und die halbe Länge eines Secundenpendels verhält sich zur Länge des Raumes, durch den ein Körper in der ersten Secunde fällt, wie das Quadrat des Durchmessers zum Quadrat der Peripherie. Er zeigte ferner, daß die Schwere der Körper keinen Einfluß auf die Gesetze des Falles, sondern nur auf den Widerstand der Luft habe. Schon dies regte Neid und Verfolgung gegen ihn auf. Als er nun aber gar 1611 in seinem Werke über die Sonnenflecken sich für das Kopernikanische System erklärte, brach der Sturm los.

Mönche predigten auf öffentlicher Kanzel gegen den Ketzer, und einer derselben glaubte wahrscheinlich recht wichtig zu sein, indem er die Stelle: *Viri Galiläi, quid statis adspicientes in coelum* (Act. Apost. I, 11.) zum Text seiner Diatribe nahm. Zwar bewirkte die Gunst des Großherzogs Cosmus II. und die persönliche Freundschaft des Papstes, daß man gegen das Versprechen, das Kopernikanische System weder mündlich noch schriftlich wieder zu behaupten, für diesmal die Anklage fallen ließ. Wirklich schwieg er darüber bis 1630, wo er einen *Dialog* verfaßte, in welchem er drei Personen einführt, eine für das Ptolemäische, die andre für das Kopernikanische System sprechend, und die dritte Beider Gründe abwägend, doch so, daß keine Art von Entscheidung herauskommt. Man muß die Vorsicht bewundern, mit der er verfährt, und wirklich erlangt er, in Rom und Florenz sich persönlich darum bewerbend, an beiden Orten das *Imprimatur*. Nachdem er sich ganz gesichert glaubte, ließ er es 1632 erscheinen. Er hatte sich geirrt: die Jesuiten ließen nicht ab, bis sie einen Verhaftsbefehl „wegen Ungehorsams gegen die päpstlichen Befehle“ (der Ungehorsam eines Petrus und Johannes, Apostelg. 4, 19.) erwirkt und ihn in den Inquisitionskerker geworfen hatten. Halb erblindet

und unheilbar erkrankt, ging der sechzigjährige Greis daraus hervor, mußte seine Irrthümer, vor Allem das gottverfluchte keckerische Kopernikanische System, knieend abschwören, während (wie Lichtenberg sagt) die Erde mit ihm und seinen Nichtern in ihrer Bahn dahin rollte, und ward endlich mit Verbannung nach Arcetri „begnadigt“.

Galiläi war unermüdlicher Beobachter, und viele seiner Entdeckungen sind nur in vertrauten Briefen an Freunde erhalten worden, worüber man sich nach dem so eben Angeführten nicht zu wundern hat. Er schlug zuerst die Trabanten Jupiters zu Längenbestimmungen vor. Er hat drei Kometen beobachtet und über sie geschrieben; er hat noch 1637 mit dem letzten Reste seines Augenlichtes entdeckt, daß der Mond uns nicht ganz genau stets dieselbe Seite zuwendet (die Libration des Mondes) und die Gesetze dieser Schwankung untersucht. Schon völlig blind, ruhte sein rastloser Geist nicht; er untersuchte bald diesen bald jenen Gegenstand und konnte vor seinen Problemen nicht schlafen. Er starb 1642, 99 Jahre nach Kopernikus.

Wie Mercker in seinem oben angeführten Werke nach solchen Vorgängen behaupten konnte, das Kopernikanische System habe ohne Kampf gesetzt, ist schwer zu begreifen. Aber es thut allerdings wohl, von jener Zeit an die immer zunehmende Ohnmacht der Feinde des Lichtes wahrzunehmen, und so möge denn dies das letzte Wort sein, was hier über sie gesagt wird. — Fortan fließt das Leben der Naturforscher allgemach ruhiger und gleichmäßiger dahin; es glebt kein wissenschaftliches Märtyrthum mehr zu erwerben, und selbst die französische Revolution macht nur scheinbar eine Ausnahme; denn nicht der Chemiker Lavoisier, sondern der Finanzwächter Lavoisier ward zur Guillotine verurtheilt; das Unglück wollte nur, daß Beiden zusammen derselbe Kopf gehörte. Die Lebensgeschichte der Astronomen

bietet keine dramatisch ergreifenden Scenen mehr dar: sie besteht wesentlich aus ihren Arbeiten und Entdeckungen; und ihre Kämpfe, wenn sich deren ereignen, führen sie unter sich selbst und auf wissenschaftlichem Gebiete durch.

Die ersten Versuche, die Mondsoberfläche darzustellen, fallen schon in das Zeitalter Galiläi's; er selbst, Scheiner, Rheita, Hirschgarter, Langrenus versuchten sich darin ohne rechten Erfolg. Hevel in Danzig ist der Erste, der 1643 ein Mondbild zu Stande brachte und ein weilkäufiges Werk darüber schrieb. Riccioli, der Verfasser eines neuen Almagest, gab wenige Jahre später eine von Grimaldi gezeichnete Mondkarte heraus, die aber der Hevel'schen nachstand. Beide forschten auch über die Libration, doch ohne das Gesetz derselben zu entdecken.

In die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts fällt die Entdeckung der Geschwindigkeit des Lichts (durch die Verfinsternung der Jupiterstrabanten, die sich desto mehr verzögerte, je weiter Jupiter von der Erde stand) von Claus Römer, die Wahrnehmung und Erklärung des Unterschiedes der Wendellängen (durch Richer, der dieselbe Pendeluhr in Paris und Cayenne beobachtete, an welchem letzteren Orte sie täglich $2\frac{1}{8}$ Minuten zu langsam ging); die wichtigen Arbeiten des ältern Cassini (Hofastronom Ludwig XIV.), der mit seinen ungeheuer langen Ferngläsern (bis über 200 Fuß) hauptsächlich die Planetenoberflächen untersuchte, ihre Flecke, ihre Rotationszeit, ihre Trabanten, ihre Abplattung u. s. w. bestimmte, auch die genaue Form des Librationsgesetzes entdeckte und überhaupt der thätigste Astronom seiner Zeit war. Ferner die Entdeckung der wahren Gestalt des Saturnringes und des ersten (jetzt sechsten.) Saturntrabanten durch Huygens (der noch größere Verdienste um Mechanik, Optik und andere Wissenschaften hat und der wahre Erfinder der Pendeluhr ist); die Er-

forschung der wahren Gestalt der Kometenbahnen (fast gleichzeitig durch Dörfel und den Herzog von Rothumberland); endlich die größte aller physischen Entdeckungen, das Newton'sche Gravitationsgesetz. —

Isaak Newton, geboren im Sterbjahre Galiläi's, soll bereits 1666, als er Cambridge der Pest wegen auf einige Zeit verlassen hatte und auf dem Lande lebte, durch einen fallenden Apfel auf die erste Idee seines Gesetzes gekommen sein. Die Legende mag auf sich beruhen; wahrscheinlich ist es, daß die Ideen seiner Landsleute Hook und Barrow ihn einigermaßen auf die Spur brachten: überdies waren ja Keplers Gesetze vorhanden, und Newton selbst hat Kepler seinen Lehrer genannt. — Jeder Körper übt auf jeden andern Körper eine anziehende Kraft aus, deren Quantität (v) sich verhält direct wie die Masse des anziehenden Körpers (m) und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes vom angezogenen (d) also $v = \frac{m}{d^2}$.

Die gesammte theoretische Astronomie hat keinen Satz, der nicht in diesen drei Buchstaben enthalten wäre; allein gerade diese beispiellos dastehende Einfachheit und Allgemeinheit stellt die Erfindung so hoch. Newton machte von diesem Gesetze, mit Hülfe der gleichfalls von ihm (und gleichzeitig von Leibnitz) erfundenen Differenzialrechnung sofort Anwendung auf die Planeten-, Kometen- und Mondenbahnen, zeigte, daß jeder Weltkörper sich in einem der drei Kegelschnitte: Ellipse, Parabel oder Hyperbel bewegen müsse (der Kreis ist nur ein besonderer Fall der Ellipse), und daß der Hauptkörper stets im Brennpunkte dieses Systems stehe; entwickelte die Störungen, welche die Körper gegenseitig auf einander ausüben und die hieraus folgende Veränderlichkeit der Elemente; bestimmte die Massen der Körper u. s. w., kurz er machte eigentlich alle Entdeckungen

der theoretischen Astronomie auf Einmal, und seinen Nachfolgern blieb nur übrig, das in allen wesentlichen Theilen festgegründete Gebäude im Einzelnen weiter auszuführen. Ein wirklich neues System, welches das Newton'sche besetzte, kann es nicht geben, und die Astronomie ist, was ihre theoretische Grundlage betrifft, wirklich an's Ziel gelangt. Seine Pendelversuche, seine Theorie des Lichts, seine Verbesserung der Teleskope sind gleichfalls Arbeiten, die von größter Wichtigkeit für die Himmelskunde sind. Er war nicht selbst Beobachter, aber Zeitgenosse des ersten großen britischen Astronomen, Flamsteed. Leider hat die Geschichte eine traurige Entzweiung beider so hoch verdienter Männer zu berichten; die von Letzterem, nach Newtons Meinung, zu lange verzögerte Herausgabe des British Catalogue, eines neuen, auf eigne Beobachtungen gegründeten Sternverzeichnis, gab Anlaß dazu.

Die Observatorien Greenwich und Paris wurden um diese Zeit gegründet, und ihre großartige Ausrüstung und regelmäßige Thätigkeit ließ Alles, was sonst in Europa für praktische Astronomie geschah, weit hinter sich zurück. Erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts fing man allmählig auch an andern Orten an, zweckmäßige Sternwarten einzurichten. Dagegen beginnt mit Flamsteed in England und mit den Cassini's in Frankreich eine ununterbrochene Reihe thätiger Astronomen, unter denen mehrere die Beobachtungskunst bedeutend förderten, vor Allen der Britte Bradley, der größte praktische Astronom des 18. Jahrhunderts. Er entdeckte die Nutation, d. h. die von der Anziehung des Monds (und der Sonne) herrührende kleine Schwankung der Erdatz, und die Aberration, deren wir bereits oben gedacht haben: zwei wichtige Entdeckungen, die er eben so sehr der Genauigkeit seiner Beobachtungen als seinem Scharfsinne verdankte, welcher ihn die richtige Erklä-

rung der wahrgenommenen Abweichung finden ließ. In Frankreich ist Messier der ausgezeichnetste Astronom dieser Zeit; seiner unermüdeten Thätigkeit und Geschicklichkeit verdanken wir die Auffindung von nicht weniger als 19 Kometen. —

Die Erfindung der achromatischen Ferngläser durch Dollond (der theoretische Erfinder ist Euler) eröffnete eine neue Epoche für beobachtende Astronomie, und die so höchst unbequemen langen Fernröhre konnten nun ganz bei Seite gelegt werden, denn ein Dollond'sches Achromat von 10 Fuß Länge übertraf an optischer Kraft die alten von einigen 100 Fuß Brennweite. Von fast noch größerer Wichtigkeit waren die Vervollkommnungen der Spiegelteleskope durch Herschel. Aber nicht bloß der optische, auch der mechanische Theil der Instrumente ward vervollkommenet und zugleich vereinfacht: man kam zu der Ueberzeugung, daß es nur weniger Arten von Instrumenten bedürfte, und sie nach ihrem Gebrauche und ihrer Einrichtung in zwei Klassen zerfielen: in solche, die nur in einem bestimmten Vertical (wenigstens dem Meridian) beweglich, und solche, die es nach allen Richtungen hin sind. Mit ersteren bearbeitete man die großen Sternverzeichnisse und darauf gegründeten Sternkarten, die nun nicht mehr auf die mit bloßen Augen sichtbaren sich beschränkten, sondern auch viel geringere Größen mitnahmen, so daß jetzt die Zahl der beobachteten und nach gerader Aufsteigung und Abweichung bestimmten Sterne schon auf 150,000 steigt. Am thätigsten in diesem Zweige waren Maskelyne in Greenwich, die beiden Lalande in Paris und Piazzini in Palermo. Die so berühmt gewordenen Arbeiten Herschels gehören nicht in diese Klasse. Seine Teleskope dienen nicht zur Beobachtung des Orts, sondern zur Betrachtung der Himmelskörper selbst. Sie können insofern als eine Fortsetzung der Cassini'schen angesehen werden,

nur mit dem Unterschiede, daß sie unvergleichbar genauer sind, und Vieles betreffen, was Cassini noch nicht ahnte. So entdeckte Herschel zu den 5 Cassinischen Monden Saturns noch zwei, sah die Theilung des Ringes, bestimmte seine und des Planeten Umdrehungszeit, entdeckte den Uranus und mehrere seiner Monde u. s. w. Doch noch wichtiger sind seine den Fixsternhimmel betreffenden Arbeiten. Er fand gegen 700 Doppelsterne, maß sie nach ihrem gegenseitigen Abstands- und Richtungswinkel und bestimmte ihre Farben. Er fand 2500 Nebelstöße (man hatte bis dahin nur etwa 20 gekannt, und diese Zahl war einige Jahre vor Herschel durch Messiers Beobachtungen auf 102 gestiegen), löste die Milchstraße und mehrere Nebelstöße in Sterne auf, untersuchte die Zahl und Vertheilung der sichtbaren Fixsterne — kurz er ist der Erste, der in die bis dahin unerforschten Tiefen des Fixsternhimmels eindrang. Er verfertigte seine Teleskope selbst: das größte war ein 40füßiges Rohr von 60,000 Pfund Schwere und einem Metallspiegel von 3000 Pfund; es blieb 10 Jahre lang brauchbar. — Gegen Ende des Jahrhunderts hatte fast jedes europäische Land schon wohlversiehene Sternwarten, größtentheils von den Regierungen errichtet und unterhalten. Auch außer Europa waren theils temporäre — z. B. die zu der Beobachtung der Venusdurchgänge 1761 und 1769 an möglichst entlegenen Orten der Erde errichteten — theils feste Sternwarten gegründet worden. Doch auch Privatpersonen wetteiferten mit den öffentlichen Instituten, wie der fleißige Mondbeobachter Schröter in Lilienthal und Olbers in Bremen, der in diesem und dem Anfange des folgenden Jahrhunderts die wichtigsten Entdeckungen machte. —

Für theoretische Astronomie waren vorzüglich Franzosen und Deutsche thätig. Clairaut hatte zuerst die ungeheure Arbeit unternommen, die Wiederkehr eines Kometen voraus

zu berechnen, durch Halleys glückliche Conjecturen darauf aufmerksam gemacht. Die früher noch nie gewagte Vorhersagung traf (bis auf einen Monat) glücklich ein. Euler, Lagrange und Laplace verfeinerten die Analysis und machten sie zur Lösung der schwierigsten und verwickeltesten Probleme geschickt.

Die erste Nacht des 19. Jahrhunderts ist durch die Entdeckung eines neuen Planeten bezeichnet: Piazzi in Palermo fand am 1. Jan. 1801 die Ceres, und diesem wichtigen Funde folgten ziemlich rasch drei andere, die Juno von Harding, und die Pallas und Vesta von Olbers entdeckt, die letztere am 29. März 1807. Auch die Wiederfindung der Ceres, die bis dahin nur der erste Entdecker ordentlich beobachtet hatte und die $\frac{3}{4}$ Jahr lang nicht aufzufinden war, verdanken wir Olbers. Aber den größten Aufschwung nahm die Astronomie, wie die Naturwissenschaften überhaupt, seit dem Ende der Napoleonischen Kriege; denn von allen Selten ward ihr nun Beförderung und Unterstützung. Die Instrumente, ihre Theilung und Aufstellung, erlangten eine nie gekannte, ja früher nicht für möglich gehaltene Genauigkeit; die Beobachtungskunst ward bis in die feinsten Einzelheiten bearbeitet und hat eine hohe Vollendung erreicht. Die optische Kraft der Fernröhre und die Bequemlichkeit und Sicherheit ihres Gebrauchs gewann ungemein durch Fraunhofers theoretische und praktische Arbeiten, und die Künstler anderer Länder wetteiferten mit ihm nicht ohne Glück. Die Zahl der Sternwarten, mehr noch die Zweckmäßigkeit ihrer Anlage, Einrichtung und Ausrüstung ist bedeutend größer als noch vor einem Menschenalter. Alle gestifteten Staaten haben es sich zur Aufgabe gesetzt, diesen so wichtigen Zweig der Naturforschung durch großartige und reichlich dotirte Institute zu befördern. Welche Früchte sie getragen haben, welche die nächste Zukunft sich von ihnen

versprechen darf — dies eignet sich weniger zu einer fortlaufenden historischen Darstellung. Die nachstehenden Briefe werden daher einen andern Weg der Betrachtung einschlagen.

V.

Die kosmischen Bewegungen im Allgemeinen.

Alles im Universum ist in fortwährender Bewegung, und da auch unser eigener Standpunkt davon keine Ausnahme macht, so vereinigen sich stets in Beziehung auf den letzteren zwei Bewegungen, eine scheinbare (von der Veränderung unsres Standpunktes herrührende) und eine wirkliche oder eigne des beobachteten Körpers. Die früheren Systeme, welche keine Veränderung des Beobachtungsortes annahmen, konnten zu dieser Unterscheidung nicht gelangen und waren eben deshalb unfähig, die wahren Bewegungen gesondert darzustellen. Gegenwärtig ist es eine Hauptaufgabe des Berechners, beide zu trennen und dadurch zur wahren zu gelangen; des Beobachters Geschäft kann dies nicht sein. —

Der beobachtete Ort eines Gegenstandes erhält also nur dadurch Werth, daß die Zeit der Wahrnehmung mit Sicherheit bekannt ist, und zwar müssen wir letztere um so genauer kennen, je rascher für unsern Anblick die Bewegung vor sich geht. Genaue Zeitbestimmung ist demnach das allen übrigen zu Grunde liegende Hauptgeschäft des Beobachters.

Wir messen aber die Zeit selbst durch künstliche oder natürliche Bewegungen, und so genau auch immer die ersteren bei unsern besten Werkzeugen sein mögen, so stehen sie doch an Gleichförmigkeit einer gleichsam absolut genauen natürlichen, der Rotationsbewegung unserer Erde, nach. Wir nehmen diese aber nur an der täglichen scheinbaren Bewegung der Gestirne wahr, und so bietet uns der Himmel selbst die Zeitbestimmung und Zeiteinteilung, die wir für unsere Himmelsbeobachtungen gebrauchen. —

Die Umdrehung der Erde um ihre Ase giebt uns den Tag, der Umlauf um die Sonne das Jahr. Doch ist sowohl der gewöhnliche Tag von einer Mitternacht zur andern, als auch das gewöhnliche Jahr von dem so eben aufgestellten Begriffe etwas verschieden, wie wir weiter unten sehen werden. Von der üblichen Einteilung des Jahres in Monate kann der Astronom nur in so fern Gebrauch machen, als sie ihm zur Bezeichnung des Datums wie im gemeinen Leben dient; zum eigentlichen Zeitmaße sind sie, ihrer unvermeidlichen Ungleichheit wegen, nicht geeignet. Die übliche Einteilung des Tages in 24 Stunden à 60 Min. à 60 Sec. ist auch in der Astronomie gültig; die Secunde theilt man weiter in Decimaltheile. Den Tag fängt der Astronom vom Mittag an, um die Nacht ungetrennt zu benennen, und zählt die Stunden von 0 bis 24 durch. Der 8. Juli um 7 Uhr Morgens würde also astronomisch bezeichnet werden als 7. Juli 19 Uhr.

