

Blicke auf die Vergangenheit und Gegenwart der astronomischen Rechenkunst. *)

Von F. K. Ginzel,

Astronom am Recheninstitut der Kgl. Sternwarte zu Berlin und correspondierendes Mitglied des Vereines der Naturfreunde in Reichenberg.

I. Die Anfänge des astronomischen Rechnens.

Wir hören durch die Tagesjournale so viel von astronomischen Entdeckungen, von merkwürdigen Dingen, die man auf dem Monde, auf dem Mars, Merkur und Jupiter gesehen, von den Aufstellungen riesiger Teleskope und der Errichtung kostspieliger Sternwarten, daß sie es vielleicht als eine Art Erquickung ansehen werden, wenn hier ihre Aufmerksamkeit auf eine Seite der Astronomie gelenkt wird, die an äußeren Effecten zwar nicht mit jenen Dingen concurriren kann, aber mindestens ebenso wichtig ist. Ich meine nämlich die Kunst des astronomischen Rechnens. Der Laie erinnert sich, wenn vom astronomischen Rechnen die Rede ist, gewöhnlich der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, von welchen jetzt jedes Jahr ganze Duzende entdeckt werden, und allenfalls der rechnerischen Entdeckung des Neptun durch Le Verrier. Das innere Wesen des Rechnens und die Ziele, die namentlich gegenwärtig dadurch angestrebt werden, bleiben ihm mehr fremd. Und doch wäre solch ein genauerer Einblick in diesen Gegenstand allseitig zu wünschen, denn dieser würde, wie ich aus den drei vorliegenden Aufsätzen zu erweisen hoffe, den Antheil darlegen, den die Rechenkunst an dem Fortschritt der Astronomie nimmt, und inwiefern dieser Fortschritt von der Stellung der Rechenkunst abhängt, welche ihr gegenwärtig eingeräumt wird.

Die Darlegung dessen, was heutzutage eigentlich unter astronomischer Rechenkunst verstanden wird, läßt sich einleuchtender schildern, wenn wir auf die Anfänge des astronomischen Rechnens zurückgehen und daselbe in den Hauptzügen (nur diese können hier berührt werden) bis zur Jetztzeit verfolgen. Denn indem man die Ziele der Vergangenheit betrachtet, lernt man die Gegenwart besser verstehen.

*) Dieser Aufsatz ist dem Vereine vom Verfasser zur Verfügung gestellt worden.

Den Beginn astronomischen Rechnens darf man erst auf die Schwelle der Neuzeit, in das Zeitalter der Erfindung der Buchdruckerkunst und der Entdeckungsreisen, setzen. Was früher darin unternommen worden ist, gilt als Vorarbeit. Wenn in den weit zurückliegenden Zeiten der Chaldäer schon rechnerische Absichten, wie die Herstellung von Tafeln für die Sonnen-, Mond- und Planetenbewegung oder Vorausbestimmung von Finsternissen wahrnehmbar sind, und wenn diese Ziele zu Zeiten der Griechen und Römer (besonders durch Hipparch's Bemühungen) mehr von Erfolgen begleitet waren, so kommen doch alle diese Bestrebungen nicht viel über das Stadium von Versuchen hinaus. Erst die rechnerischen Angaben des Ptolemäus (2. Jahrh. n. Chr.) sind einigermaßen richtig, namentlich solche, welche Resultate aus Beobachtungen von Finsternissen betreffen. Aber erst längst nachdem Griechenlands Weisheit untergegangen, die Heere der Römer zu Boden getreten waren, und nach den Stürmen der Völkerwanderung eine neue Ordnung der Dinge in Europa Platz griff, erhielt das Abendland von Osten her die jenen rechnerischen Kenntnisse, mit deren Hilfe das Fundament der astronomischen Rechenkunst begründet werden konnte. Die Araber waren das Volk, durch welches Europa rechnen lernte. Durch Leonard von Pisa wurden im Anfange des 13. Jahrhunderts die Kenntnisse der arabischen Kaufleute in der Arithmetik und Algebra nach Italien verbreitet; sie fanden in den großen Handelsrepubliken dieses Landes eifrige Ausbildung, und rechnerische Vortheile sowie der Gebrauch der indischen (arabischen) Ziffern suchten bald ihren Weg nach Deutschland. Im Jahre 1473 erschien das erste deutsche Rechenbuch. Es war, wie die andern späteren Leitfäden des Rechnens,¹⁾ nach arabischen Vorbildern abgefaßt. Die Errungenschaften der Araber in der Algebra wurden durch die Werke Mohamed's ben Musa und Al Khasami im Abendlande bekannt, doch lange, bis zum 16. Jahrhundert blieben die „Regeln der Coß“ (d. h. die Algebra) nur wenigen zugänglich; herumziehende Mönche, auf den Klosterschulen mathematisch gebildet, lösten noch später gegen Bezahlung Aufgaben, die über Gleichungen des zweiten Grades hinausgingen.²⁾ Erst mit dem Wiederaufleben der mathematischen Wissenschaften in Frankreich und Deutschland gewann die Algebra selbstständig Boden und namentlich der Wiener Universität gebührt der Ruhm, auf den ferneren Entwicklungsgang durch eine Reihe von Astronomen und Mathematikern, wie Johann von Gmunden, Grammateus, Rudolff, Purbach, Regiomontan, den allergünstigsten Einfluß ausgeübt zu haben. Rudolff war der Verfasser der ersten deutschen Algebra, Regiomontan — seit Hipparch der bedeutendste Astronom — der Verfasser der ersten, in den Grundzügen heute