Indem wir die Zeit durch einfache oder zusammengesetzte, gleichförmige oder ungleichförmige Bewegung messen, werden wir auch verschiedene Maße derselben erhalten. Die Zusammensetzung zweier Bewegungen wird ein Zeitmaß verlängern, wenn beide in gleicher Richtung, und verkürzen, wenn beide in entgegengesetz-

ter Richtung vor sich gehen. Man denke sich zwei Personen hinter einander hergehend oder einander entgegen gehend, und es ist klar, daß ersteres das Zusammenkommen verzögert, letzteres beschleunigt, und gehen beide im Kreise, so werden sie im ersteren Falle nach längerer, im zweiten Falle nach kürzerer Zeit wieder zusammen kommen, als wenn einer allein sich bewegte. Hieraus wird das Folgende sich leicht erklären.

Der Sterntag wird durch die einfache Bewegung der Erde um ihre Ase gemessen; alle Sterntage sind einander gleich.

Der Sonnentag entsteht durch Zusammensetzung zweier in gleicher Richtung erfolgenden Bewegungen, der Erde um ihre Ase und der Erde um die Sonne. Er ist also länger als der Sterntag, und zugleich (da die zweite Bewegung ungleichförmig ist und auch nicht ganz in der Richtung der ersteren erfolgt) sind nicht alle Sonnentage völlig gleich; doch ist dieser Unterschied sehr gering und geht für einen einzelnen Tag nicht über $\frac{1}{2}$ Minute. Nimmt man die Sonnentage so ungleich, wie sie in der Natur sind, so hat man wahre Sonnenzeit; gleicht man sie nach einem mittleren Durchschnitte untereinander aus, so hat man mittlere Sonnenzeit. Erstere zeigen die Sonnenuhren, letztere die künstlichen Uhren, die für unsere gewöhnlichen Geschäfte eingerichtet sind: nach Sternzeit läßt man nur astronomische Uhren gehen, da sie nur für den Himmelsbeobachter von Wichtigkeit ist. —

In ähnlicher Art ist das siderische Jahr die einfache Umlaufzeit der Erde um die Sonne; das tropische Jahr zusammengesetzt aus zweien Bewegungen, dieser Umlaufzeit und der in entgegengesetzter Richtung erfolgenden Bewegung des Durchschnittspunktes des Aequators auf der Ekliptik. Es ist folglich kürzer, als das siderische, und da nach ihm

die Jahreszeiten sich richten, so ist es das, was wir im bürgerlichen Leben Jahr nennen; das siderische Jahr kommt gleichfalls nur in den Berechnungen des Astronomen vor.

Die einfache Bewegung des Mondes um die Erde (eine ungleiche) giebt in mittlerer Ausgleichung den periodischen Mondmonat, die Zusammensetzung dieser Bewegung mit der im gleichen Sinne erfolgenden der Erde den synodischen, den Monat in seiner ursprünglichen Bedeutung. Mit der (entgegengesetzten) Bewegung der Mondknoten zusammengesetzt, wird aus dem einfachen Mondsumlaufe der (kürzere) draconitische, mit der (in gleichem Sinne erfolgenden) Bewegung der Erdferne des Mondes erhält man den anomalistischen.

Auch bei den Umläufen der Planeten findet Ähnliches statt. Ihre wirkliche einfache Bewegung um die Sonne giebt den siderischen Umlauf; die Zusammensetzung ihrer Bewegung mit der der Erde giebt den synodischen Umlauf. Da diese beiden Bewegungen in gleichem Sinne erfolgen, so sind die synodischen Umläufe jedenfalls länger als der kürzere der beiden einfachen, die dabei concurriren; und in zwei Fällen (Venus und Mars) sogar länger als der längere von ihnen *).

*) Man erhält die synodische Umlaufzeit, wenn man die beiden periodischen, welche dabei concurriren, mit einander multiplicirt und das Product durch die Differenz beider dividirt, wobei es sich von selbst versteht, daß die Umlaufzeiten auf die gleiche Zeiteinheit bezogen werden müssen. Oder wenn S, P und p den synodischen und die beiden periodischen Umläufe bezeichnen, so hat man die Proportion $-(P - p) : p = P : S$. — Erfolgen dagegen die beiden periodischen Umläufe in entgegengesetzter Richtung, so wird man die Proportion $(P + p) : p = P : S$ haben, und folglich statt mit der Differenz, mit der Summe der beiden periodischen Umläufe dividiren müsse.

Es ist nun klar, daß die Wiederkehr gewisser Erscheinungen und Zustände für die Erdbewohner sich immer nach den zusammengesetzten Perioden richtet: der Durchgang der Sonne durch den Meridian nach dem wahren Sonnentage; die Phasen des Mondes nach dem synodischen Monat; die Phasen, Oppositionen und Conjunctionen der Planeten nach ihrem synodischen Umlauf. — Wir haben hier nur die hauptsächlichsten und am häufigsten gebrauchten der einfachen und zusammengesetzten Perioden betrachtet; bei den schärferen Berechnungen muß noch manche sonst unmerkliche Bewegung in Betracht gezogen werden. Mit der Kenntniß dieser Perioden, und zwar ausschließlich auf dem Wege der Erfahrung, begann die Himmelsforschung, mit ihrer immer schärferen Bestimmung und Berichtigung wird sie sich stets beschäftigen. Wir kennen keine Bewegung, die wir entschieden als eine nicht periodische bezeichnen könnten, wiewohl einige dieser Perioden so ungeheuer lang sind, daß ihre Dauer entweder nur auf theoretischem Wege oder auch gar nicht bestimmbar ist. Die eignen Bewegungen bei den Fixsternen z. B. beziehen sich gewiß größtentheils auf Perioden von Millionen Jahren, und diesem Umstande ist selbst der Name Fixstern zuzuschreiben, den die heutigen Astronomen zwar beibehalten haben, aber nicht gewählt haben würden, da wir eigentlich feststehende Körper gar nicht kennen.

Wenn nun gleich der Himmel selbst, wie wir gesehen haben, die wahre und eigentliche Uhr des Astronomen ausmacht, so würde doch der gänzliche Mangel künstlicher Uhren seinen Arbeiten ungemein hinderlich sein. Tycho und seine Zeitgenossen mußten deshalb zu überaus beschwerlichen Methoden ihre Zuflucht nehmen und Arbeiten vom Umfange der heutigen, — ganz abgesehen von ihrer weit größeren Genauigkeit — wären in jener Zeit unmöglich gewesen. Die künstliche Uhr des Astronomen muß einen möglichst gleichförmigen

ganzen Gang zeigen, und dieser Gang von Zeit zu Zeit, am besten täglich, soweit die Witterung es zuläßt, durch Himmelsbeobachtungen untersucht werden. Unter dieser Voraussetzung hat man bei allen übrigen Beobachtungen nur nöthig, den Stand der Uhr zu notiren. Ein zweites Erforderniß ist die genaue Theilung und richtige Aufstellung der Meßinstrumente; und auch hier ist es wieder hauptsächlich der Himmel selbst, der zu ihrer Prüfung und Berichtigung dient, wiewohl auch andre Mittel ihre Anwendung finden. Wie von dem Gange seiner Uhr, so muß auch von der Stellung seines Instruments und der einzelnen Theile desselben der Astronom sich fortwährend genaue Rechenschaft geben können. Er muß zu diesem Behuf z. B. eine und dieselbe Bestimmung auf mehrfache Weise zu erhalten suchen, insbesondere eine solche Anordnung der Beobachtungen treffen, daß der Fehler des Instruments, wenn ein solcher vorhanden, sich in zwei zusammengehörenden Beobachtungen auf entgegengesetzte Weise äußern und demnach aufheben muß. Namentlich erfordert die genau senkrechte oder wagerechte Stellung gewisser Theile des Instruments eine sorgfältige und fortgesetzte Untersuchung. Früher diente hierzu das an einem Faden aufgehängte Loth; jetzt wendet man meistens die Niveau's an. In einer mit Aether gefüllten Glasröhre befindet sich eine kleine Luftblase, die sich genau über der Mitte stellt, wenn die Röhre wagerecht liegt. Zu ähnlichem Zwecke dient der künstliche Horizont, eine ruhige Fläche von Quecksilber, in welchem sich die Himmelskörper spiegeln, so daß man sowohl diese selbst, als auch ihr Spiegelbild beobachten kann. Endlich müssen diejenigen äußeren Umstände, die weder im Instrument ihren Grund haben, noch sonst in der Gewalt des Beobachters sind, aber auf die Wahrnehmung einen Einfluß ausüben, in Betracht gezogen werden. Der wichtigste ist die Strahlenbrechung, wodurch der Lichtstrahl von seinem

ursprünglichen Wege abgelenkt wird. Um sie unter allen Umständen genau zu kennen, muß der Astronom auch die meteorologischen Instrumente, namentlich Thermometer und Barometer, beobachten; weshalb auf vielen Sternwarten nicht allein diese Instrumente sondern auch die übrigen meteorologischen Phänomene regelmäßig berücksichtigt werden. — Dies mag einigermaßen dazu dienen, sich eine allgemeine Vorstellung über die äußeren Requisite des beobachtenden Astronomen zu bilden; das Nähere darüber wird der folgende Brief enthalten.

VI.

Die Sternwarten und ihre Instrumente.

Wer die Himmelskörper nicht messen und bestimmen, sondern bloß betrachten will, kann dies allerdings, bis zu einem gewissen Punkte wenigstens, auch ohne eigentliche Sternwarte, er bedarf nur eines hinreichend vergrößernden Fernrohrs. Der Hauptzweck fester Sternwarten ist aber ein ganz anderer, und wenn gleich die verschiedenen Meßinstrumente des Astronomen jetzt fast sämmtlich mit Fernröhren verbunden sind, so haben sie gleichwohl noch wesentlichere Theile, die vor Erfindung des Fernglases und auch noch eine geraume Zeit nachher die einzigen waren. Die Armillarsphären der Alexandriner, die großen Quadranten der Araber, das Triquetrum und der Radius astronomicus waren Werkzeuge, durch welche die Declination der Himmelskörper bestimmt wurden, ohne daß man sich dabei irgend eines Glases bediente. Nur

in so fern die Genauigkeit des Messens von der Schärfe des Sehens mit abhängig ist, kann das Fernrohr dazu beitragen; für sich allein und ohne Meßapparat würde auch das größte zu dem erwähnten Zwecke nichts helfen können. Da Alles, was wir am Himmel bestimmen, Winkelgrößen sind, so wird auch der Winkelmeßer dasjenige Werkzeug sein, worauf das Meiste ankommt. Ein in seine Grade, Minuten und so weit dies möglich ist, auch in Secunden getheilter Kreis, in einer unveränderlichen senkrechten Richtung aufgestellt und mit dem Sehwerkzeuge so verbunden, daß die Richtung des letzteren (also auch des Wistonsradius) mit Sicherheit durch ihn gemessen werden kann, ist der Typus aller Instrumente, durch welche wir die Kenntniß der Declination, und durch diese und die zugehörigen Zeiten auch die der Bewegungen erlangt haben. Je einfacher diese Verbindung ist, auf desto größere Sicherheit und Unveränderlichkeit wird man rechnen können: deshalb läßt man das Sehwerkzeug (Fernrohr) nur allein in der Ebene des getheilten Kreises sich bewegen und richtet das Ganze so ein, daß jede andere Bewegung desselben unmöglich wird. Man kann also den Himmelskörper durch ein solches Rohr nur dann beobachten, wenn er sich in dieser Ebene befindet, und die Bestimmung des Moments, wo dies geschieht, ist die eine Hauptaufgabe des Beobachters, womit sich gewöhnlich noch eine zweite verbindet, nemlich den Punkt des Kreises zu bestimmen, welchem die Lage des Gestirns im Augenblicke dieses Durchgangs entspricht. Da zu diesem Zwecke die möglichst genaue Eintheilung des Kreises und richtige unveränderliche Aufstellung des ganzen Apparats wichtiger ist, als die möglichste optische Kraft des Fernrohrs, so ist das letztere nur von mäßiger Dimension, und die angewandten Vergrößerungen übersteigen nicht leicht 200 Mal. Ein Fernrohr von der Dimension der großen Teleskope würde in die hier schickliche

Verbindung nicht so leicht gebracht und in ihr erhalten werden können; und eine weiter gehende Vergrößerung hier nicht allein keine Vortheile gewähren, sondern durch die damit verbundene Abnahme der Schärfe des Bildes der Genauigkeit Eintrag thun. Ein solcher Apparat bedarf nun aber eines möglichst festen Standpunktes und möglichsten Schutz gegen alle störenden äußeren Einflüsse, und hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit fester Sternwarten. Gewöhnlich ist die Ebene, in welcher der Kreis aufgestellt wird, die des Meridians, und ein solcher Meridiankreis mit dem angehörigen Fernrohr und dabei befindlicher genauer Uhr ist daher das erste und nothwendigste Requisit eines Observatoriums. In Ermangelung eines solchen muß man auf Grundbestimmung verzichten und kann nur einzelne, durch mancherlei Bedingungen beschränkte Zwecke verfolgen. Mehrere durch ihre Leistungen berühmte Sternwarten besitzen ausschließlich nur solche Werkzeuge. — Sollen sie mit Bequemlichkeit transportabel sein, so können sie nur sehr mäßige Dimensionen haben, und solcher portativen Instrumente bedient man sich auf astronomischen Reisen und kleineren (temporären) Sternwarten. Zu jeder wirklichen Beobachtung erfordern sie indeß stets eine möglichst feste Aufstellung. Da diese nur auf dem festen Lande erreichbar ist, der Seefahrer aber gleichfalls astronomische Ortsbestimmungen machen muß, um zu wissen, wo er sich befindet, so hat dies Veranlassung zu einer eignen Art von Instrumenten gegeben, den reflectirenden, von denen jetzt fast allein der Spiegel sextant in Gebrauch ist. Sie bedürfen einer festen Aufstellung nicht, sondern werden frei in der Hand gehalten (was nur bei einer sehr mäßigen Größe möglich ist) und man erblickt in ihnen jeden Gegenstand doppelt, direct und als Spiegelbild; beide Bilder kann man beliebig von einander entfernen, und diese Entfernung am Instrument

messen; daher auch das direct gesehene Bild eines Gegenstandes mit dem Spiegelbilde eines andern zusammenfallen lassen, also ihre Distanz bestimmen. Es ist klar, daß man in Ermangelung eines andern Instruments diese reflectirenden auch auf dem festen Lande gebrauchen könne. Insbesondere hat der um Astronomie und Geographie hochverdiente Zach dieses Instrument vor allen andern auf seinen zahlreichen Reisen angewandt und die allgemeine Verbreitung desselben befördert. Gegenwärtig, wo man andere Instrumente von nicht größerem Gewicht, die aber aufgestellt werden können, erhalten hat, ist der Gebrauch des Sextanten wieder auf nautische Aufgaben beschränkt.

Will man dagegen einen einzelnen Gegenstand betrachten und seine Beschaffenheit möglichst kennen lernen, so genügt es nicht, ihn nur im Momente seines Durchganges durch eine bestimmte Ebene zu beobachten. Vielmehr muß das dazu dienende Instrument auf alle Punkte des Himmels beliebig gerichtet werden können, sowohl um den Himmelskörper aufzusuchen, als um ihn beliebig lange Zeit hindurch zu verfolgen. Um Beides mit desto größerer Sicherheit und Bequemlichkeit zu erreichen, wird zwar ein solches Fernrohr gleichfalls mit Kreisen verbunden und seine Bewegungen so eingerichtet werden können, daß sie den Ebenen dieser Kreise entsprechen, allein diese letzteren sind hier doch nur Nebensache, und das Meiste kommt vielmehr auf die möglichste optische Kraft des Fernrohrs an. Eine feste Aufstellung ist wenigstens bei den größeren Instrumenten dieser Art gleichfalls erforderlich, und sie können allerdings auch Ortsbestimmungen geben, nur bei Weitem weniger genau, als die Instrumente der ersteren Art, in so fern man absolute Derter verlangt. Beziehungen eines Ortes auf einen andern (relative Derter), wenn beide einander nahe liegen, kann man dagegen durch solche Werkzeuge, wenn sie mit einer

sogenannten mikrometrischen Vorrichtung versehen sind, viel genauer erhalten als durch Meridiankreise. Die bequemste Aufstellungsart der Fernröhre, welche zur Beobachtung des Himmels in allen Richtungen dienen sollen, ist die sogenannte parallaktische. Um eine feste und der Erdaxe parallele Axe ist eine zweite im rechten Winkel beweglich, und um diese letztere in demselben Winkel das Fernrohr. Die Enden beider Axen sind mit eingetheilten Kreisen versehen, um leicht und sicher dem Fernrohre die beabsichtigte Richtung geben zu können, und die Fortbewegung geschieht nach der Wahl des Beobachters entweder aus freier Hand, oder vermittelst Schraubenschlüssel, oder endlich, besonders bei größern Instrumenten, durch ein der Bewegung der Erde um ihre Axe folgendes Uhrwerk.

Diese Vervielfachung der Bewegungen erfordert eine bei Weitem zusammengesetztere Einrichtung, bei welcher die Festigkeit und Unveränderlichkeit der Meridiankreise nicht erreicht werden kann. — Vollständig eingerichtete Sternwarten enthalten beide Arten von Instrumenten und geben zugleich jedem Hauptinstrumente einen besondern Beobachter, der folglich ganz mit ihm vertraut werden kann, so wie ein eigenes Zimmer, in welchem alle Einrichtungen sich darauf beziehen. Um des festen Standes derselben möglichst versichert zu sein, stellt man sie nicht, wie man wohl früher gethan, auf hohe Thürme, sondern vielmehr zu ebener Erde auf besonders gemauerte, mit dem Gebäude in keiner Verbindung stehende Grundlage, oder wenn man aus andern Gründen ein höher liegendes Stockwerk wählen muß, auf gleichfalls isolirte Pfeiler oder feste Gewölbe. Eine mäßig hohe Lage ist allerdings zweckmäßig, ebenso möglichste Entfernung von andern, besonders überragenden Gebäuden; allein ein thurmhoher Aufbau würde die wesentlichsten Nachteile mit sich führen und ist deshalb bei allen neuern Sternwarten durchaus vermieden worden.

Wiewohl die Zahl der Observatorien in neuester Zeit erheblich zugenommen hat, finden sich dennoch auf der ganzen Erde noch nicht hundert, die den oben aufgestellten Erfordernissen genügen, und unter ihnen hat Deutschland mehr als irgend ein andres Land. Manche Privatsternwarte, deren besonders in Frankreich und England sich finden, so wie manche erst im Bau begriffene oder noch nicht durch ihre Leistungen bekannt gewordene dürfte in nachstehender Uebersicht fehlen. Früher bestehende und jetzt eingegangene oder doch außer Thätigkeit gesetzte sind mit † bezeichnet, so wie die ausgezeichneteren durch *. Bloß temporäre, wie die bei den Venusdurchgängen im vorigen, oder bei den Chronometerexpeditionen im gegenwärtigen Jahrhundert errichteten, sind dagegen übergangen.

Deutschland: Altona *, Berlin *, Bonn, Bremen †, Breslau, Bogenhausen * (bei München), Coburg, Göttingen *, Halle, Hamburg, Jena, Kremsmünster, Mannheim *, Marburg, Rilkenthal †, Prag (wiederhergestellt), Seeberg * (bei Gotha), Speyer, Wien *. — Hierzu in Preußen noch Danzig und Königsberg *.

Frankreich: Paris *, Marseille, Nismes.

Britische Inseln: Greenwich *, Dublin, Oxford, Cambridge *, Edinburg, Armagh, Blackheath, Slough †.

Italien: Florenz, Mailand, Modena, Neapel *, Padua, Palermo *, Parma, Rom *, Turin, Venedig.

Schweiz: Genf.

Spanien: San Fernando (bei Cadix).

Niederlande: Leyden.

Belgien: Brüssel.

Dänemark: Copenhagen.

Norwegen: Christiania.

Schweden: Stockholm, Upsala.

Rußland: Ubo, Charkow, Dorpat *, Helsingfors, Ka-

san, Kiew, Moskwa, Mitau †, Nicolajew, Peterssburg, Pul-
kowa °, Riga †, Wilna. Polen: Warschau. — Krakau.

Ungarn: Ofen.

Griechenland: Athen (noch im Bau begriffen).

Außerhalb Europa: St. Helena, Paramatta °, Cap-
stadt °, Peking †, Fort William (bei Calcutta), Travandrum
(in den Staaten des Rajah von Travancore).

In Amerika treffen wir fast nur vorübergehend thä-
tige Sternwarten, deren wir auch noch aus andern Erdgegen-
den mehrere auführen könnten; die wichtigsten in den Staaten
der nordamerikanischen Union. Im Bau begriffen sind zwei
große Sternwarten in Cincinnati und Washington. Man
steht, wie außerordentlich ungleich die Vertheilung der Stern-
warten noch immer ist. Fünf Sechstheile aller bestehenden
können von einem Kreise umschlossen werden, der nur $\frac{1}{100}$
der Erdoberfläche beträgt.

Zwar liegen die Ursachen dieser Ungleichheit nahe genug
und es gilt Aehnliches von allen wissenschaftlichen Instituten;
indefß muß der Astronom gleichwohl dringend wünschen, daß
dieser schroffe Gegensatz in möglichst naher Zukunft sich ver-
mindere, damit nicht ferner die meisten und darunter wichtig-
sten Himmelserscheinungen verloren gehen. Jede einzelne Him-
melsbegebenheit ist gleichzeitig nur der halben Erdkugel, mit
Bequemlichkeit und Genauigkeit aber nur dem dritten Theile
derselben sichtbar, und wenn man noch für Tagstunden und
trübes Wetter die erforderlichen Abzüge macht, kaum dem
zehnten Theile im Durchschnitt. Die Zukunft wird z. B.
unsere jetzigen Kometenverzeichnisse ungemein dürftig finden,
trotz des Eifers, den einzelne thätige Beobachter an den Tag
gelegt haben, der aber nur spärliche Früchte tragen konnte
bei dem so eng beschränkten Raume, auf dem sie sich befan-
den. Hätte man bei den Venusdurchgängen im Jahre 1761
und 1769 an allen geeigneten Punkten der Erdkugel feste

Sternwarten besessen, so würde das so wichtige Element
der Sonnenentfernung ohne Zweifel mit einer vielfach größeren
Genauigkeit bekannt geworden sein. So aber mußte man
mit ungeheuren Kosten Beobachter und Instrumente an diese
Orte senden, die sich sodann, so gut es eben ging, einrichte-
ten. Unter solchen Umständen mußte man bei der Berechnung
selbst sehr mittelmäßigen Beobachtungen noch ein Stimmrecht
einräumen, während man sie gewiß ausgeschlossen haben würde,
wären sie durch bessere zu ersetzen gewesen. — Mit vielen
der angeführten Sternwarten sind noch andre Einrichtungen
verbunden: magnetische und meteorologische Beobachtungs-
stationen, geodätische Apparate und dergleichen, welches Alles
in näherer oder entfernterer Beziehung zu dem Zwecke des
Astronomen steht. Namentlich werden die geodätischen Ope-
rationen stets von astronomischen Bestimmungen ausgehen müssen
und deshalb am zweckmäßigsten sich auf die Sternwarte selbst
beziehen, deren Länge und Breite immer am genauesten und
unmittelbarsten ermittelt werden kann. — In optischer
Beziehung sind die Fernröhre entweder Refractoren oder
Reflectoren (Teleskope, bestimmter Spiegeltele-
skope). In ersteren wird der Lichtstrahl beim Durchgange
durch das erste Glas (Objectiv) gebrochen und so das
Bild des Gegenstandes in die Nähe des Ocularapparates
gebracht, welcher nichts als ein (einfaches oder zusammen-
gesetztes) Mikroskop ist. Die großen Vortheile, welche ein
achromatisches (farbenfreies) Objectiv vor den chromati-
schen voraus hat, sind Veranlassung gewesen, daß man jetzt
für astronomische Zwecke die letzteren ganz beseitigt hat. Das
achromatische Objectiv besteht aus zwei Linsen, einer von
Kronglas und einer von Flintglas, die einander mit ihren
gekrümmten Flächen zwar nicht berühren, aber bis auf eine
äußerst geringe Distanz (der Dicke eines feinen Staniolblat-
tes) nahe stehen. Eine neuere Einrichtung (das dialytische

Fernrohr) setzt die beiden Linsen in beträchtliche Entfernung, so daß die eine etwa in der Mitte der Länge des Rohrs sich befindet. — Spiegelteleskope, welche den Lichtstrahl in einem Hohlspiegel auffangen und zurückwerfen, haben zwar den Vorzug einer großen Lichtstärke und geringerer sphärischer Abweichung, allein ihre Aufstellung und ihr Gebrauch ist mit manchen Schwierigkeiten verknüpft, weshalb sie für Meridianinstrumente gar nicht angewandt werden, und auch für andre Arten von Beobachtungen weniger in Gebrauch sind als die sehr bequemen Achromate. Neuerdings hat Barfuß vorgeschlagen, Teleskope mit Glasspiegeln zu verfertigen (bisher hatte man Metallspiegel angewandt), wodurch er hofft, die Vortheile der Achromate mit denen der Teleskope zu vereinigen. — Um in einem zur Beschauung des Himmels eingerichteten Fernrohre die Gegenstände messen zu können, hatte man verschiedene Mittel angewandt: künstliche Scheibchen, Linien und Kreise auf Glasplatten, Fädenneze und dergleichen. In neuerer Zeit hat man fast ausschließlich das Fadenmikrometer benützt. Zwei Spinnfäden sind parallel zwischen Messingplatten ausgespannt, die sich eine längs der andern verschieben lassen, während eine getheilte Scala und der ebenfalls getheilte Kopf der Schraube, mit welcher die Verschiebung bewirkt wird, den Betrag derselben anzeigen. Zugleich läßt sich die ganze Vorrichtung um ihre Axe drehen und dadurch den Fäden jede beliebige Richtung geben, welche gleichfalls durch einen in Grade u. s. w. getheilten Positionskreis gemessen werden kann. Der größte Theil der feineren Messungen, die wir über Doppelsterne, Planetendurchmesser u. s. w. besitzen, ist auf diese Weise erhalten worden. — Da aber alle diese Vorrichtungen stets voraussetzen, daß man die feinen Fäden, Striche u. s. w. deutlich sehe, so ist für nächtliche Beobachtungen eine künstliche Erleuchtung nothwendig, die außer andern Unbequemlichkeiten

auch besonders die hat, daß das Licht der Sterne dadurch geschwächt wird, und die, welche schon in ganz dunklem Felde sehr schwach erscheinen, gänzlich unsichtbar werden. Diesem Uebelstande zu begegnen hat man ein andres Princip verfolgt, nemlich (wie bei den Spiegelteleskopen) die Distanzen durch Verdoppelung der Bilder zu messen. Man durchschneide nemlich das Objectiv eines Fernrohrs so, daß zwei getrennte Kreishälften entstehen. So lange beide einander mit der ganzen Schnittfläche berühren, wird keine Veränderung erfolgen; entfernt man sie aber um eine gewisse Größe von einander, so wird auch jede Hälfte ein besonderes Bild desselben Gegenstandes erzeugen, und beide Bilder werden um den gleichen Betrag von einander abstehen. Wird nun eine Vorrichtung so angebracht, daß der Beobachter, während er den Himmelskörper im Auge hat, die beiden Objectivhälften beliebig verschieben und gleichzeitig beide um ihre optische Axe drehen kann, so hat er ein Mittel, die Objecte durch sich selbst zu messen, ohne einer Erleuchtung durch künstliche Mittel zu bedürfen. So eingerichtete Ferngläser nennt man (nicht ganz passend) Heliometer, und ein vorzügliches Instrument dieser Art besitzt die Königsberger Sternwarte, wo es durch Bessels Leistungen zu einer hohen Berühmtheit gelangt ist. Bouvard ist der Erfinder, allein erst Fraunhofer hat ihm diejenige Vollkommenheit und zweckmäßige Einrichtung gegeben, durch welche es für die feinsten und schwierigsten Messungen geschikt geworden ist.

Wir können uns hier nicht auf eine Beschreibung der mancherlei Hülfsmittel einlassen, die auf einer Sternwarte nöthig sind, noch auch die verschiedenen Einrichtungen der Fernrohre zu speciellen Zwecken aufzählen. Nur das sei hier noch erwähnt, daß die vom Objectiv erzeugten Bilder nothwendig verkehrt (richtiger umgedreht) erscheinen, nemlich das obere unten und das westliche östlich, so daß

aus *d* nicht wie in einem Spiegel *b*, sondern *p* wird. Bei nicht astronomischen Ferngläsern hebt man diese Umkehrung durch eine zweite wieder auf, wozu es aber eines Glases mehr bedarf, und sowohl ein Lichtverlust als eine Verengerung des Gesichtsfeldes erzeugt wird: Nachtheile, die für den Astronomen zu empfindlich sind, als daß er sich nicht lieber die für ihn durchaus nicht störende Umdrehung gefallen lassen sollte. Während also (wenn wir auf der nördlichen Halbkugel das Gesicht nach Süden wenden) im freien Auge im gewöhnlichen (terrestrischen) Fernrohre Norden oben, Süden unten, Osten links und Westen rechts erscheint, wird im astronomischen Fernrohre Norden unten, Süden oben, Osten rechts und Westen links erscheinen, während in einem (senkrecht aufgestellten) Spiegel oben und unten unverändert bleiben und nur rechts und links verwechselt werden.

Die Vergrößerung (die der Astronom stets linear rechnet, so daß z. B. eine hundertmalige der Fläche nach eine zehntausendmalige ist) hängt von dem Verhältnis der Brennweiten des Objectivs und Oculars ab. Aus einer Entfernung betrachtet, welche der Brennweite des Objectivs gleich ist, erscheint nemlich das Bild eines Objectes genau unter demselben Gesichtswinkel als das Object selbst; folglich aus einer halb so großen Entfernung in doppelter Größe u. s. w. Hat demnach das Objectiv eine Brennweite von 150 Zoll, das Ocular von 1 Zoll, so ist die Vergrößerung 150mal, während ein Ocular von $\frac{1}{4}$ Zoll Brennweite bei demselben Fernrohre eine 600malige Vergrößerung erzeugt, und das einzöllige Ocular, vor ein Fernrohr von nur 60 Zoll Brennweite geschraubt, auch nur 60mal vergrößert. — Da es nun gar nicht schwierig ist, Oculare (Mikroskope) von einer Brennweite, die nur einen geringen Theil der Pariser Linie beträgt, zu verfertigen, während andererseits Objectivlinsen von mehreren hundert Fuß

Brennweite existiren, so sieht man, daß wenn man nur möglichst hohe Vergrößerung verlangt, man das Zehn- und selbst Hunderttausendfache erreichen könnte. Aber für den Beobachter hat die stärkere Vergrößerung nur dann einen Werth, wenn er keinen zu starken Lichtverlust dadurch erleidet und vor Allem die Deutlichkeit in gleichem Maße wie die Vergrößerung zunimmt. Ueberdieß führt die zunehmende Vergrößerung andre Unbequemlichkeiten mit sich, worunter die größere Anstrengung des Auges und die raschere Bewegung der Objecte, so wie vermehrtes Zittern derselben in Folge der Luftbeschaffenheit, gar sehr zu berücksichtigen sind. Alles dies veranlaßt, daß es bei jedem Fernrohre eine gewisse Grenze der Vergrößerung giebt, über die hinaus man verliert, anstatt zu gewinnen, und die sowohl für verschiedene Objecte, als auch für verschiedene Beschaffenheit der Luft sehr ungleich ist*). — Auch vermindert sich der Durchmesser des Gesichtsfeldes mit zunehmender Vergrößerung der Objecte in fast noch stärkerem Maße. So kann man z. B. bei einer Vergrößerung von 50 grade noch den ganzen Mond übersehen; bei einer 1000maligen wird schon ein einziges der größeren Ringgebirge, wie Theophilus und Kopernikus, das ganze Gesichtsfeld ausfüllen können, was unter Anderm auch das Auffinden und

*) Beim Dorpater Refractor, dessen Brennweite 14 Fuß beträgt, und für welchen gegen 30 verschiedene Oculare (von 86 bis 1500maliger Vergrößerung vorhanden sind, ist 1000 die nicht wohl zu überschreitende Grenze, die indeß nur bei sehr heiterer und ruhiger Luft für Doppelsterne und in seltenen Fällen für Mondlandschaften, nicht aber für Planeten, namentlich nicht für Venus und Mercur, angewandt werden kann. Kometen bebingen stets eine geringe Vergrößerung, indem sie bei stärkerer mehr und mehr in dem Himmelstraume verschwimmen. Wo es darauf ankommt, möglichst viel gleichzeitig zu übersehen, muß immer die schwächste Vergrößerung gewählt werden.

Festhalten eines Beobachtungsobjectes sehr erschwert. Eine sehr müßige Frage, die gleichwohl der Astronom von Laien häufig hören muß, ist die, wie weit man mit diesem oder jenem Fernrohre sehen könne? Noch Niemand hat eines Fernrohres bedurft, um weit zu sehen: das bloße Auge sieht die Milchstraße und die Nebelflecke Orions und Andromeda's, die viele Billionen Meilen von uns abstehen, ohne Schwierigkeit. Nicht um weiter, auch nicht zunächst um größer, sondern vor Allem, um das Entfernte deutlicher zu sehen, bedient sich der Astronom und Nichtastronom des Fernrohres*).

Auf der Erde kann das Fernrohr nicht weiter führen, als die Krümmung der Erdoberfläche es gestattet, und man wird stets mit freiem Auge eben so weit sehen. Daß es uns am Himmel in größere Fernen führe als das bloße Auge, ist zwar aus gewissen Gründen wahrscheinlich, aber keinesweges die Hauptsache, und die Frage, wie viel Mal es weiter führe, wird der Astronom nie beantworten können, ohne daß diese Ungewißheit seine Arbeiten im geringsten benachtheiligen kann. Jedes Fernrohr ist in optischer Beziehung vor Allem auf Deutlichkeit und Lichtstärke zu prüfen; alles Andre ist Nebensache oder gleichgültig. Die Lichtstärke hängt von der Größe des Objectivs (oder Teleskopspiegels) und dem möglichst geringen Verluste bei der Reflexion oder dem Durchgange durch die Gläser ab. Sie verhält sich (abgesehen von diesem Verluste) zur Lichtstärke im freien Auge, wie die Fläche des Objectivs zur Fläche der Pupille des Auges, also wie das Quadrat der beiden Durchmesser. Von zwei Ob-

*) Einen Sinn würde diese Frage nur haben, wenn man fragte, bis zu welcher Entfernung hin eine gewisse bestimmte Wahrnehmung — z. B. das Lesen einer Druckschrift von gegebener Größe, oder die Gesichtszüge einer gewissen Person — noch möglich sei.

jectiven von 6 Zoll und 2 Zoll Durchmesser wird also das erstere $\frac{6 \times 6}{2 \times 2} = 9$ mal mehr Lichtstärke haben als das letztere.

Die Deutlichkeit hängt zwar hauptsächlich von der Genauigkeit ab, mit welcher die Krümmung der Gläser dargestellt ist, so wie von der Gleichförmigkeit der Glasmasse, allein sie findet auch, wie bereits bemerkt, ihre Grenze in der Beschaffenheit unsrer Atmosphäre.

Die Mängel der Deutlichkeit, sowohl der einen als der andern Art, werden stets desto fühlbarer sein, je stärker die angewandte Vergrößerung ist; überschreitet man einen gewissen Punkt, so werden keine scharfen Grenzen der Objecte mehr wahrgenommen, sie verwischen sich mehr und mehr mit dem Himmelsgrunde, und hier ist also die eine Grenze gesetzt.

Mit der zunehmenden Vergrößerung nimmt aber auch die Helligkeit, wenigstens bei den Gegenständen, die einen merklichen Durchmesser zeigen, ab; und so kann ein an sich lichtschwaches Object durch eine zu starke Vergrößerung unsichtbar werden, z. B. ein Komet oder Nebelfleck. Besonders störend sind die Farben, in welche der Lichtstrahl sich bricht, und deren jede einer verschiedenen Brennweite entspricht. Den bei Weitem größten Theil des Nebels hat die schöne Erfindung der achromatischen Fernrohre gehoben: gleichwohl ist hierin noch nicht Alles gethan, und wer es erfände, die Brechung in Farben vollkommen wieder aufzuheben, würde Großes bewirkt haben. Namentlich in diesem Punkte erscheint Fraunhofer's früher Tod als ein so beklagenswerther.