¹⁾ Zu den ersten von Mathematikern abgefaßten Rechenbüchern gehören Wideman (1489), Grammateus (1518), Apianus (1527).

²⁾ Cardanis „Ars magna“ brachte 1545 die Auflösung cubischer Gleichungen.

noch mustergiltigen Trigonometrie.¹⁾ So besaß man um das Ende des 15. Jahrhunderts das allernöthigste Hülfzeug zum astronomischen Rechnen, nämlich eine wissenschaftlich begründete, recht weit vorgeschrittene Arithmetik und Geometrie, und die Anwendung der indischen Ziffern; die Begründer dieses Fortschritts, namentlich *Purbach* und *Regiomontan*, können auch als die ersten astronomischen Rechner bezeichnet werden. Durch die letztern beiden erhielt das Problem der Vorausbestimmung der Finsternisse eine bessere Grundlage, und beide Astronomen waren eifrige Ephemeridenrechner,²⁾ deren Tabellen lange Zeit auf den Entdeckungstreisen der Seefahrer die wichtigsten Dienste geleistet haben.

Einen weiten Schritt vorwärts that dann die Rechenkunst mit der Erfindung der Logarithmen. Schon die Araber (*Al-Baten*, *Ibn-Junis*) hatten die Vortheile erkannt, welche einzelne trigonometrische Functionen in der praktischen Rechnung gewähren, wenn sie von Fall zu Fall berechnet vorliegen und beim Rechnen nur aus Tafeln entnommen zu werden brauchen. Bei den *Purbach'schen* Rechnungen hatte sich der Mangel des Hilfsmittels solcher Tafeln evident erwiesen; *Copernicus* fühlte bei seinen weitergehenden Anwendungen der trigonometrischen Grundsätze auf die Lösung astronomischer Aufgaben diese Lücke empfindlich, und auf seine Anregung brachte sein Schüler *Rheticus* das *Opus Palatinum* zustande, ein bedeutames Werk, das in einer bis dahin nicht erreichten Vollkommenheit alles enthält, was auf Trigonometrie und Tafeln Bezug hat. Durch das ganze mathematische Streben des 16. Jahrhunderts geht von jetzt ab der Zug, derartige Tafeln zu erweitern und zu verbessern. Allein je genauer die Tafeln wurden, desto mühseliger gestaltete sich das Rechnen mit den vielziffrigen Zahlen. Eine englische Erfindung brachte die Erlösung. Der Baron *Neper* gab 1614³⁾ die Theorie und Anwendung der Logarithmen, und *Brigg* berechnete die Logarithmen der ersten tausend Zahlen 8-stellig (1618), sowie die der Zahlen und trigonometrischen Functionen (1624) auf 14 Decimalstellen. Der holländische Buchhändler *Blacq* berechnete gar 10-stellige Logarithmen für 100,000 Zahlen (1628). „Diese Arbeiten sind nicht übertroffen bis heute; sie haben durch ihre staunenswerthe Ausdehnung einen bleibenden Wert“. (*Gerhardt*, *Gesch. d. Math.*) Die weitere Vervollkommnung der Logarithmen ging darauf aus, sie durch Abkürzung und zweckmäßige Einrichtung für den praktischen Gebrauch bequem zu machen und diese Bemühungen erzeugten das Heer der logarithmischen Tafeln, das seitdem

¹⁾ *De Triangulis omnimodis libri quinque*, 1533.