Mit einem hinreichend lichtstarken Fernrohre kann der Astronom auch am Tage die helleren Gestirne beobachten, die hellsten (wie Venus und die Fixsterne erster Größe) so-

gar besser, nemlich in einem ruhigeren Lichte, als bei Nacht. Je höher die Sonne und je näher sie dem zu beobachtenden Gegenstande steht, desto schwieriger werden Tagbeobachtungen; fast immer gelingen sie Nachmittags besser als in gleicher Sonnenhöhe Vormittags. In den stärksten Fernrohren kann man bei Tage noch Sterne sehen, die das bloße Auge auch in der heitersten Winternacht vergebens aussucht. Die Jupitersmonde z. B. sah ich einst am Tage in einem Fernrohre von nur $4\frac{1}{2}$ Fuß Brennweite. Der Grund liegt einzig in der größeren Lichtstärke und nur zum geringen Theile in der Entfernung der Seitenstrahlen, die wohl nur zur größeren Ruhe des Bildes etwas beiträgt.

Zahllos sind die Objecte, welche der Astronom am Himmel wahrnimmt, und schon diese Menge allein würde ihn zu Classificationen nöthigen, auch wenn sich keine wesentlichen Unterschiede auffinden ließen. Wir finden diese unterschiedenen Merkmale entweder in den Körpern selbst, oder in ihren Bewegungen, oder endlich in Beidem zugleich. Insbesondere hält es schwer, überall absolute Unterschiede durchzuführen. Alles, was wir in jenen Fernen wahrnehmen sollen, muß mehr oder weniger leuchten, und die erste Frage ist, ob das Licht ein eigenthümliches oder erborgtes und folglich blos zurückgeworfenes sei. Indes sind gar wohl Uebergänge möglich, Körper welche mit eigenem und erborgtem Lichte leuchten und bei denen der Unterschied also nur auf ein Mehr oder Weniger hinausläuft.

Wenn z. B. die selbstleuchtenden Substanzen, welche unserm Erdkörper angehören, weit häufiger angetroffen würden, so könnte die Erde auch selbst leuchten; ohne daß damit die von der Sonne ausgehende und von der Erde reflectirte Erleuchtung aufgehoben wäre *). Die Begleiter heller Fix-

*) Ein Brand, wie ihn Moskau 1812 oder Hamburg 1842

sterne müssen nothwendig von diesen ein beträchtliches Quantum Licht empfangen, gleichwohl würden wir sie gewiß nicht sehen, wenn sie nicht auch mit eigenem Lichte leuchteten. Ein anderer Eintheilungsgrund ist von den Bahnen hergenommen. Ein Körper B, der um einen andern eine Bahn beschreibt, steht um eine Ordnung niedriger als dieser, so daß z. B. unser Mond zwei Ordnungen tiefer als die Sonne steht, oder in Bezug auf diese ein tertiärer, so wie in Bezug auf die Erde ein secundärer Körper ist. Allein streng genommen, bewegen sich alle Körper um ideale Schwerpunkte, so daß es absolut primäre gar nicht gibt, indem sich z. B. die Sonne um denselben Schwerpunkt bewegt als die Erde, nur daß er dem Mittelpunkte der Sonne 350,000 mal näher liegt als letzterer. Also auch diese Unterschiede werden blos relative sein. Die Form der Bahnen giebt gleichfalls einen Eintheilungsgrund ab. Da es aber höchst wahrscheinlich ist, daß alle Bahnen ihrer Grundform nach elliptische sind und daß sie nur eine größere Annäherung entweder zum Kreise oder zur Parabel verrathen, so suchen wir auch hier vergebens nach einem absoluten Eintheilungsprincip. Noch weniger kann das äußere Ansehen als etwas Entscheidendes gelten, da dies von unserm Standpunkte wesentlich mit abhängt und hiernach ein und derselbe Körper je nach seiner verschiedenen Stellung verschiedenen Klassen angehören könnte.

Indes so sehr wir uns auch gedrungen fühlen, überall bestimmte Kategorien aufzustellen, so sind wir doch häufig genug in dem Falle, nicht damit durchzukommen, sondern anerkennen zu müssen, daß die Natur uns höchstens etwas den Kategorien Ähnliches darbiete, und die Erweiterung unserer Kenntnisse, das tiefere Eindringen in die Natur der

erlitten, muß — so weit wir darüber zu urtheilen vermögen, vom Monde aus in der Erdenacht gesehen werden.

Dinge, hat häufiger dahin geführt, vermeintliche Unterschiede aufzuheben, als neue zu setzen, oder bereits recipirten eine größere Bestimmtheit zu verleihen. Die Schöpfung in ihrer unendlichen Mannichfaltigkeit liebt Uebergänge mehr als Sprünge. Wir stellen demnach die folgenden Klassen keineswegs als solche auf, die alle andern ausschließen oder für alle kommenden Zeiten ihre gegenwärtige Bedeutung behaupten müßten. —

Die Planeten, diejenige Klasse, zu welcher unser eigener Wohnort gehört, sind sphärische (jedoch mehr oder weniger abgeplattete) und wenigstens ihrem Hauptbestandtheile nach solide Körper von bestimmter bleibender Form und Größe, welche kein — oder doch nur sehr wenig — eignes Licht haben und von einer Sonne erleuchtet werden, um die sie in elliptischen Bahnen laufen. Dabei drehen sie sich zugleich in einer weit kürzeren Zeit um ihre eigne Ase, wodurch es bewirkt wird, daß sie in schnellerer Abwechslung, als ohnedem geschähe, auf allen Seiten erleuchtet werden. — Die Nebenplaneten oder Monde laufen um ihre Hauptplaneten und mit diesen um die Sonne, werden aber hauptsächlich nur von letzterer erleuchtet. Sie wenden — wenigstens die uns näher bekannten — ihrem Hauptplaneten stets nahe dieselbe Seite zu. Doch haben bei Welten nicht alle Planeten solche Monde. In ihrer Gestalt und sonstigen allgemeinen Beschaffenheit kommen sie mit den Hauptplaneten überein. —

Die Kometen laufen in sehr länglichten, nahe zu parabolischen Bahnen um die Sonne und sind undicht, nach Gestalt und Größe veränderlich und durchsichtig. — Die Fixsterne, zu welchen auch unsere Sonne gehört, leuchten mit eigenem Lichte und bewegen sich in Bahnen, die wir noch zu wenig kennen. Einige Fixsterne sind jedoch mit andern in eine nähere Verbindung eingegangen, ähnlich der, in welcher die Planeten (rückichtlich ihrer Bahnen) zur Sonne stehen;

man nennt sie (da in den meisten Fällen nur 2 eine solche engere Verbindung bilden) Doppelsterne, neben denen wir übrigens auch drei-, vier- und vielfache Sterne kennen. Die meisten uns sichtbaren Fixsterne sind indeß einfache, wie unsere Sonne. Die Milchstraße und die Nebelflecke bilden wohl nur scheinbar eine eigne Klasse, indem sie wohl sämmtlich aus Fixsternen bestehen. In wiefern die Sternschnuppen ein Anrecht haben, zu den selbstständigen Weltkörpern gerechnet zu werden, mag die Zukunft entscheiden, eine kosmische Bahn kann ihnen, nach den neuesten Forschungen, nicht wohl mehr abgesprochen werden. Fixsterne, Kometen und Planeten unterschieden schon die Alten, nur rechneten sie Mond und Sonne zu letzteren und betrachteten die Erde als nicht zum Himmel gehörig. Das wahre Weltsystem einerseits und die Erweiterung des Universums durch das Fernrohr anderseits hat uns in dieser Beziehung zu einer größeren Bestimmtheit und Vollständigkeit verholfen, wiewohl man die zum Theil unpassend gewordenen alten Namen bestehen ließ. An diesen wird auch wohl die Zukunft nichts ändern, angesehen, daß ihre historische Berechtigung eine so alte ist, und wohl nur da neue einführen, wo sich den tiefer eindringenden Forschungen eine neue Gattung von Weltkörpern darbieten wird, was wir nicht allein als möglich, sondern sogar als sehr wahrscheinlich betrachten müssen in Erwägung des sehr neuen Datums, das so manche höchst wichtige Erweiterung unserer Kenntniß — man denke z. B. an die Doppelsternsysteme — bezeichnet.

VII.

Die Bewegungen im Sonnensystem.

Wenn gleich die Bezeichnung Fixstern jetzt nicht mehr im buchstäblichen Sinne genommen werden kann, indem Theorie und Beobachtung uns mehr und mehr zu der Ueberzeugung führen, daß es nichts Fixes im Universum gebe und die Unveränderlichkeit da, wo sie jetzt noch, den Beobachtungen zufolge, besteht, nur eine scheinbare sei: so können wir doch nur die im System unsrer Sonne vorkommenden Bewegungen als solche betrachten, von denen wir eine genaue und in's Einzelne gehende Kenntniß besitzen. Der Gang der Wissenschaft ist der vom Besondern zum Allgemeinen, und nur in abgeschlossenen fertigen Systemen mag man die Ordnung umkehren. Wir heben also von allen möglichen und wirklichen, höheren und niederen Systemen das unserer Sonne, mit welchem unsre Kenntniß begann und an welchem sie erstarkte, hervor. Der wahre Mittelpunkt der Bewegungen ist derjenige Schwerpunkt, um welchen herum sämmtliche, das System bildende, Massen, nach ihrer jeweiligen Stellung, im Gleichgewicht sind: ein selbst masseloser und folglich idealer Punkt, wiewohl in unserm Sonnensystem die Vertheilung der Massen eine solche ist, daß jener Punkt mit einiger Ausnahme *) noch in den Körper unsrer Sonne fällt.

*) Diese Ausnahme tritt ein, wenn Jupiter und Saturn, von der Sonne aus gesehen, um weniger als einen Quadranten von einander abstehen.

Die Theorie ist dahin gelangt, diesen Punkt, d. h. die Stellung desselben in Beziehung zum Sonnenmittelpunkt, für jede gegebene Zeit zu finden, und die Bewegungen, sowohl der Planeten und Kometen, als auch der Sonne selbst, um diesen Schwerpunkt darzustellen, und der astronomische Rechner hält überall, wo es nöthig ist, diese Ansicht mit aller Strenge fest. In den meisten Fällen ist es jedoch weit einfacher und für den praktischen Gebrauch bequemer, die Bewegungen eines secundären Körpers so darzustellen, als sei das Centrum der Sonne selbst jener Fixpunkt, wobei sodann die Bewegung der Sonne selbst mit auf Rechnung der Planeten geschoben wird, und eine ähnliche Annahme erlaubt man sich auch in Beziehung auf die Bahnen der Monde um ihre Hauptplaneten.

Die Dexter selbst können bei der einen, wie bei der andern Verfahrungsweise streng richtig werden, sobald nur die Grundlagen der Rechnung genau bekannt sind; und auch wir wollen uns bei unsrer Uebersicht mit dieser vorausgeschickten Bemerkung begnügen und die bequemere Darstellungsweise der absolut richtigen, aber verwickelteren, substituiren.

Jede Bewegung, einmal begonnen und ohne Hinderniß wie ohne weiteren Impuls sich selbst überlassen, ist eine gradlinige und gleichförmige, fortlaufend in der ursprünglichen Richtung, wie wir dies an allen Körpern sehen können, die annäherungsweise sich in dieser Lage befinden (z. B. eine Billardkugel).

Nur ein Widerstand kann sie schwächen, oder aufheben, nur ein neuer Impuls in derselben Richtung sie beschleunigen oder (in einer andern Richtung erfolgend) davon ablenken.

Was den ersten Anstoß zu den im Sonnensystem bestehenden Bewegungen gegeben habe, liegt jenseit unsrer Erfahrung und die Theorie vermag darüber gleichfalls nichts Ge-

wisses auszumachen; hier ist also noch ein weites Feld für Vermuthungen offen, und es ist leicht zu erachten, daß Versuche mancher Art bereits gemacht wurden, es auszubeuten und in Besitz zu nehmen.

Wir bezeichnen jenes seinem Wesen nach unbekanntes x mit dem Namen des ursprünglichen Stoßes. Wollten wir es als eine Kraft bezeichnen, so wäre sie als solche nur ein Moment vorhanden gewesen und nur ihre Wirkung dauerte in's Unendliche fort: ein Schöpfungsact, der sich nicht zu wiederholen braucht. Allein eine wirkliche und fortwährend thätige Kraft, die Gravitation, kommt hinzu und lenkt die Körper in jedem Augenblicke von derjenigen Richtung ab, die sie einen Moment vorher befolgten. Wirkte sie stoßweise, etwa in gleichmäßigen Intervallen, so würde eine gebrochene Linie, eine Bahn mit Ecken, entstehen; allein sie besteht und bethätigt sich in jedem Moment auf's Neue, ohne jemals abzubrechen, und so werden die Bahnen der Weltkörper Unendlichecke d. h. Curven. Wir können sogleich hinzufügen, daß die Curven gegen den Schwerpunkt der Bewegung concav sein müssen, denn sollten sie einen Wendepunkt haben, so müßte die Gravitation in ihr Gegentheil umschlagen d. h. aus der Anziehung eine Abstoßung werden. Ob nun aber diese Curve ein Kreis oder eine andre von verschiedener Krümmung werde, dies hängt von dem Verhältnisse ab, in welchem die Schwerkraft (Gravitation) zur Stärke und Richtung der ursprünglichen Bewegung steht. War diese Richtung ursprünglich eine gegen den Radius vector (die Linie zum Schwerpunkt) rechtwinkliche, und wird durch die Schwerkraft der Körper in jedem Zeittheilchen dem Schwerpunkt eben so weit zugeleitet als er ohne dieselbe durch die gerade fortgehende Bewegung abgelenkt worden wäre, so wird die Bahn ein Kreis. Findet aber diese Bedingung nicht Statt, oder (was dasselbe

ist) war die ursprüngliche Richtung nicht auf den Radius vector rechtwinklich, so kann sich kein Kreis erzeugen, sondern es entsteht (wie Newton bewiesen hat) eine der drei Curven, welche wir Kegelschnitte nennen, nemlich eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel. In der Ellipse (wie im Kreise) kehrt der Körper nach Ablauf einer gewissen Periode (der Umlaufzeit) wieder zum Anfangspunkte der Bahn zurück und beschreibt sie von Neuem; in der Parabel und Hyperbel ist dies nicht der Fall, und ein Körper, der sich in einer dieser letzteren Curven bewegte, könnte nur ein einziges Mal seine kleinste Entfernung vom Schwerpunkt haben und würde sich dann ohne Aufhören immer weiter (in's Unendliche) von ihm entfernen*).

*) Raum giebt es irgend einen Gegenstand in der Physik des Himmels, der größeren Mißverständnissen ausgesetzt gewesen ist, als der hier berührte. Man denke sich einen Körper, der von einem Punkte A aus sich gradlinig fortbewegt, und zwar so, daß diese Bewegung einen rechten Winkel mit der zu einem andern Körper B gezogenen graden Linie macht, so wird dieser Körper in jedem folgenden Punkte weiter von B absteigen, als in A der Fall ist. Er wird sich also von ihm, zwar nicht in directer Richtung, aber doch je länger je mehr entfernen, und Newton bezeichnete dieses aus der gradlinigen Bewegung folgende Wachsen der Entfernung mit dem Namen Centrifugalkraft, die also dem Wortverstande nach als eine der Centripetalkraft (Gravitation) entgegengesetzte erschien. Dies gab Veranlassung zu der grundfalschen Vorstellung von einer abstoßenden Kraft, die mit der anziehenden gleichzeitig und von demselben Punkte aus wirken sollte. Wäre dem wirklich so, so müßte im Falle der quantitativen Gleichheit beider Kräfte das Resultat ein Nichts sein, für den Fall des Uebergewichts der einen oder der andern aber würde nur dieses Uebergewicht real wirksam werden. Im ersten Falle also müßte der Körper A stillstehen, im zweiten auf B stürzen oder von B hinwegfliehen; nimmermehr aber würde eine Umlaufbahn entstehen können. Da man nicht umhin konnte, diese Lücke zu empfinden, so

Ein solcher Körper könnte also nicht dauernd einem geschlossenen System angehören, denn dieses ist dem Raume nach endlich begrenzt. A priori kann nun nicht entschieden werden, ob es solche nicht in sich selbst zurückkehrende Bahnen gebe, und die Möglichkeit derselben kann man also nicht leugnen. Unfre Erfahrungen sind aber noch nicht vollständig genug, um selbst nur in Beziehung auf alle wahrgenommenen Körper zu einer bestimmten Entscheidung zu gelangen. Von den Planeten und ihren Monden ist es gewiß, daß sie sich

famen Einige auf den Einfall, eine dritte Kraft anzunehmen, welche halb die Differenz der beiden ersten ausgleichen, bald noch andere Functionen übernehmen sollte.

Mit Recht hat man daher in neuerer Zeit den Namen Centrifugalkraft, von dem alle diese Mißverständnisse sich herfschrieben, beiseitigt und dafür den Ausdruck Tangentialkraft gesetzt, wofür man auch Schwingkraft wählen könnte. Noch besser aber ist es, die ganze Vorstellung einer Kraft nach Art der Schwerkraft für diese Bewegungsrichtung fahren zu lassen. Denn im Centrifugalkörper selbst hat einzig nur die Schwerkraft eine Realität; sie ist das einzige Ursprüngliche, in sich selbst Bestehende, während das, was man Centrifugalkraft genannt hat, nur das Erzeugniß aus der in der Richtung der Tangente fortstrebenden Bewegung ist und folglich von dieser abhängt. In den Fällen, wo diese Richtung mit der Linie zum Centrifugalkörper einen spitzen Winkel macht, ist es vollends ganz unpassend, von einer Centrifugalkraft zu sprechen, da vielmehr alsdann der umlaufende Körper seinem Hauptkörper, auch ohne Hinzutritt der Schwerkraft, genähert wird.

In der Mechanik ist es allerdings gebräuchlich, jede Bewegung als eine Kraft darzustellen, oder auf eine solche zu beziehen, mag diese nun eine ursprüngliche oder abgeleitete, einfache oder zusammengesetzte, momentane oder fortwirkende sein. Die Schwerkraft dagegen stellt sich uns als das Primitive, Selbstständige, Allgemeine und Immerwährende dar, und es giebt in diesem Sinne in der Körperwelt keine zweite Kraft.

nicht nur alle in rückkehrenden Bahnen bewegen, sondern daß diese auch nur wenig vom Kreise abweichen.

Von den Kometen dagegen kann Aehnliches nicht behauptet werden. Nicht allein sind mit Gewißheit erst drei derselben wirklich zurückgekehrt, sondern auch die Bahnen der übrigen weichen (in Bezug auf das uns sichtbare Stück) von der Parabel so wenig ab, daß wir in den meisten Fällen nicht wissen können, ob die Abweichung eine reelle sei oder in den Beobachtungsfehlern liege. Wir werden indeß später sehen, daß gleichwohl die Annahme, sämmtliche Kometenbahnen seien geschlossene Ellipsen, die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Die einfachste und am leichtesten zu berechnende Bahn ist die Kreisbahn; ihr zunächst steht in dieser Beziehung die parabolische, hierauf folgt die elliptische und zuletzt die hyperbolische. Im Falle sehr geringer Abweichung der elliptischen Bahn von der kreisförmigen oder parabolischen wählt man daher gern eine dieser beiden Formen, wenigstens als erste Näherung, da wir doch fast in allen Fällen genöthigt sind, uns der Wahrheit stufenweise zu nähern.

Jede Bahn liegt in einer bestimmten — wenn gleich nicht ganz unveränderlichen — Ebene, welche durch den Centralpunkt der Bewegung geht. In diesem Punkte durchschneiden sich also alle Bahnebenen der secundären Körper eines Systems. Je zwei dieser Ebenen haben aber nicht allein diesen Punkt, sondern eine Linie (die Durchschnitts- oder Knotenlinie) mit einander gemein, und ihre gegenseitige Lage ist bestimmt, wenn man die Richtung dieser Linie und den Winkel, den beide Ebenen an derselben einschließen (die Neigung) angiebt. Für unfre Rechnungen genügt es im Allgemeinen, nur die Beziehungen jeder Bahnebene zu einer Grundebene festzustellen, nemlich zur Ebene der Erdbahn. Jeder Körper, der nicht etwa in dieser Ebene

selbst läuft, wird sich in dem einen Theile seiner Bahn nördlich, in einem andern südlich der Erdbahn befinden, und man nennt den Punkt, wo er aus der südlichen Lage in die nördliche übergeht, den aufsteigenden Knoten, der stets dem niedersteigenden gegenüberliegt, also 180° von ihm entfernt ist *).

Knoten und Neigung sind also zwei nothwendige und zugleich von einander unabhängige Grundbestimmungen. Ist nun die in Rede stehende Bahn kreisförmig, so wird man außerdem noch die Periode (Umlaufzeit), den Abstand vom Centralkörper und für eine beliebige Zeit den Ort zu bestimmen haben, wo der Körper sich in der Bahn befand. Diese fünf Data würden also als die Elemente einer Kreisbahn, d. h. die Grundbestimmungen, aus welchen alles Andre abgeleitet werden kann, bezeichnet werden müssen. Da indes die Umlaufzeit (bei gleichem Centralkörper) vom Abstände abhängt, so bilden diese beiden Bestimmungen nur ein unabhängiges Element, und die Kreisbahn hat also deren vier. — In der parabolischen Bahn haben wir außer den ganz allgemeinen, Neigung und Knoten, den kleinsten Abstand von der Sonne (Perihel), die Zeit des Durchgangs durch dasselbe und die Richtung der von der Sonne zum Perihel gezogenen geraden Linie [Länge **) des Peri-

*) Bestimmungsstücke (Elemente) sind von einander unabhängig, wenn mit der Veränderung des einen nicht nothwendig eine Veränderung des andern verbunden ist.

**) Es ist ein übler Umstand, daß wir im Deutschen nicht, wie die Franzosen, *longitude* und *latitude* (die Polarcoordinaten) von *longueur* und *largeur* (den Raumbimensionen) unterscheiden können. So viel als möglich vermeidet es daher der Astronom, diese Ausdrücke in letzterem Sinne, dem des gemeinen Lebens, zu gebrauchen, da sie ihm in ersterem durchaus unentbehrlich sind. Länge ist also (wo nicht ausdrücklich etwas Andres bemerkt wird) stets

hels], also fünf Elemente. — In der Ellipse endlich hat man die vier, welche in der Kreisbahn vorkommen, und außerdem noch die Richtung der großen Axe (gleichfalls Länge des Perihels genannt) und den Abstand des Brennpunktes vom Mittelpunkte, oder vielmehr dessen Verhältnis zur halben großen Axe, also die Excentricität, was sechs Elemente giebt. —

Die hyperbolischen Elemente sind die fünf parabolischen mit Zuziehung der Excentricität, mithin gleichfalls sechs.

Man kann nun annehmen, daß, wenn die Zahl der zu bestimmenden Elemente sich um eins vergrößert, nicht allein die Arbeit des Berechnens sich mehr als verdoppelt, sondern auch eine größere Masse von Beobachtungen und eine größere Genauigkeit derselben erfordert wird. Bei dem gewöhnlich raschen Verschwinden der Kometen und der Unbestimmtheit ihrer Form und Begrenzung ist es aber schwer, der letzteren Bedingung in hinreichendem Maße Genüge zu leisten. Der Komet wird irgendwo, und häufig an einem nicht sehr vortheilhaft gelegenen Punkte der Erde, entdeckt. Könnte die Nachricht rasch genug zu entlegenen Sternwarten gelangen, so würde man ihn dort auffuchen und so lange verfolgen, als er der Erde überhaupt sichtbar ist, folglich eine größere Zahl von Beobachtungen und diese über einen größeren Theil der Bahn sich erstreckend, erhalten *). Aus diesem Grunde sind wir meistens genöthigt,

ein von der Frühlingsnachtgleiche, als dem Anfangspunkte, gezählter Bogen der Ekliptik, und Breite gleichfalls ein Bogen, rechtwinklig zum ersten und also den Winkelabstand von der Ekliptik bezeichnend. — Für die andre Bedeutung beider Wörter werden wir, so weit dies möglich, Synonyme gebrauchen.

*) Noch nie ist die Kunde von einem auf der Südhalbkugel entdeckten Kometen früh genug zur nördlichen gelangt und umgekehrt: selbst die verschiedenen europäischen Sternwarten waren schon

eine einfacher und leichter zu berechnende Form der Bahn anzunehmen, selbst wenn wir voraus überzeugt sind, daß sie höchstens als Näherung gelten kann. Das Kepler'sche Gesetz, daß sich die Quadrate der Umlaufzeiten wie die dritten Potenzen der Entfernungen verhalten (bei gleicher anziehender Masse), erlaubt uns, wie oben erwähnt, die Zahl der zu bestimmenden Elemente um eins zu vermindern, da wir sonst beim Kreise fünf, und bei der Ellipse sieben haben würden. Allein der Strenge nach müssen wir als anziehende Masse nicht die isolirt gefestete Sonnenmasse, sondern die Summe dieser und der Masse des umlaufenden Körpers annehmen, mithin das Quadrat der Umlaufzeit erst mit $1 + m$ multipliciren (m ist die Masse des Planeten, wenn die der Sonne 1 ist, und in allen Fällen ein kleiner Bruch), bevor wir sie der dritten Potenz der Entfernung proportional setzen können. (Masse ist hier das Kraftquantum, mit welchem ein Körper auf andre wirkt, also durchaus nichts Qualitatives.) Die Bestimmung dieser Masse m ist also den obigen Elementen noch hinzuzufügen. Doch ist m bei allen Kometen und bei vier Planeten so klein, daß es noch nicht gelungen ist, irgend einen Null übersteigenden Werth für dieselben nachzuweisen; mit andern Worten, es hat sich noch keine Kraftäußerung dieser Körper auf andre

oft in den wichtigsten Fällen nicht im Stande, einander rechtzeitig Nachricht zu geben. So ist der große schöne Komet von 1843 für die russischen Sternwarten verloren gegangen, was wahrscheinlich nicht der Fall gewesen wäre, hätte ein europäisches Eisenbahnnetz bestanden. Die außerordentlichen Vortheile, welche unsere Kenntniß des Universums, vor Allem die Kometographie, aus der möglichsten Beschleunigung unsrer Communicationsmittel ziehen wird, sind noch nirgends gehörig gewürdigt worden. Die Eisenbahnen werden im geistigen Verkehr denselben Umschwung bewirken, den einst die Logarithmen in den Operationen des Rechners hervorbrachten.

in der Beobachtung ermitteln lassen. Wie es also auch mit ihnen beschaffen sein möge, es bleibt uns bei unsern Rechnungen vor der Hand nichts übrig, als für sie m gleich Null zu setzen, wodurch der obige Factor als solcher entbehrlich wird.

Die Bahnen der Planeten sind nach dem Obigen Ellipsen, und zwar solche, die sämmtlich dem Kreise weit näher als der Parabel stehen. Die kleine Axe (der kürzeste durch den Mittelpunkt gehende Durchmesser) ist von der großen sehr wenig verschieden, und wenn sie in einem richtigen Verhältnisse gezeichnet werden, so würde selbst ein im Schätzen sehr geübtes Auge kaum bei zweien oder dreien ohne Messung den Unterschied beider wahrnehmen. Er beträgt im äußersten Falle bei Juno nur $\frac{1}{33}$, bei der Erde $\frac{1}{7000}$, bei der Venus, wo er am geringsten ist, $\frac{1}{43000}$ des Durchmessers der Bahn. Ohne dies in's Auge zu fassen, wird man leicht mit dem, was man elliptische Planetenbahnen nennt, ganz falsche Begriffe verbinden.

Auch ist hieraus erklärlich, wie man bis auf Kepler die Bahnen für excentrische Kreise halten konnte, denn die Excentricitäten sind allerdings viel stärker. Sie steigt für Juno auf $\frac{1}{4}$, für die Erde auf $\frac{1}{59}$, für Venus auf $\frac{1}{146}$ der halben großen Axe. An den Enden der großen Axe steht der Planet in seinem größten und kleinsten Abstände von der Sonne (Aphelium und Perihelium), an den Enden der kleinen Axe in seinem mittleren. In dem einen Brennpunkte steht die Sonne, im andern nichts.

Der Punkt der Bahn, welcher mit der Frühlingsnachtgleiche zusammenfällt, ist der Anfangspunkt für seine Längen, das Aphelium dagegen Anfangspunkt für seine Anomalie, die also gleichfalls eine Länge ist. Wahre und mittlere Anomalie unterscheidet sich etwa wie wahre und mittlere Zeit; erstere ist (in der Ellipse) ungleichförmig, letztere gleich-

förmig (der Zeit nach) und nichts Wirkliches, sondern nur der bequemen Rechnungsform wegen Angenommenes; und ebenso verhält es sich auch mit wahrer und mittlerer Länge. Die jedesmalige Breite hängt von der Neigung der Bahn und dem Abstände vom Knoten ab. Sie ist am größten und der Neigung selbst gleich, wenn der Planet auf halbem Wege zwischen beider Knoten steht. — Das Maß des Astronomen für die Planetenbahnen ist der mittlere Abstand der Erde von der Sonne, oder eine Linie von 20,690,000 Meilen (15 auf den Aequatorgrad gerechnet), welchen Raum das Licht in 8 Minuten 18 Secunden durchläuft (beides nach den neuesten Bestimmungen). Einen geringeren zu wählen würde (etwa bei der Meile) zu sehr großen Zahlen führen, oder man müßte sich mit runden Millionen begnügen. Aber ein noch wichtigerer Vortheil wird durch die Wahl dieser Einheit erlangt: alle Zahlen in gut bestimmten Bahnen werden dadurch zu genauen Verhältniszahlen und participiren in dieser Form nicht an der Ungewißheit, welche in der Meilenzahl des Erdbabstandes liegt und die auch jetzt noch gegen 80,000 Meilen beträgt.

Wird künftig der Abstand der Erde von der Sonne noch weiter berichtigt, so ändern sich in gleichem Verhältniß die in Meilen ausgedrückten Planetenabstände, aber die Verhältnisse selbst bleiben, und sie reichen für unsere Rechnungen nicht allein aus, sondern sind sogar nothwendige Bedingung der letzteren. — Nur bei geringeren Größen, als Durchmesser der Weltkörper oder Abstände der Monde von ihrem Hauptplaneten, bedient man sich wohl der Meile, da diese Angaben ihrer Natur nach nicht so äußerst genau sein können und die erwähnte Ungewißheit für sie nicht von so großem Belange ist. —

Geht man über die Grenzen des Sonnensystems hinaus, so würde man auch selbst mit jenem großen Maßstabe zu

unbequem hohen Zahlen gelangen. Deshalb bedient man sich neben ihm häufig eines noch kolossaleren, nemlich des Weges, den das Licht in einem Jahre zurücklegt, und der 63,310 solcher Sonnenweiten beträgt.

Die Bewegung in dieser elliptischen Bahn ist nun schon an und für sich nicht gleichförmig, wenn man die Länge des zurückgelegten Weges betrachtet; sie erscheint aber noch ungleichförmiger dadurch, daß der Punkt, wo sie sich am schnellsten bewegen, dem Brennpunkte am nächsten liegt. Betrachten wir z. B. die Bahn der Juno, wo die kleinste und größte Entfernung sich wie 3 zu 5 verhält. Die lineäre Geschwindigkeit in beiden Punkten steht, dem Kepler'schen Gesetze nach, im umgekehrten Verhältniß, also wie 5 zu 3. Für den im Brennpunkte stehenden Beschauer aber wird der Winkel, unter dem beide Bewegungen erscheinen, nicht wie 5 zu 3, sondern wie 5×5 zu 3×3 sich verhalten, da die Nähe den Gesichtswinkel vergrößert; und so wird sich für Aphelium und Perihelium, aber auch für jeden andern Punkt der Bahn, die (Winkel-) Bewegung verhalten wie das Quadrat der Entfernung umgekehrt. — Noch Kopernikus hatte excentrische Kreise mit gleichförmiger (lineärer) Geschwindigkeit angenommen: man sieht leicht, daß mit zunehmender Genauigkeit der Beobachtungen die Annahme sich als unzulässig zeigen mußte. Von der Erde aus gesehen müssen dagegen die scheinbaren Bewegungen der Planeten sich noch verwickelter zeigen. Sie sind stets aus zweien zusammengesetzt, der umgekehrten Erdbewegung (gleichsam dem Spiegelbilde derselben) und ihrer eigenen; ähnlich wie die Bewegung eines am Ufer gehenden Menschen, von einem fahrenden Schiffe aus gesehen, sich zusammensetzt aus der umgekehrten des Schiffs (die man auch an allen festen Gegenständen am Ufer bemerkt) und der eigenen des Gehenden. Man würde daher auch bei gleichförmig-

gen Kreisbahnen der Erde und des Planeten bald ein Rück-, bald ein Vorwärtsbewegen wahrnehmen, je nach dem Winkel, den beide Bewegungen mit einander machen. Nur würde sich in den Perioden dieses Vor- und Rückwärtsgehens eine Symmetrie zeigen, die wir jetzt vermissen, da sich andre Ungleichheiten, deren zum Theil bereits Erwähnung geschehen, damit verbinden.

Rechtläufig nennt man die Bewegung, welche der Zeichenfolge der Ekliptik entspricht, rückläufig die entgegengesetzte. Sonne und Mond sind für unsern Anblick stets rechtläufig, und nur die Geschwindigkeit dieser Bewegung bleibt sich nicht ganz gleich. Sind Sonne, Erde und Planet S, E, P, so wird in der Aufeinanderfolge PSE der Planet rechtläufig, in denen SEP und SPE aber rückläufig sein, in den meisten intermediären Lagen rechtläufig.

Die zweite der angegebenen Lagen kommt nur bei Planeten vor, die entfernter als die Erde von der Sonne stehen, die dritte nur bei näher stehenden.

Man nennt diese Lagen obere Conjunction, Opposition, untere Conjunction; der Zusatz obere ist überflüssig bei Conjunctionen derjenigen Planeten, die nie in untere kommen. Die Rückkehr zur gleichen Lage in Bezug auf Erde und Sonne, also z. B. die Zeit zwischen zwei Oppositionen, heißt synodischer Umlauf; man erhält ihn, wenn man den wahren Umlauf der Erde mit dem des Planeten multiplicirt und das Product durch den Unterschied beider dividirt. So ist der Umlauf der Venus $\frac{5}{3}$ des Erdumlaufs, die Differenz ist also $\frac{2}{3}$, der Quotient $\frac{5}{3}$ Jahre der Erde. Nach der oben gemachten Bemerkung gilt diese Regel indeß nur für die mittleren Zwischenzeiten.

In der nachfolgenden Tafel ist zusammengestellt

	der wirkliche Umlauf,	der synodische Umlauf,	die Dauer der Rück- läufigkeit.
Mercur	87 T. 23 St.	115 T. 21 St.	22 Tage
Venus	224 = 17 =	583 = 22 =	42 =
Erde	365 = 6 =	—	—
Mars	686 = 23 =	780 = 0 =	71 =
Vesta	1,325 = 12 =	504 = 5 =	88 =
Juno	1,593 = 2 =	473 = 22 =	98 =
Ceres	1,684 = 18 =	466 = 9 =	104 =
Pallas	1,656 = 7 =	466 = 6 =	104 =
Jupiter	4,332 = 14 =	398 = 22 =	119 =
Saturn	10,759 = 5 =	378 = 2 =	137 =
Uranus	30,686 = 20 =	369 = 16 =	151 =

Alles in mittleren für gegenwärtige Zeit geltenden Werthen.

Es ist leicht ersichtlich, daß ein Planet in den Oppositionen um Mitternacht im obern Meridian erscheint und sowohl deshalb, als wegen der dann stattfindenden größten Erdnähe, am besten sichtbar ist, in den Conjunctionen dagegen kein Planet gesehen werden kann. Für die Planeten Venus und Mercur, wo bloß Conjunctionen abwechseln, muß man daher die intermediären Lagen wählen, am besten die Zeit ihrer größten Ausweichungen, d. h. ihres größten scheinbaren Abstandes von der Sonne. Bei Mercur ist diese im mittleren Durchschnitt 23 und höchstens 28 Grad, deshalb ist derselbe besonders in höheren Breiten schwer zu sehen. Copernikus klagte noch auf seinem Sterbebette, daß er ihn nie gesehen, und auch bei den Alten ist von ihm später die Rede, als von Venus und den übrigen größeren Planeten.

Die Bahnen der vier kleinen, zwischen Mars und Jupi-

ter kreisenden Planeten zeigen eine merkwürdige Eigenthümlichkeit. Alle andern lassen, auch auf einer und derselben Ebene projectirt, beträchtliche Räume zwischen sich, und in dem Wachsen dieser Zwischenräume bei zunehmender Entfernung läßt sich sogar einigermaßen ein Gesetz nachweisen. Sene vier Bahnen aber durchschlingen einander, so daß sie, aus soliden Metallringen nachgebildet, sich nicht aus einander herausheben lassen, ohne gleichwohl sich im Raume irgendwo zu berühren. Es ist dies Folge ihrer starken Excentricitäten und Neigungen und der verschiedenen Lage ihrer Perihelien und Knoten, bei geringer Verschiedenheit ihres mittleren Abstandes.