²⁾ Die 12 Kalender *Purbach's* (1450—61) und jene von *Regimontan* (1474—1501) gehören zu den ersten astronomischen Ephemeriden, die überhaupt erschienen sind. Sie enthielten die Orte der Hauptplaneten, die Sonnen- und Mondfinsternisse u. s. w. Fleißige Ephemeridenberechner waren später *Stöfler*, *Pitatus* und *Urfinus*.

³⁾ *Logarithmorum canonis descriptio*.

bis auf unsere Tage auf diesem Gebiete in die Höhe gewachsen ist.¹⁾ Es wäre befremdend, wenn ein so großer Zeitgenosse der Logarithmen, wie Kepler, nicht die Bedeutung der Erfindung für die Astronomie erkannt haben würde; scharfblickender als sein Lehrer Mästlin, der den Logarithmen nicht recht traute, übersah er sofort die enormen Vortheile und sicherte 1624 durch die von ihm selbst construierten Tafeln den Logarithmen ihre bleibende Anwendung in der Astronomie. Heute ist die Sternkunde ohne Logarithmen undenkbar.

Die Rechenkunst der Astronomen bewegte sich damals noch in engen Grenzen. Man wandte die ebene und sphärische Trigonometrie auf den Himmel an und ging nicht viel über Aufgaben hinaus, die sich mit diesem Mittel lösen ließen. Die dabei erfolgte Richtung war vornehmlich eine praktische. Die Auffindung neuer Länder und Seewege; die ungeahnte Bereicherung des geographischen Wissens und Ausbreitung der Schifffahrt stellte von selbst eine Reihe neuer Probleme auf; so ward der Anlaß zur Entwicklung des größten Theils jenes Zweiges der Astronomie gegeben, der sich mit der geographischen Ortsbestimmung beschäftigt. Es waren die schnellsten und sichersten Methoden zu finden, die geographische Länge und Breite einer entdeckten Insel, den Ort des segelnden Schiffes aus astronomischen Beobachtungen zu bestimmen. Allmählich kam man damit, und zwar mit den Breitenbestimmungen wesentlich schneller als mit den Längen, vorwärts.²⁾ Man benützte die Stellungen und Bewegungen der Sonne und des Mondes, sowie die Verfinsterungen dieser Himmelskörper zur Lösung dieser Aufgaben, später maß man die Abstände von Sonne und Mond, und die Bögen zwischen Mond und Sternen.³⁾ Ein großer Theil der in dieser Beziehung gemachten Vorschläge scheiterte freilich noch an der Ungenauigkeit der Meßwerkzeuge. Diese Wahrnehmung trieb zur Verbesserung der Apparate. Aus den genaueren Beobachtungen der Sonne, des Mondes und der Hauptplaneten zeigte sich dann, wie verbesserungsbedürftig die Tafeln waren, auf die man bei Entnahme der Orte dieser Gestirne für die Rechnungen angewiesen war, und da diese Tafeln wiederum für die praktischen Probleme große Wichtigkeit besaßen, eilte die Rechnung, sie

¹⁾ Die bedeutendsten Tafelwerke, welche das 18. Jahrhundert hervorbrachte, sind die von Sherwin (1706), Gardiner (1742), Schulze (1778), Callet, (1783), Taylor (1792) und Bégar (1795).

²⁾ Die Messungen der geogr. Breiten waren zu Anfang des 17. Jahrhunderts noch um 10 Minuten fehlerhaft, zur See betrug der Fehler bis zu 2 Grad und sanken erst mit Abel Tasman so weit herunter, daß sie auf Karten für den Handgebrauch fast verschwinden. Die Längenfehler waren noch weit größer. Die Längenbestimmungsversuche von Columbus, Vespucci, Barrents u. A. etwa (1494—1597) sind noch sehr unvollkommen.

³⁾ Schärfere Methoden, wie den Mond im Meridian zu beobachten, gab Langrenus 1644 an, Mondhöhen außer dem Meridian zu messen, schlug Lemmonier 1757 vor; die Distanzmessungen von Sonne und Mond und Sternen kamen namentlich durch Lacaille (1755) und Maskelyne (1763) in weiteren Gebrauch.

weiter zu vervollkommen. Die Berechnung der Sonnenfinsternisse behufs ihrer Verwendung bei Längenbestimmungen wurde von *Kepler* verbessert und seine berühmten *rudolfinischen* Tafeln brachten richtigere Grundlagen der Bewegung der Hauptgestirne. So ging die sich entwickelnde Kunst, die Orte der Himmelskörper an Instrumenten zu messen Hand in Hand mit der Kunst, diese Messungen durch die Rechnung der Allgemeinheit dienstbar zu machen.