Die Bahnen der Kometen sind Ellipsen, welche der Parabel näher als dem Kreise stehen, wenn sich nicht gar wirklich parabolische oder hyperbolische unter ihnen finden. Der am wenigsten vom Kreise abweichende, der Biela'sche, hat gleichwohl ein Axenverhältniß von 3 : 5, der Halley'sche 2 : 9, der Komet von 1680 1 : 80. Hieraus kann man schon schließen, daß die Excentricitäten der Einheit sehr nahe kommen werden; sie betragen bei den drei genannten $\frac{4}{5}$, $\frac{29}{31}$, $\frac{68571}{68572}$. Daraus ergeben sich enorme Differenzen der Geschwindigkeit; der zuletzt genannte z. B. bewegt sich im Perihelio in der Secunde 53 Meilen, im Aphelio 11 Fuß, und die Winkelgeschwindigkeit, bezüglich zur Sonne, ist im ersteren 16,130,000,000 Mal stärker als im letzteren.

Die Lücke zwischen der am meisten excentrischen Planetenbahn und der am wenigsten excentrischen Kometenbahn ist noch immer sehr groß, und vorausgesetzt, daß wir keine neuen Körper kennen lernen, welche sie ausfüllen, reicht dieser Umstand allein schon hin, einen wesentlichen Unterschied festzustellen. Denn wie wenig wir auch über die eigenthümliche

Natur der Planeten und Kometen Sicheres wissen mögen, so bleibt doch so viel ausgemacht, daß der Abstand vom Quell des Lichts und der Wärme ein entscheidendes Moment für alle Naturverhältnisse sei; wo also solche Differenzen des Abstandes vorkommen, da müssen wir auf Wechsel gefaßt sein, für welche die Planeten gar kein Beispiel darbieten. Auch deuten die großen Veränderungen in der Gestalt und im Volumen der genauer beobachteten Kometen deutlich auf solche Umformungen hin, die auch veranlassen, daß man die Kometen bei ihrer etwaigen Wiederkehr nie an der besondern Gestalt, sondern einzig an der Gleichheit oder doch Ähnlichkeit der Bahnelemente erkennt, während umgekehrt jeder Planet sich durch eine bleibende Eigenthümlichkeit meist schon dem bloßen Auge verräth. — Von den meisten Kometenbahnen können wir nur das kleine Stück, welches unsre Beobachtungen umfassen, wirklich berechnen; keinem einzigen vermag das Rohr in seine Sonnenfernen, ja selbst nur über die Jupitersbahn hinaus, zu folgen. Umlaufzeiten, wie wir sie bei den Planetenbahnen finden, zeigen nur wenige, während andre Jahrtausende gebrauchen und die meisten noch gar nicht in Bezug auf diese erforscht sind. Drei Umlaufsbahnen ausgenommen, wird in allen übrigen die Bestätigung durch wirkliche Wiederkehr noch erwartet; einige dieser Erwartungen sind sogar schon fehlgeschlagen, was freilich sehr wahrscheinlich durch ein zufälliges Verborgenbleiben erklärt werden kann. Wiewohl auch die Planetenbahnen nicht ganz unveränderlich sind, so sind es die der Kometen doch noch ganz unvergleichbar mehr, was sowohl mit ihrer großen Excentricität, als mit Anomalien andrer Art zusammenhängt. Denn für die Planetenbahnen läßt sich außer mancher andern Verwandtschaft insbesondere eine Grundebene angeben, von welcher sie mit einer einzigen etwas erheblichen Ausnahme (Pallas)

nur wenig abweichen; den Kometenbahnen ist jede Richtung gleichgültig, und sogar ein wirkliches Rückwärtslaufen etwas ganz Gewöhnliches: sie haben in Bezug auf ihre Ausdehnung gar nichts mit einander gemein, und der Schluß, den man bei den Planetenbahnen aus der nahen Uebereinstimmung der Bahnebenen und anderer Umstände auf einen gemeinschaftlichen Ursprung gemacht hat, ist für Kometen ohne Beweiskraft.

Wir müssen zwar eingestehen, daß mehrfache innere Hindernisse auch in Zukunft zur Folge haben werden, daß die Kometenbahnen nie so gut als die der Planeten erforscht werden können; allein gleichwohl ist unsre, im Vergleich zu andern Theilen der Himmelskunde, so dürftige Kenntniß der Kometenbahnen — und der Kometen selbst — die schwere Schuld der Vernachlässigung oder besser der falschen Richtung früherer Zeiten. Warum hat man für sie nicht gethan, was man doch für andre Himmelskörper zu thun nicht unterließ, wenigstens versuchte — ihren jedesmaligen Ort zu bestimmen? Auch selbst die rohen Angaben, welche die alexandrinische Sternwarte liefern konnte, ja selbst noch unvollkommnere würden für uns unschätzbar sein, wären sie nur überhaupt vorhanden! Einige dürftige, den Chinesen abgeborgte Daten sind Alles, was wir besitzen — d. h. wissenschaftlich Brauchbares besitzen, denn die Anzahl der Schriften, welche von ihnen handeln, ihr schreckenerregendes Ansehen, ihre feurigen Schwärter und Ruthen, die Länder, welche sie bedroht, die Calamitäten, welche ihnen gefolgt und nicht gefolgt sind, weitläufig beschreiben, heißt Region. Wie gern vertauschten wir sie alle gegen eine Detavseite wirklicher Beobachtungen!

Die — wie wir in der historischen Uebersicht gesehen haben — allmählig eingetretene bessere Zeit wird unsern Nachkommen zum Nutzen gereichen. Sie werden unsern Jahr-

hundertern den Vorwurf nicht machen, den wir den früheren bis zum 16. hinab nicht erlassen können. Zwar werden auch uns allerdings noch manche — vielleicht die meisten möglicherweise sichtbaren — entgehen: ein Beweis, daß ein fraglicher Komet in unserer Zeit nicht da gewesen, wird auch aus den jetzigen Beobachtungen nicht geführt werden können; dies ist wohl einer noch weit entfernten Epoche vorbehalten. Jetzt müssen wir die meisten und gerade die interessantesten Fragen ablehnen oder mit Muthmaßungen beantworten, und die sehr beträchtliche Erweiterung unsers Sonnensystems durch die Kometen (auf eine mindestens 40fache Uranusdistanz), die wir ihnen verdanken, ist eine ungeheure terra incognita. Die Tafeln der Kometenbahnen liefern uns merkwürdige Beispiele. Der bereits oben angeführte von 1680 kam am 18. December Mittags der Sonne so nahe, daß er nur um den sechsten Theil ihres Durchmessers von ihrer Oberfläche entfernt war. Ob die Rechnung, daß er eine Hitze gleich der 2000fachen des glühenden Eisens dabei empfunden habe, richtig ist, mögen uns diejenigen sagen, die ganz genau Thermometer-, Barometer- und wer weiß was sonst noch für Meterstände auf den verschiedenen Planeten und Monden anzugeben wissen; so sehr geschadet hat sie ihm nicht, denn er sah nach seiner Rückkehr ziemlich eben so aus, als da er diese Feuerprobe noch nicht bestanden hatte.

Ein andrer, der uns mit einem sehr nahen Besuche beehrte (er blieb nur etwa 7 Mal weiter entfernt als der Mond), der von 1770, und der eine Umlaufszeit von $5\frac{5}{8}$ Jahren haben mußte, hat sich nicht wieder sehen lassen, in Folge eines noch nähern Besuchs bei dem mächtigen Jupiter, der ihm eine ganz andre Bahn anwies, wenn er ihn nicht gar — wie Gruthuyssen behauptete — als Vasallen festgehalten hat. Wir haben kürzlich durch Clausen eine in aller Strenge durch-

geführte Berechnung seines Laufs in der Erbnähe erhalten: hoffentlich wird dieser geschickte Analyst seine Arbeiten auch für die entlegenern Theile der Bahn fortsetzen und uns über das fernere Schicksal dieses kühnsten aller Kometen genauere Auskunft ertheilen. Der Encke'sche ist unter allen am genauesten bekannt und er hat bereits zu merkwürdigen und unerwarteten Entdeckungen geführt; er ist schon zehnmal wiedergekehrt, diejenigen Epochen ungerechnet, bei denen er nicht aufgefunden ward. Der Biela'sche, gleichfalls schon dreimal beobachtet und in $6\frac{3}{4}$ Jahren wiederkehrend, entbehrt noch eines solchen Berechners; auch über die letzte Erscheinung des Halley'schen ist außer dem vorläufigen Resultat noch nichts bekannt gemacht worden; er wird Anfangs des Jahres 1912 zum siebenten Male wiederkehren (gleichfalls nur die ganz gewissen Erscheinungen gezählt, denn die Muthmaßungen reichen gegen 2000 Jahr hinauf).

Der große von 1811 mag etwa zur Zeit des trojanischen Krieges zum vorletzten Male erschienen sein. Von Agamemnon bis Napoleon ist viel auf Erden vorgegangen — wie wird sie aussehen, wenn er 4700 n. Chr. wiederkehrt? — Die Identität der Kometen von 1264 und 1556 müßte sich um 1848 bestätigen; Gewisses läßt sich darüber nicht behaupten.

Eine wirklich parabolische oder hyperbolische Bahn könnte den Namen Umlaufsbahn nicht führen: beide Curven gehen mit ihren Nesten in's Unendliche fort. Eine Rückkehr zur Sonne wäre also auch in den entferntesten Zeiten hin nicht möglich und der Komet müßte endlich aus dem Gebiet der Sonne in das eines andern Fixsterns treten und sich in einer neuen Parabel oder einem andern Kegelschnitt um diesen schwingen. Die Sache wird sehr unwahrscheinlich, wenn man erwägt, wie ungemein langsam die Bewegung werden

müße und wie unermeßliche Fernen gleichwohl damit zurückgelegt werden sollen. Wenn der Komet von 1680 in seinem Aphelio nur 11 Fuß in der Secunde — der Geschwindigkeit eines mäßig raschen Pferdes — vorrückt, so wird er in einer 500 Mal größeren (der halbe Weg bis zu α Lyrae, einem der nächsten Fixsterne) wohl nur noch die eines kriechenden Insects haben. Und mit dieser Langsamkeit sollen Wege von Billionen Meilen zurückgelegt werden! Um ein so ungeheures Mißverhältniß annehmbar zu machen, müßten sehr bestimmte und absolut zwingende Thatsachen vorliegen, die gar keinen andern Ausweg ließen, und dies ist durchaus nicht der Fall. Ueberhaupt möchte bezweifelt werden, ob die, welche solche Spazierreisen von Fixstern zu Fixstern als etwas gar Anmuthiges und Unterhaltendes, die Einerleiheit und Langeweile des planetarischen Lebens angenehm Unterbrechendes gehalten haben, nach Erwägung dieser Umstände noch Lust bezeigen sollten, sie mitzumachen.

Mit Milliarden von Erdjahren, zugebracht in jenen ewig umnachteten Himmelswüsten, sind wahrlich die wenigen Monate einer neuen Sonnennähe zu theuer erkauft.

Wir wissen wohl, daß man die Sache anders aufgefaßt, und von einer „Befreiung aus den Banden der Schwerkraft“ gesprochen hat, welche den Kometen, nachdem sie der Sonnenanziehung „glücklich entwischt“ seien, zu Statten kommen werde. Aber die Attraction der Sonne ist keine festbannende, den raschen lebendigen Schwung hemmende, sondern gerade umgekehrt, je näher der Sonne, desto freudigere Bewegung. Mercur bewegt sich sieben Mal rascher als Uranus, und dies ist nothwendige Folge des allgemeinen Gesetzes. Wohnte den Kometen noch eine besondere, dem allgemeinen Gesetz nicht unterworfenere Fortbewegungskraft bei, so würden sie diese auch in der Sonnennähe beibehalten; oder wollte man selbst an-

nehmen, sie würde in der Nähe der Sonne durch irgend einen physischen Umstand gleichsam gebunden und erst allmählig frei, so könnten doch die Bahnrechnungen nicht mit den Beobachtungen bei wiederkehrenden Kometen übereinstimmen, wie doch notorisch der Fall ist. Kurz es bleibt nichts als die Alternative: entweder das oben entworfene trostlose Bild sich gefallen zu lassen, oder die nicht geschlossenen Bahnen aufzugeben. Die Bahnen der Monde um ihre Hauptplaneten weichen im Allgemeinen noch weniger vom Kreise ab, als die der Planeten um die Sonne; denn daß sie die letzteren mitmachen, und dadurch ihre wirklichen Bahnen im Weltraume zu Cycloiden (Madlinien) werden, brauchen wir bei der Berechnung zunächst nicht in Betracht zu ziehen. Diese wird immer auf den Hauptplaneten bezogen, eben so wie wir die der Planeten auf die Sonne als festen Punkt beziehen, ob wir gleich wissen, daß sie selbst, als Glied irgend eines höheren Systems, eine beträchtliche Fortbewegung im Weltraume hat. Zugleich ist bei ihnen der scheinbare Ort mit geringen Modificationen auch immer der wahre, denn beim Monde unserer Erde beobachten wir stets aus einem dem Schwerpunkte sehr nahen Punkte, und bei denen der entfernteren Planeten, die wir stets als sehr kleine Projectionsellipsen erblicken, kommt die Bewegung der Erde nur in untergeordneten Betracht, was man leicht einseht. Wären die Jupiters- und Saturnsmonde den früheren Jahrhunderten bekannt gewesen, so hätte das Kopernikanische System wohl nicht so lange auf sich warten lassen, und das Losreißen von dem alten Grundirthum, alle Bewegungen im gesammten Universum auf die Erde zu beziehen, wäre leichter gewesen *).

*) Kopernikus wäre um den besten Theil seines Ruhmes gekommen, wäre vor ihm das Fernrohr erfunden worden. Denn mit den

Indes zeigen sich hier ganz eigenthümliche Schwierigkeiten, von denen weiterhin die Rede sein soll. Hier sei nur erwähnt, daß die Veränderungen ihrer Elemente ganz unvergleichbar rascher vor sich gehen, so daß z. B. ein Jahr an der Bahn unsers Mondes mehr ändert als tausend Jahre an der Bahn der Erde.

Daher ist auch die genaue Bestimmung der Bahn unsers Mondes stets eine der schwierigsten Aufgaben gewesen. Seine Nähe macht genaue Beobachtungen möglich, und jede nicht streng richtige Theorie wird folglich Abweichungen zeigen, die eine Aufforderung zu noch weiter gehender Berichtigung sind.

Durch ihn sind wir mit einer Menge der wichtigsten Beziehungen bekannt geworden, die zwar alle mit strenger Consequenz aus dem Newtonschen Gesetz abgeleitet werden können, auf die man aber gleichwohl nicht so leicht gekommen wäre, ohne die durch die Mondbeobachtung gegebene Anregung, darnach zu forschen.

Wir kennen außer unsrem eignen Monde noch die 4 des Jupiter, 7 des Saturn, und eine noch nicht wohl zu bestimmende Zahl des Uranus *). Die ersteren laufen in Bahnen, die äußerst nahe kreisförmig sind, ja die beiden innersten sind in Beziehung auf unsre Beobachtungen absolute Kreisbahnen. Ihre wirkliche Bewegung würde daher sehr gleichförmig sein, wenn nicht ihre gegenseitigen Störungen höchst merkwürdige

Argumenten, welche die heutige Beobachtung darbietet, wäre auch ein mittelmäßiger Kopf darauf verfallen, ohne drei und zwanzig Jahre zu gebrauchen.

*) Herschel I. gab zwei als gewiß und vier als muthmaßlich (denn es konnten auch kleine Fixsterne sein); die beiden als gewiß erkannten haben Herschel II. und Lamont wieder aufgefunden; letzterer auch noch einen dritten, wiewohl mit großer Nähe.

Anomalien bewirkten. Von denen des Saturn wissen wir — den 6. ausgenommen — wenig Genaueres in Bezug auf ihre Bahnen. Der innerste vollendet sie schon in $22\frac{3}{5}$ St., die kürzeste aller uns bekannten Umlaufzeiten. Noch weniger bekannt sind die Bahnen der Uranusmonde, mit Ausnahme eines höchst merkwürdigen Factums — ihre Bahnen stehen fast senkrecht auf der Ekliptik und die Neigung geht sogar über den rechten Winkel hinaus (102°) sie sind also retrograd.

Ihr Phasenwechsel ist von dem unsers Mondes fast total verschieden, außer wenn Uranus in der Nähe des Knotens dieser Bahnen steht. Auf halbem Wege zwischen den Knoten stehen dagegen die Monde beständig in der Quadratur oder doch wenig davon entfernt, und das erleuchtete Stück nimmt wechselsweise die obere, rechte, untere und linke Hälfte ein.

VIII.

Die Rotationen.

Eben so allgemein, wie die Bahnbewegungen, scheinen auch die Rotationen zu sein, wenigstens kennen wir noch keinen Körper, der einen Beweis des Gegentheils lieferte. Die Axen, um welche die Rotationen vor sich gehen, sind in Beziehung auf den rotirenden Körper selbst absolut unbeweglich, nicht aber in Beziehung auf den Himmel, wiewohl auch hier alle Veränderungen in bestimmte und zugleich ziem-

sich enge Grenzen eingeschlossen sind. Die Punkte, wo jetzt die Pole der Erde liegen, waren die Enden der Axe seit es eine Erde giebt, und werden es sein, so lange es eine geben wird. Aus einer von Bessel darüber angestellten Berechnung geht hervor, daß alle Veränderungen, die der Erdkörper möglicherweise erfahren kann, die Axe noch nicht um einen Zoll zu verrücken im Stande gewesen wären, und eben dies gilt von den übrigen Planeten. Die Stellungen der Axe gegen die Bahn um die Sonne variiren allerdings etwas und können nach vielen Jahrtausenden eine geringe Veränderung im Unterschiede des Sommers und Winters (nicht in der Mitteltemperatur) hervorbringen.

Diejenigen, welche das allerdings merkwürdige Vorkommen fossiler tropischer Gebilde in hohen Breiten der Erde erklären wollen, haben sich nach andern als astronomischen Erklärungen umzusehen: mindestens werden sie im Sonnensystem sicherlich nichts finden, was ihren Zwecken dienen könnte. Auch ist man in der Geologie und Klimatologie noch gar nicht einig darüber, was denn eigentlich zu erklären sei, und so wird der Astronom um so eher auf eine Verthagung der Frage antragen können, da man doch wohl nicht verlangen wird, er solle für die widersprechendsten Annahmen gleichzeitig Nachweise zur Hand haben. Ferner sind alle Rotationen gleichförmig, vielleicht mit einer (jedemfalls sehr geringen) Ausnahme für die gegen ihre Hauptplaneten verlängerten Monde, und für alle Zeiten dieselben. Es läßt sich nachweisen, daß die Rotation der Erde seit Hipparch, d. h. seit 2000 Jahren, auch nicht um den 200. Theil einer Zeitsunde ab- oder zugenommen haben könne, und Laplace hat hieraus weiter den Schluß gezogen, daß die Erde im Ganzen seit jener Zeit auch nicht um eine Kleinigkeit wärmer oder kälter geworden sein könne. Ein Gesetz für die

Dauer der Rotationen hat sich noch nicht gefunden; wäre die Dichtigkeit der Weltkörper, von der Oberfläche nach dem Centro zu, gleichförmig, so würde sich ein bestimmtes Verhältniß zwischen den Rotationszeiten, den Abplattungen und den Dichtigkeiten aufstellen lassen. Annähernd richtige Formeln hat man zwar schon mehrere versucht, aber ohne gründlichen theoretischen Nachweis und ohne daß sie sich durch später gemachte Erfahrungen bewährt hätten.

Wahrscheinlich sind die Rotationen eben so ursprünglich als die Umlaufbewegungen selbst, und hängen mit ihnen nothwendig zusammen. Wenigstens läßt sich auf mehrfache Weise darthun, daß ein um die Sonne laufender Körper, der von dieser Wärme und Licht empfängt, nicht ohne eine bestimmte Rotation sich erhalten könne, selbst wenn er anfangs keine, oder eine viel langsamere gehabt hätte.

Man denke sich z. B. unsere Erde anfangs nicht rotirend, so werden Tag und Sommer, so wie Nacht und Winter zu identischen Begriffen. Wo die Sonne so eben aufgeht, fängt der Sommer an, und ist der Moment der größten Kälte, denn eine sechsmonatliche Nacht ist vorhergegangen, am gegenüberliegenden Untergangspunkte herrscht dagegen beträchtliche Wärme. Kälte aber zieht zusammen und vergrößert dadurch die relative Schwere; der Punkt, wo die Sonne aufgeht, ist folglich schwerer als der entgegengesetzte, er muß also mehr als dieser zur Sonne gravitiren, was eine Rotation und zwar in dem Sinne, wie sie gegenwärtig stattfindet, zur nothwendigen Folge hat.

Wir geben diese Erklärung nur, um in der Kürze zu zeigen, daß Rotation sein müsse, nicht um zu behaupten, daß dies die ausschließliche Ursache sei. Denn die Rotation der Sonne, die eigenthümliche der Monde und die Neigungen der Aren gegen die Bahn zeigen zur Genüge, daß auch andre

Ursachen, und zwar ursprünglichere, mitgewirkt haben, und das oben berührte Verhältniß trägt vielleicht nur dazu bei oder hat dazu beigetragen, die Rotationen gleichförmig und unveränderlich zu machen. Die Sonne rotirt in $25\frac{1}{2}$ Tagen, die 4 der Sonne nächsten Planeten jeder in etwa 24 Stunden, die großen entfernteren in etwa 10—11 Stunden, von den mittleren, neu entdeckten, wissen wir in dieser Beziehung nichts. Die Monde rotiren in derselben Zeit, in welcher sie sich um ihren Hauptplaneten drehen, würden ihm also bei einem gleichmäßigen Kreislaufe und einem Zusammenfallen der Bahn- und Rotationsebene streng genommen stets dieselbe Seite zuwenden, was näherungsweise wirklich der Fall ist. Aus den Beobachtungen läßt sich dies zwar nur für unsere eignen, die 4 Jupiters-, und den siebenten Saturnsmond darthun, es ist aber sehr wahrscheinlich, daß es für die übrigen auch stattfindet. Bei den Kometen läßt sich allerdings keine Rotation nachweisen; ihre Durchsichtigkeit, verbunden mit ihrer nebligen Umhüllung, kann uns nichts von Phasen zeigen. Auch hat Bessel am Halley'schen Kometen eine Erscheinung wahrgenommen, die nicht auf Rotation, sondern auf eine Pendelschwingung deutet, und die eine Periode von $4\frac{3}{5}$ Tagen hat. Wahrscheinlich vereinigen sich in einem Kometen, bei seinem fast gänzlichen Mangel an Cohäsion der einzelnen Theile, sehr verschiedene Bewegungen, daher die eben so raschen als beträchtlichen Veränderungen seiner Form und Größe. Die Fixsterne scheinen gleichfalls zu rotiren, wenigstens erklärt man sich dadurch die periodischen Lichtveränderungen mehrerer derselben.

Am directesten überzeugt man sich von einer stattfindenden Rotation, wenn man wirkliche Flecke auf der Oberfläche eines Weltkörpers wahrnehmen kann, welche regelmäßig so

fortrücken, wie eine Rotation es fordert. Sind diese Flecke an sich selbst unveränderlich, so läßt sich die Rotationsperiode mit fast absoluter Genauigkeit ableiten, sind sie es nicht, so muß man mit einer Annäherung zufrieden sein. Auf diese Weise haben wir für Sonne, Mond, Venus, Mars, Jupiter und Saturn die Rotationsperioden bestimmt.

Bei Weltkörpern, die einen Wechsel der Lichtgestalt zeigen, und deren Oberfläche hinreichend große Unebenheiten enthält, kann man auch aus den Ungleichheiten des elliptischen Bogens, der Tag und Nacht trennt, (wenn man nemlich die ähnliche Ungleichheit periodisch wiederkehren sieht) die Rotation bestimmen; dies hat man bei Mercur und Venus versucht.

Wo man zwar keine Flecke (wegen zu kleinen scheinbaren Durchmessers des Weltkörpers) wahrnehmen kann, doch aber eine periodische Ab- und Zunahme des Glanzes bemerkt, für welche sich keine andre genügende Erklärung findet, da läßt sich ebenfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Rotationsperiode schließen. Beispiele sind die erwähnten Jupiters- und Saturnsmonde. —

Wo weder ein hinreichend deutlicher Fleck, noch ein periodischer Lichtwechsel wahrgenommen wird, bleibt die Dauer der Rotation unbekannt. — Zwei Rotationen haben die Astronomen lange in Verlegenheit gesetzt: die der Venus und die des Saturnrings. Man kann beide Controversen jetzt als beigelegt betrachten; beide aber sind ein merkwürdiges Beispiel, wie sehr man sich vor raschen Schlüssen aus unvollkommenen oder vieldeutigen Beobachtungen, und mehr noch vor Verdächtigungen andrer, scheinbar widersprechender, hüten muß. Cassini I. bestimmte in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts durch seine großen Fernröhre die Rotation der Venus auf 23 St. 15 Min.; Bianchini im

Anfange des 18. auf 24 Tage 8 Stunden. Unmöglich konnten beide der Wahrheit nahe stehen, sondern in der einen mußte mehr als ein bloßer Fehler, es mußte ein vollständiger Mißverstand zum Grunde liegen. Cassini hat das Detail seiner Beobachtungen uns nicht ganz vollständig gegeben, wohl aber Bianchini, der mehrere Figuren von Venusflecken zeichnete, die fast alle längs der Lichtgrenze gesehen worden waren und sich auch fast parallel mit dieser bewegt haben sollten. Hieraus wäre nicht allein die obige sonderbare Periode, sondern auch eine Lage der Axe gefolgt, die fast mit der Bahnebene zusammenfiel, so daß der Aequator der Venus nahe senkrecht auf seiner Bahn gestanden hätte — wie man es vom Uranus vermuthet. — Beide Astronomen hatten in Italien beobachtet, und später war es Niemandem gelungen, Venusflecke wieder zu sehen. Um den Streit zu beenden, versuchte man, wie oben erwähnt, die Ungleichheiten der Lichtgestalt, insbesondere der Hörner Spitzen, zu beobachten, welche (freilich nicht mit völliger Sicherheit) das Cassini'sche Resultat bestätigten.

Eben so hatte Herschel I. nach langer vergeblicher Bemühung endlich einige überaus schwache Flecke wahrgenommen, die ihm kein bestimmtes Resultat lieferten, ihm aber doch die Bianchini'sche Periode als eine höchst unwahrscheinliche darstellten. Der Streit, der durch Hufsey's Abhandlung on the rotation of Venus, worin er nicht allein Cassini's Schlußfolgerung, sondern auch sein und seines Sohnes wissenschaftliche Glaubwürdigkeit zu verdächtigen suchte, fast ein persönlicher geworden wäre, ist nun endlich dadurch entschieden, daß es de Vico und seinen Mitbeobachtern in Rom gelungen ist, Venusflecke mit Bestimmtheit und hinreichend oft wahrzunehmen, die ihm ganz unzweifelhaft eine der Cassini'schen nahe kommende Periode gaben. Wahr-

scheinlich hat der hochverdiente Bianchini — gegen den alle übrigen wirklichen Beobachter sprechen — nicht sowohl Flecke, sondern vielmehr den Abfall des Lichts gegen die Erleuchtungsgrenze hin, der sich stets als eine leichte Schattirung zeigt, mit welchem sich vielleicht ein und der andre Fleck vermischte, und wozu sich auch noch das Farbenspiel in seinen nicht achromatischen Ferngläsern gesellen mochte, wahrgenommen.

Der zweite Differenzpunkt betraf den Saturnsring. Herschel I., dem wir so viele ähnliche Untersuchungen der schwierigsten Art verdanken, bestimmte die Rotation des Saturn selbst auf 10 St. 16 Min. und die des Ringes auf 20^h 32'; die erstere aus einem großen dunkeln (aber sehr verwachsenen) Flecken auf der Kugel, die zweite aus knotenähnlichen Punkten am Ringe; beides nur rohe Näherungen und um mehr als ihren Unterschied ungewiß.

Schröter fand für Saturn selbst ein ähnliches Resultat; für den Ring aber glaubte er wahrzunehmen, daß zu der Zeit, wo er sich für uns sehr verengert und fast schon in eine gerade Linie zusammenfällt, sich zwei feste Lichtpunkte auf ihm zeigten und daß er also gar nicht rotire. Gegen ein solches Resultat nun mußte sich die Theorie sträuben. Es wollte sich keine Möglichkeit zeigen, einen freischwebenden und nicht rotirenden Ring im Gleichgewicht zu erhalten und ein Mittel zu erdenken, ihn nicht auf Saturn herabstürzen zu lassen, bei der geringsten Störung von außen.

Schwebt er aber nicht frei, ist er auf irgend eine Weise durch ein uns nicht erkennbares Medium an die Saturnskugel gebunden und ein integrierender Theil derselben, so mußte er ja um so mehr die gleiche Rotation haben, wie Saturn selbst. — Der Streit ist nicht durch neue Beobach-

tungen, sondern durch eine sinureiche Erklärung des berühmten Uibers entschieden worden. Er zeigte, daß zur Zeit der größten Verengung des Ringes diejenigen Stellen, welche optisch die breiteste ungetheilte Fläche darbieten, heller als die übrigen sowohl nach den Enden, als nach der Mitte zu liegenden, leuchten müßten, und daß dies gerade diejenigen Stellen seien, welche Schröter wahrgenommen hatte. Uebrigens spricht die höchste Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Ring frei schwebt und dabei doch mit Saturn die gleiche Rotationsperiode habe.

Mit den Rotationen stehen die Abplattungen in nothwendigem Zusammenhange. Jede nicht vom ersten Ursprunge an absolut feste Kugel muß durch den Umschwung zum Sphäroid (abgeplatteten Kugel) werden. Nun ist wenigstens die Erde auch jetzt nicht absolut fest (denn der größte Theil ihrer Oberfläche ist oceanisch) und sie war dies im Anfange wohl noch viel weniger. Man kann den Versuch mit einer weichen Thonkugel machen, die man um ihre Are schwingen läßt. Je schneller die Rotation, desto stärker die Abplattung, daher sind Jupiter und Saturn weit mehr als die Erde abgeplattet, Mond und Sonne dagegen weit weniger. Auf diese Ansicht gestützt, konnte Newton, gegen das von den französischen Geometern aufgestellte Resultat, behaupten, die Erde sei abgeplattet, ja er konnte sogar das Verhältniß bestimmen, in welchem Aequator- und Poldurchmesser zu einander ständen, nemlich 230 und 231, falls die Erde gleichförmig dicht sei. Wäre sie dies nicht, und z. B. gegen die Mitte stärker verdichtet, so sei die Abplattung kleiner; im umgekehrten Falle (also z. B. dem einer Hohlkugel) größer. Die Folgezeit hat bewiesen, wie richtig Newtons Behauptungen waren.

Somit hängt auch die Dichtigkeit und die Vertheilung

der Masse im Innern eines Weltkörpers mit der Rotation zusammen. Die Verdichtung nach der Mitte zu ist bei unserer Erde durch wirkliche Wägungen außer Zweifel gesetzt. Nach ihnen ist die mittlere Dichtigkeit der Erde etwa die doppelte derjenigen, welche die festen Massen der Oberfläche (Sand, Kalk, Thon, Granit, Glimmer u. s. w.) zeigen; die Dichtigkeit des Centrums selbst muß also noch weit größer sein (nach Schmidts approximativer Berechnung etwas mehr als die vierfache von der Dichtigkeit der äußern Rinde). Die directen Wägungen haben also nur bestätigt, was die Theorie aus dem Abplattungsverhältniß bereits im Allgemeinen gefolgert hatte; und wir können mit ähnlicher Bestimmtheit, und aus ganz ähnlichen Gründen, aus den Beobachtungsdaten über Abplattung, Rotation, Durchmesser und Masse für Jupiter und Saturn schließen, daß auch bei ihnen die Dichtigkeit von der Oberfläche nach der Mitte hin sehr stark zunehme, ja wahrscheinlich noch erheblich stärker als bei unserer Erde. So hat eine consequente Verbindung der Thatfachen, ohne einen Schatten von Hypothese, nicht allein das Centrum unserer Erde erschlossen und uns dort einen metallichten Kern gezeigt, dem Traume von einer großen Hohlkugel und dem eigenthümlichen Leben in derselben ein Ende gemacht; sondern auch sogar in das verborgenste Innere fremder Weltenkugeln ist sie eingedrungen. — Nicht blos einen Maßstab hat der Astronom gefunden, auch eine Waagschale hat er sich zu verschaffen gewußt.

IX.

Die Störungen.

Die absolute Zuverlässigkeit der mathematischen Disciplin ist schon Vielen ein Dorn im Auge gewesen, und sie haben gern jede Gelegenheit ergriffen, der Wissenschaft etwas anzuhängen, wo sich scheinbar eine Lücke oder Incongruenz zeigte. — Selbst Voltaire, der sich gar zu gern das Ansehen gegeben hätte, als ob er den Newton verstünde, hatte gegen einige Sätze der Geometrie etwas einzuwenden. — In der Astronomie waren es namentlich gewisse Benennungen, die bei denen, welche in die Sache selbst nicht einzubringen vermochten, Anstoß erregten, und dahin gehört auch insbesondere der Name Störung (Perturbation).

Wäre jeder secundäre Körper in seiner Bewegung allein auf seinen primären angewiesen; bestände das Gesetz der Schwere blos für jeden Particularfall insbesondere und nicht allgemein für den gesammten Conner aller Weltkörper: so wäre allerdings die Arbeit des Astronomen beträchtlich erleichtert. Jede Bahn bliebe, wie sie einmal sich festgestellt hat, jeder Körper würde genau denjenigen Ort der Bahn einnehmen, den die nur auf den Hauptkörper bezogene Rechnung ihm in dieser anweist. Wir reicheten, sobald die Elemente einer Bahn bestimmt wären, einfach mit den Kepler'schen Gesetzen aus, und diese lassen eine ziemlich elementare Form zu, vollends beim Gebrauch von Tafeln. So nun ist es nicht: wir müssen neben dem eigentlichen Hauptkörper auch noch die ganz ähnliche Wirkung aller andern

Körper in Betracht ziehen, und da bei der großen Anzahl derselben dies praktisch in unendliche Weitläufigkeiten führen würde, eine Auswahl treffen und alle diejenigen, deren Wirkung merklich werden kann, in Bezug auf diese Wirkungen untersuchen. Dieser Umstand nun führt — nicht die Ordnung der Natur, nicht die Einfachheit und Allgemeinheit des Attractionsgesetzes, die vielmehr eben dadurch auf's Schönste bestätigt wird — sondern nur die Bequemlichkeit und Kürze unserer Berechnungen, und daher der gewählte Ausdruck. Die Störung ist also nichts weniger als eine Verwirrung und Unordnung, sie ist nicht — wie Unkundige wohl gewöhnt haben, — ein Nothbehelf unserer nicht recht passenden Theorien, eine offen gelassene Hinterthür für etwaiges Nichteintreffen — sondern sie ist vielmehr eine notwendige Consequenz, und unterliegt eben deshalb eben so strengen Regeln als die Hauptbewegung. Nur ist freilich ihre Entwicklung in ihrer jetzigen Vollendung ein Product der allernuesten Zeit, und wir haben noch Vieles zu thun, bevor wir uns rühmen können, das Newton'sche Gesetz zu einer durchaus vollständigen Entwicklung und Anwendung geführt zu haben. Auch ist vorauszusehen, daß die praktischen Berechnungen nicht durchaus im Stande sein werden, Alles auf's Genaueste mit zu berücksichtigen, selbst wenn die Theorie damit völlig auf's Reine gekommen sein sollte. So erfordert — bis jetzt wenigstens — die strenge Berechnung der Dexter des Enckeschen Kometen in allen seinen Erscheinungen einen fast bloß für ihn allein lebenden Berechner, trotz alles Scharfsinnes in Auffindung der möglichsten Rechnungs-Erleichterungen. —

Die Störungen sind eben so wie alle Veränderungen wesentliche Momente der allgemeinen Ordnung des Weltsystems, sie werden voraus berechnet und rückwärts geschlos-

sen, eben so wie die Bahnen selbst; sie sind endlich das Mittel, eine Menge der allerwichtigsten Beziehungen zu erforschen, die uns sonst ewig verborgen bleiben würden. Wir wüßten Nichts von der Masse und Dichtigkeit der Monde und der mondlosen Hauptplaneten, wenn sie ihre Wirksamkeit nicht durch diese Störungen bekrundeten.

Wir würden über eine der wichtigsten physischen Grundlagen, über die Schwere an der Oberfläche dieser Körper, in Ungewißheit bleiben; mit einem Worte: wir würden weit weniger tiefe Blicke in den innern Haushalt des Universums thun können, wären jene Störungen nicht vorhanden, oder wären sie so gering, daß unsere Beobachtungen sie nicht ver-rathen könnten.

Es kann hier der Ort nicht sein, eine Entwicklung auch nur der hauptsächlichsten Störungen zu geben, nur mögen hier einige Worte über ein Paar der leichtesten, und zugleich allgemeinsten Fälle stehen.