Die astronomische Rechenkunst hätte diese dienende Stellung, die sie im 16. und 17. Jahrhundert in der Astronomie einnahm, vielleicht noch lange beibehalten. Es nahte aber die Zeit, wo neue Einsichten und gewaltige Fortschritte die Sternkunde bewegen sollten Nicht bloß die Erfindung des Fernrohrs oder die Zertrümmerung der morsch gewordenen Sphären des Mittelalters und das frische Wehen des Geistes, der mit der Begründung der kopernikanischen Weltanschauung durch die vergilbten Lehren eines antiquierten Zeitalters hindurchstrich, waren die Factoren, welche die astronomische Rechenkunst zu höheren Zwecken erheben sollten, sondern namentlich auch die Erkenntnisse, die in der Verfolgung der Principien der Mechanik alsbald erlangt wurden. *Galilei* schuf die Dynamik und die Theorie des Pendels und seine strenge Betrachtungsart der mechanischen Grundsätze wurde mustergültig für alle seine Nachfolger. *Huyghens* erklärte den Umschwing der Körper um ein Centrum und *Kepler* fand die Gesetze, nach welchen sich die Planeten um die Sonne bewegen; aus den Forschungen beider Astronomen entsproß die schönste Blume, welche die Anwendung der Mathematik auf die Mechanik hervorgebracht hat: die Entdeckung des Gravitationsgesetzes durch *Newton*. Die Gegenwart ahnt kaum mehr, welche Berge von Vorurtheil und überkommenen aristotelischen Spufs hinweggeräumt werden mußten, ehe sich die heute jedem Gebildeten von der Schule her noch ganz geläufigen einfachen Begriffe von Kräfteparallelogrammen, Resultirenden, die Vorstellungen von der Wirkungsart der Schwerkraft, der Centrifugal- und Centripetalkraft, der Wurfbewegung, allgemein bei den Astronomen einbürgerten und Wurzel faßten. Dieses Zeitalter des Fortschritts ward endlich noch durch die Erfindung der Differential- und Integralrechnung (*Newton* und *Leibniz*) gekrönt. Erst mit der Einführung dieses höheren Calcüls in die astronomische Betrachtungsweise konnte man die Bewegung der Körper unseres Sonnensystems wirklich geistig beherrschen; bis dahin war es an der Hand zweifelhafter Beobachtungen und unsicherer Tafelverbesserungen nur ein *Tafeln* gewesen.

Borelli hatte um 1660 vermuthet, daß die Kometen sich in parabolischen Bahnen bewegen könnten, und *Dörffel* schloß aus Beobachtungen des Kometen von 1680 auf dieselbe Art Curven, aber erst *Newton* zeigte in seinen berühmten Principien (1687) mit zwingender Schärfe, daß die Bewegung der Kometen dem Gravitationsgesetze unterworfen sei und in einer Parabel um die Sonne erfolge. Damit war

man bei der Berechnung der Bahnen, welche diese Himmelskörper beschreiben, angelangt. Halley war der erste Kometenberechner; er veröffentlichte 1705 die Bahnen von 24 Kometen. Im nächsten Aufsatze werden wir sehen, welche Entwicklung das Kometenbahnproblem seitdem genommen hat.