Es laufe ein Mond um seinen Hauptplaneten und mit diesem um die Sonne, und beide Perioden sollen nicht identisch sein (was auch theoretisch nicht möglich wäre, weder bei unserm noch irgend einem andern Monde). Man denke sich nun die drei Körper in gerader Linie hinter einander, etwa Sonne, Planet, Mond; so wird die Sonne beide anziehen, den Planeten aber stärker als den Mond. Dadurch wirkt sie derjenigen Kraft, mit welcher der Planet seinen Mond anzieht, entgegen, denn es ist klar, daß, wenn etwa letztere gar nicht stattfände, sie den Abstand des Mondes vom Planeten vergrößern müßte. Zwar wird dadurch die Attraction des Planeten gegen den Mond nicht aufgehoben, wohl aber vermindert, und von der entgegengesetzten Lage SMP gilt dasselbe, wie man leicht einseht. — Man denke sich nun zweitens die drei Körper im

rechten Winkel, also $\frac{M}{SP}$ oder $\frac{SP}{M}$, so wird die Sonne beide etwa gleich stark anziehen (denn die Entfernung des Mondes vom Planeten ist höchstens $\frac{1}{400}$ derjenigen, in welcher die Sonne steht) aber nach verschiedenen und zwar convergirenden Richtungen, wodurch (wie vorhin abgesehen von der Anziehung des Planeten gegen den Mond) beide Körper einander genähert werden müssen. Mithin verstärkt in dieser Lage die Anziehung der Sonne noch die des Planeten. — Man sieht leicht, daß bei dieser von außen kommenden wechselseitigen Vermehrung und Verminderung der Zugkraft die Bahn nicht dieselbe Form behalten könne, die sie ohne eine solche Störung hätte, und daß also auch die Geschwindigkeit der Bewegung dadurch alterirt, und bald beschleunigt, bald vermindert werden muß. Die Thatsache, insofern sie den Erdmond betrifft, fand schon Ptolemäus, auf die Erklärung kam erst Newton.

Bei diesem Fluctuiren in Beziehung auf einzelne gegebene Punkte in der Bahn könnte gleichwohl die letztere im Ganzen, d. h. der Periode und dem mittleren Abstände nach, ungeändert bleiben, wenn etwa im Verlauf derselben Beschleunigung und Verminderung sich gegenseitig aufhoben. Die nähere Untersuchung aber zeigt, daß wenigstens in unserm obigen Beispiele dies nicht der Fall sei. Die Verminderung der Kraft ist im Ganzen doppelt so stark als die Vermehrung, folglich ist, auch durchschnittlich betrachtet, die Bahn eine andre, als sie ohnedies wäre.

Betrachten wir ein Verhältniß andrer Art. Ein Mond laufe um seinen Hauptplaneten in einer Bahn, deren Ebene eine Neigung gegen die Bahn des Hauptplaneten hat, also die Ebene der letztern in einem gewissen Punkte schneidet.

Der Mond stehe im Begriffe, sich diesem Punkte zu nähern, d. h. durch seinen Knoten zu gehen. Die Sonne, in derselben Ebene stehend, bewirkt nun durch ihre Anziehung, daß der Mond (auch wenn er nicht sich um den Planeten bewege) sich dieser Ebene nähern muß; da er nun in seiner Bahn dasselbe thut, so wird eins durch das andere verstärkt, die Ebene also früher (und also auch in einem weiter rückwärts gelegenen Punkte) erreicht und durchschnitten. Zwar ist auch hier leicht einzusehen, daß in andern Punkten der Bahn auch die Wirkung anders ausfallen, und sich in ihr Gegentheil verkehren werde; gleichwohl zeigt eine nähere Untersuchung, daß eine völlige Compensation nicht stattfindet, sondern die den Knoten rückwärts schiebende Wirkung ein Uebergewicht über die entgegengesetzte hat. Diese wenigen Andeutungen mögen hier genügen, und wir wollen nur noch, ohne auf die speciellen Ursachen einzugehen, die Wirkungen übersichtlich zusammenstellen, welche in die Kategorie der Störungen gehören. Die mittleren Bewegungen werden wechselseitig beschleunigt und vermindert. Jeder Planet, der in der Bahn eines andern eine Veränderung dieser Art hervorbringt, empfindet seinerseits die entgegengesetzte Rückwirkung, ähnlich wie eine Kanone in dem Moment, wo die Kugel abgeschossen wird, zurück läuft. Keinesweges aber ist Wirkung und Gegenwirkung in Bezug auf das Resultat, die Veränderung der Bewegung, einander nothwendig gleich, so wenig, als — um das erwähnte Beispiel festzuhalten — die Kanone bei ihrem Zurücklaufen gleiche Schnelligkeit mit der fortfliegenden Kugel zeigt. In gewisser Beziehung kann man allerdings Wirkung und Gegenwirkung gleich setzen, wenn man nemlich nicht die Bewegung einfach, sondern das Product der Bewegung in die bewegte Masse vergleicht. Die Bewegung der Kanonenkugel,

multiplirt mit ihrem Gewicht, ist gleich dem Gewichte der Kanone, multiplirt mit ihrer Bewegung, und abgesehen von der Reibung am Boden und dem Widerstande in der Luft. Die auffallendste Veränderung dieser Art ist die wechselseitige Beschleunigung und Verlangsamung der Bewegung der beiden größten Planeten Jupiter und Saturn, die eine Periode von 930 Jahren hat. Die halben großen Axen (mittleren Abstände) verändern sich, aber nur innerhalb sehr enger Grenzen und so, daß durchschnittlich dennoch dieselbe große Axe für alle Zeiten besteht. — Kein Körper nähert sich ohne Aufhören dem Centralkörper oder entfernt sich in's Unendliche von ihm; man giebt daher in den Elementen die mittleren Abstände als unveränderlich an und betrachtet die stattfindenden kleinen Veränderungen als bloß partielle Störungen. — Die Richtung der Absidenlinie aller umlaufenden Körper ist veränderlich und zwar im Sinne der Zeichenfolge der Ekliptik, so daß z. B. das Aphellum der Erde, was jetzt in 280° liegt, nach Jahrhunderten in 285° u. s. w. liegen wird. — Bei unserm Monde ist diese Fortrückung eine äußerst rasche, die jährlich etwa 40 Grad beträgt. Die Lage der Knoten verändert sich im entgegengesetzten Sinne, d. h. gegen die Zeichenfolge; rascher bei den Monden, langsamer bei den Planeten und Kometen. Die Neigungen schwanken innerhalb ziemlich enger Grenzen hin und her; bezieht man sie auf die mittlere Grundebene des Sonnensystems (die nicht ganz mit der Ekliptik zusammenfällt) so können sie nur wechselseitig zu- und abnehmen, d. h. jede Zunahme der Neigung, die ein Planet in der Bahn eines andern bewirkt, führt für ihn selbst eine Abnahme herbei und umgekehrt. Für die Neigung eines jeden Planeten giebt es eine nicht zu überschreitende Grenze, und keine directe Bahn kann

retrograd werden oder umgekehrt^o). Die Excentricitäten verhalten sich ähnlich: auch sie schwanken innerhalb gewisser Grenzen nach dem Princip der Gegenseitigkeit, so daß jeder Planet, der die Excentricität eines andern vermehrt, eben dadurch seine eigne vermindert sieht.

In gewissem Sinne ist die Summe der Ungleichheiten für alle Zeiten dieselbe, worunter man freilich nicht die einfach arithmetische der Excentricitäten oder Neigungen verstehen muß, sondern die Summe gewisser Producte aus Functionen derselben, so wie der Massen und großen Axen.

Allein es ist auch im Planetensysteme noch insbesondere dafür gesorgt, daß sich zu große Anomalien nirgends anhäufen können. Jupiter, der wegen seiner großen Masse (er wiegt dreimal so viel als alle übrigen Planeten und Monde zusammen genommen) die stärkste Wirkung auf die übrigen haben muß, hat einen andern großen Planeten gleichsam als Balancier erhalten, nemlich Saturn, nächst ihm der größte und ihm benachbart. Im Allgemeinen werden $\frac{19}{20}$ der Wirkungen, welche Jupiter auf die Gestalt der Bahnen andrer Planeten ausübt, von Saturn absorbirt; nur $\frac{1}{20}$ trifft die kleineren, die ihrer geringeren Masse wegen einen größeren Nachtheil von diesen Störungen haben würden.

Die Richtungen der Rotationsaxen (in Beziehung auf den Himmel) verändern sich gleichfalls, und diese Veränderung ist mit dem bereits erwähnten Rückwärtsgehen

^o) Folglich kann auch keine retrograde Kometenbahn — und etwa die Hälfte aller Kometen läuft in solchen — sich jemals in eine directe verwandeln, oder jemals direct gewesen sein; eine Schwierigkeit, die diejenigen ganz übersehen haben, welche in den Kometen werdende oder abgestorbene Planeten erblickten.

der Knoten analog. Denn die Notationen sind gleichfalls als Bahnen zu betrachten, nur daß bei ihnen die Elemente (die Knoten ausgenommen) wegen der Solidität des rotirenden Körpers unveränderlich sind. Die Folge dieser Richtungsänderung für die Erde ist die, daß unser Jahreszeitenwechsel sich auf ein um 20 Minuten kürzeres Jahr bezieht als das ist, was der wahre Umlauf der Erde ergeben würde. Bei allen übrigen Planeten ist diese Wirkung noch viel geringer als bei der Erde; sehr stark ist sie dagegen für unsern Mond.

Indeß ergibt sich noch eine andre nicht zu übersehende Folge aus dieser Veränderung: die Lage der Pole am Himmel ändert sich in Beziehung auf die Fixsterne, und so werden gewissen Gegenden nach Verlauf von Jahrtausenden Sterne sichtbar werden, die es jetzt nicht sind, und umgekehrt. So werden z. B. den unter dem 50. Grad Nordbreite gelegenen Orten (wie beiläufig Mainz, Frankfurt, Bamberg, Eger, Prag) nach Verlauf von 12,500 Jahren a dato folgende ihnen jetzt sichtbare Sternbilder verschwunden sein, und nicht mehr über ihrem Horizont sich zeigen: Kompaß, Schiff, Einhorn, großer Hund, kleiner Hund, Orion, Gase, Taube, Gridanus; mit den hellen Sternen Sirius, Brocyon und Rigel, sämmtlich erster Größe. In der Zwischenzeit verschwundene und alsdann wieder sichtbar gewordene sind: Wasserschlange, Lunistumpfe, Wolf, Centaur; darunter Alshard als hellster Stern. Jetzt unsichtbare und in der angegebenen Zeit sichtbar gewordene sind die folgenden: Kreuz, Centaur (ganz), Wolf (ganz), Triangel, Altar, Scorpion (ganz), Schütze (ganz), Indianer, Pfau, Foucan, Phönix, Kranich. — Der Aequator des Himmels wird alsdann durch folgende Sternbilder ziehen: Jungfrau, Wasserschlange, Wolf, Scorpion, Schütze, südlicher Fisch, Wassermann, Fische, Widder, Fliege, Perseus, Fuhr-

mann, Luchs, Löwe. — Als Polarstern der nördlichen Halbkugel wird zur angegebenen Epoche Vega glänzen, auf der südlichen der noch hellere Canopus. — Die Sternbilder der Ekliptik, welche jetzt unsere Winternächte zieren, werden alsdann in den Sommernächten, tief am Horizont, aufgesucht werden müssen und umgekehrt. Nach abermaligen 12,500 Jahren wird allmählig dieselbe Ordnung, welche jetzt in dieser Rücksicht besteht, wiedergekehrt sein und der Lurnuß auf's Neue beginnen.

Auch kleine klimatische Veränderungen werden für unsre Erde aus diesen Störungen hervorgehen und sind bereits hervorgegangen, allein, wohlgemerkt, durchaus keine solchen, welche die mittlere Wärme eines Orts auch nur um eine Kleinigkeit ändern. Wenn z. B. nach 10,500 Jahren das Aphelium der Erde, statt, wie jetzt, mitten in den Winter der Nordhalbkugel, mitten in ihren Sommer fällt, so werden die Winter um ein Geringes (höchstens $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad) strenger, die Sommer um eben so vieles wärmer werden, während auf der Südhalbkugel das Entgegengesetzte eintritt. Die $\left. \begin{array}{l} \text{Ab-} \\ \text{Zu-} \end{array} \right\}$ nahme der Schiefe der Ekliptik $\left. \begin{array}{l} \text{vermindert} \\ \text{vergrößert} \end{array} \right\}$ die Winter- und Sommerdifferenz gleichzeitig

für beide Halbkugeln, und eben so die Ungleichheit der Tage. Eins wie das andre ist (für die Erde wenigstens) unbedeutend und überdies an so enorme Perioden geknüpft, daß der geringe Eindruck, den es auf die Empfindung der Menschen und Thiere machen könnte, dadurch völlig Null wird. Wir haben es in der Meteorologie mit ganz andern Abweichungen zu thun, die sich in kürzester Frist merklich machen und über deren zur Zeit noch unbekannte Ursache wir nur das Eine

gewiß wissen, nemlich daß sie in den astronomischen Verhältnissen nicht zu suchen sind.

Indeß bleibt es allerdings Weltkörper, deren physische Constitution stärkeren Einflüssen unterliegt. So hat z. B. Mars jetzt auf seiner Südhalbkugel einen kurzen aber kräftig warmen Sommer und einen langen strengen Winter; die Nordhalbkugel einen längern aber kühlen Sommer und einen mildern Winter. Nach Myriaden von Jahren wird das Verhältniß sich, wie bei der Erde, umkehren, allein die Gesamtwirkung wird eine etwa sechsmal stärkere als bei uns sein.

Weit größeren physischen Anomalien sind gewiß die Kometen unterworfen, für die aber auch ein Planet überhaupt keinen Maßstab geben kann. Ihre Bahnen unterliegen (von Seiten der Planeten) den größten Veränderungen, die so weit gehen können, daß gar keine Ähnlichkeit mit den früheren Elementen übrig bleibt, ohne daß sie die geringste Rückwirkung zu äußern im Stande wären. Die Kometenbewohner, wenn es deren giebt, müssen beständig darauf gefaßt sein, in ganz andre Zustände versetzt zu werden, für welche die früheren keine Norm geben; müssen die ungeheuersten Wechsel von Wärme und Kälte, Licht und Dunkelheit in regelloser Folge dahinnehmen und demnach, wenn sie auf ein dem unsrigen nur einigermaßen analoges Dasein angewiesen wären, in beständiger und zwar gerechter Furcht schweben, was wohl dieser und jener Planet ihnen für eine neue Calamität bereiten und mit welchen Uebeln sie diese oder jene Erscheinung bedrohen möge. Doch seltsamerweise haben die Bewohner eines in voller Sicherheit schwebenden Planeten, welche eine unglückliche Neigung verrathen, sich mit eingebildeten und selbstbereiteten Uebeln zu quälen und darüber häufig genug vergessen, gegen die wirklichen anzukämpfen, sich statt der dafür vielleicht nicht empfänglichen Kometenbewohner ihrerseits

gefürchtet; man sieht nicht wohl ein, warum? — Die Kometen bestehen — wie wir aus allen Umständen schließen müssen — aus einem weder festen noch gasförmigen, jedenfalls aber so unendlich dünnen Stoffe, daß unsere Luft vielleicht millionenfach dichter ist. Trotz der wirklich ungeheuren Größe ihrer Nebelhülle und vollends ihrer Schweife, die nicht selten von einem Planeten bis zum andern reichen würden, wiegen sie so viel als Nichts, wenn man auch nur die kleinste solide Planetenkugel gegen sie in die Waagschale legt; sie können also auch nichts wirken, selbst nicht in dem (wahrscheinlich schon mehrmals wirklich eingetretenen) Falle, daß sie einen Planeten berührten^{*)}, ein Ereigniß, welches nur für den Kometen selbst gefahrdrohend ist. Der Ausdruck, zusammenprallen, von solchen Körpern gebraucht, ist jedenfalls ein sehr übel gewählter. Wäre er gasförmig (dies ist er aber nicht, er würde sonst die Strahlen der hinter ihm stehenden Sterne für unsern Anblick brechen und zum Theil absorbiren), so könnte er vielleicht die Atmosphäre durch fremdartige Beimischungen verderben; allein auch dies ist nicht zu fürchten, weder für unsere Erde, noch für irgend einen andern Weltkörper.

Ueberhaupt, betrachten wir die Vertheilung der Massen, und die Anordnung der Bahnen des Sonnensystems (und beides muß doch als etwas Arbiträres, was der Wille des Schöpfers eben so gut ganz anders hätte einrichten können, angesehen werden), so müssen wir uns sagen, daß sie deutlich die Absicht verräth, Alles zu erhalten, Nichts zu zerstören oder total umzuformen. Alle Körper, die ihrer

^{*)} Nach Olbers Rechnung ging am 26. Juni 1819 die Erde durch den Schweif eines Kometen, den man einige Tage später erblickte.

Masse und ihrem Cohäsionszustande nach durch zu große Nähe, durch zu stark vom Kreise und der Grundebene der Ekliptik abweichende Bahnen andern Körpern Gefahr drohen könnten, sind auf regelrechte, nur innerhalb enger Grenzen veränderliche Bahnen angewiesen — „bis hierher und nicht weiter!“ Alle andern, die durch die Abnormität ihrer Bahnen erhebliche Gefahr bringen könnten, sind in einem solchen Grade arm an Masse und so gänzlich incohärent in sich, daß sie aus diesem Grunde nichts schaden können. Die verschiedenen Partialsysteme endlich sind in so große Fernen auseinander gerückt, daß Wirkungen aus dem einen in das andre hinüber beinahe durchaus verschwinden, und jeder besondere Haushalt, ohne Intervention eines fremden, seine innern Angelegenheiten selbst ordnet; eben so wie auch die Fixsterne, selbst wenn sie bedeutend größer und massenhafter als unsere Sonne wären, doch bei ihrer ungeheuern Entfernung alle und jede Wirksamkeit auf das Sonnensystem verlieren müssen. — „Gebt mir nur Materie, und ich will auch eine Welt daraus bauen,“ sagte einst einer der größten Denker, welche das vorige Jahrhundert erzeugte. Wir gehören nicht zu denen, welche in diesen und ähnlichen Aussprüchen Gotteslästerung, Atheismus und dergl. erblicken und Anklagen gegen die Philosophie darauf stützen; wir freuen uns ihrer und gestehen solchen kühnen Gedanken ihre volle Bedeutung und Berechtigung gern zu, was jedoch den angeführten betrifft, so haben wir zu erinnern, daß allerdings unzählich viele andre Anordnungen der Massen und Bewegungsrichtungen möglich sind, bei denen das Sonnensystem Millionen von Jahren dauern könnte, daß aber die gegenwärtig bestehende, wenn man möglichst größte Stabilität als Hauptzweck setzt, schwerlich von irgend einer andern erreicht, oder gar übertroffen werden möchte.

Noch höher aber muß unsere Bewunderung steigen, wenn wir wahrnehmen, wie, ungeachtet des so unverkennbaren Einwirkens auf ein Hauptziel, doch die Einsförmigkeit durchaus vermieden ist. Bei allen uns nur einigermaßen näher bekannten Körpern treffen wir auch auf irgend eine nur ihm zukommende Eigenthümlichkeit; nirgends hat die Natur sich copirt; jeder große und kleine Weltkörper ist ein in sich selbstständiges Individuum, und dennoch besteht zwischen ihnen allen eine einfache, vollkommene, ewige Harmonie.