Einen günstigen Einfluß auf die Ausbildung des astronomischen Rechnens übten außerdem die Gradmessungsarbeiten des vorigen und der ersten Jahrzehnte des jetzigen Jahrhunderts. Die erste Unternehmung dieser Art zur Ermittlung der Größe und Gestalt unserer eigenen Erde ausgeführt, jene von Picard im Jahre 1699, gab das Vorbild für spätere Versuche. Mustergültig wurde die von Condamine (1735 bis 1744) in Peru unter vielen Schwierigkeiten sorgfältig hergestellte Vermessung des Meridianbogens zwischen Tarqui und Cotechesqui. Eine ganze Reihe von Messungen sind seitdem in den verschiedensten Theilen der Erde erfolgt. Die geodätischen Dreiecke erstrecken sich gegenwärtig über Europa, Amerika und Theile von Asien und Afrika; in Europa ist die Arbeit durch eine internationale Vereinigung organisiert und beschäftigt eine sehr große Zahl astronomischer Rechner. — Neben den Gradmessungen und zum Theil durch sie hervorgerufen, fanden die verschiedenen Theile der sphärischen Astronomie eifrige Ausbildung, namentlich die verlässlicheren Methoden zur Ermittlung der geographischen Längen. Besonders die Ableitungen der Längen aus den Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond und aus Sonnenfinsternissen fanden jetzt Beachtung und häufige Anwendung. La Lande und Laxell waren um Mitte des vorigen Jahrhunderts so ziemlich die Einzigen, die sich damit beschäftigten. Seit Triesneckers Beispiel und seit den wesentlichen Abkürzungen, welche die Rechnungen durch Bohnenberger, Wurm u. A. erlangten, wurde die Anwendung jener Methoden ganz allgemein. Die Rechnungsart, aus gemessenen Abständen des Mondrandes von Sternen die geographische Länge zu ermitteln, hob sich durch die Bemühungen von Legendre, Borda, Bürg und durch treffliche Hilfstafeln (Mendoza, Duntborne). Den Weg, die Länge eines Ortes aus Sonnenfinsternisbeobachtungen abzuleiten, benützte mit Erfolg Cassini. Derselbe faßte das Finsternisproblem schärfer und versuchte zuerst, die Zonen der Sichtbarkeit der Sonnenfinsternisse von 1664 und 1699 für Europa anzugeben. Zu Zeiten Halleys wurden die Sonnenfinsternisse für Längen-Ermittlungen schon allgemein benützt. In der Epoche Ludwigs XV. hatte die Bestimmungsart der Finsternisse schon so viel Sicherheit und Geschmeidigkeit, daß Duvaucel die für Paris sichtbaren bis 1900 n. Chr. vorausberechnen konnte. Die größte Rechnungsarbeit darin leistete aber Pingré in seiner „Art de vérifier les dates“, der die näheren Umstände der Sichtbarkeit der Sonnen- und Mondfinsternisse für den ganzen Umfang der historischen Epoche für die Zukunft berechnete.

Endlich darf hier nicht des Anthells vergessen werden, welchen die Begründung feststehender astronomischer Ephemeriden an der Ausbildung der Rechenkunst gehabt hat. War früher die Vorausbestimmung der Planetenläufe, Finsternisse u. dergl. Sache einzelner, so wurde dies fernerhin mit der Vervollkommenng der Planetentafeln durch die Theorie immer schwieriger, und in unserem Jahrhundert, wo die theoretischen Forschungen in der Bewegung der Planeten immer feinere, complicirtere Resultate brachten, schließlich für den Einzelnen unmöglich. Schon 1679 war in Paris die „*Connaissance des Temps*“, 1766 in Greenwich der „*Nautical Almanac*“, in Berlin 1773 das „*Berliner astronomische Jahrbuch*“ gegründet worden; mit der Zeit sahen sich die Redactionen dieser regelmäßig erscheinenden Ephemeriden genöthigt, zur Bewältigung der Rechnungsarbeiten besondere Bureauz einzurichten. Daraus ging manche Kraft hervor, die der Astronomie nützlich geworden ist.

So wuchs aus unbeholfenen Anfängen neben der astronomischen Beobachtung und der Theorie die Kunst des Rechnens allmählich empor, erstarbte, und brachte endlich jene Früchte höherer Erkenntnisse, die wir in den beiden folgenden Artikeln näher beleuchten wollen.

II. Das Zeitalter der Kometen- und Planetenbahnbestimmungen.

Schon Newton hatte für die Lösung der Aufgabe, wie aus drei von irgend einem Punkte der Erde aus angestellte Beobachtungen eines Kometen die parabolische Bahn, welche der Komet um die Sonne beschreibt, ermittelt werden kann, eine Methode angegeben. Die Mühseligkeiten, welche diese Methode bei ihrer praktischen Anwendung verursachte, gaben den Anlaß zu den vielfältigen Bemühungen des vorigen Jahrhunderts, kürzere und sichere Wege der Lösung zu versuchen. Die Einen (wie Lacaille, Lalande, Boscovich, Lambert, Euler) umgingen die directe Bahnbestimmung in der Weise, daß sie, mit willkürlich gewählten Distanzen des Kometen von der Erde und der Sonne anfangend, sich mittelest vieler Versuche allmählich der Wahrheit näherten, oder dadurch, daß sie den mathematischen Betrachtungen gewisse geometrische Voraussetzungen zu Grunde legten, wie z. B., daß das zwischen den drei Beobachtungen des Kometen enthaltene Stück der Bahn als eine gerade Linie angenommen werden dürfe, oder, die Sehne, die zwischen dem ersten und dritten Orte des Kometen enthalten ist, werde von der Verbindungslinie des zweiten Kometenortes mit der Sonne (dem mittleren Radius vector) im Verhältnis der Zeiten, zu welchen die Kometenorte gehören, geschnitten u. s. f. Andere (wie Lagrange, Laplace, Duséjour, Tempelhof) suchten das Problem direct zu bewältigen, indem sie durch scharfsinnige analytische Kunstgriffe den Grad der Gleichungen, die in der Aufgabe die Hauptrolle spielen, herabzudrücken und so diesen Gleichungen lösbare

Formen zu geben trachteten. Alle diese Versuche zur Lösung des Kometenproblems fallen zwischen die Jahre von etwa 1740 bis 1783. Was für Mühe und Geduld die meisten dieser Methoden in der Rechenarbeit erforderten, ist dem Laien kaum darlegbar und auch unserer jetzigen astronomischen Generation völlig fremd. Erwiesen sich doch manche der Methoden als bloße rechnerische Illusionen; beispielsweise war der Komet von 1779 ein Gegenstand der Verzweiflung vieler astronomischer Rechner, manche mühten sich vergeblich ab, aus den Beobachtungen ein annehmbares Resultat herauszubringen. Da erschien im Jahre 1797 das Werk des berühmten *O l b e r s*: „Ueber die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Kometen zu berechnen.“ Mit einem Schlage wurden die Schwierigkeiten beseitigt. *O l b e r s* zeigte, daß man zu dem von *L a m b e r t* aufgestellten Satz, die Sehne des Kometen zwischen der ersten und dritten Beobachtung werde vom Radius vector im Verhältnis der Zwischenzeiten geschnitten, nur noch die Vorausssetzung hinzuzufügen braucht, daß auch die Sehne der Erdbahn in demselben Verhältnis geschnitten werde, um zu einer einfachen Ermittlungsart der Bahn zu gelangen. Trotz der zweifellosen Ueberlegenheit der *O l b e r*'schen Methode scheint anfänglich ihre Verbreitung im Auslande keine schnelle gewesen zu sein; namentlich die französischen Astronomen hielten noch lange an den von *L a p l a c e* und *L a g r a n g e* gefundenen Lösungsarten fest; der Director der Berliner Sternwarte, *J. F. G n e e*, machte deshalb 1833 die *O l b e r*'sche Methode neuerdings bekannt und seit dieser Zeit hat sich zu ihr wohl die gesammte astronomische Gelehrtenwelt bekehrt; vermöge ihrer Einfachheit, Sicherheit und Eleganz ist sie durch 70 Jahre der Führer aller derer geblieben, welche Kometenbahnbestimmungen unternommen haben und erst die neuere Zeit hat wesentliches hinzuzufügen gewußt.

Die Lösung des Kometenproblems war indes nur einer der Factoren, welche vereint um den Anfang unseres Jahrhunderts einen mächtigen Fortschritt in der Entwicklung der astronomischen Rechenkunst bewirkten. Am 1. Januar 1801 entdeckte *P i a z z i* beim Revidieren einer Sternkarte ein Gestirn, das sich den Eigenthümlichkeiten der Bewegung nach als ein zwischen Mars und Jupiter kreisender Körper — ein Mitglied der heute uns nach hunderten bekannten „Asteroiden“ oder „Planetoiden“ — herausstellte. Da *P i a z z i* seine Beobachtungen lange zurückgehalten hatte und die Gefahr nahe lag, daß die „Ceres“ (dies war der entdeckte Planet) nach ihrem Wiederhervortreten aus den Sonnenstrahlen aus Mangel einer bis dahin zuverlässigen Ephemeride nicht mehr aufgefunden und weiter beobachtet werden könne, so entstand die Aufgabe, aus dem von *P i a z z i* beobachteten kurzen Wege des Planeten dessen elliptische Bahn um die Sonne zu bestimmen. Der berühmte *G a u ß* half den Astronomen, die sich bei dem bis dahin noch nicht vorgelegenen Falle mit Kreisbahnen zu behelfen suchten, aus der Verlegenheit. Er löste das Problem völlig streng und auf Grund seiner

Ephemeriden fanden *Zach* und *Obers* die „Ceres“ wieder auf. *Gauß* sollte bald Gelegenheit haben, seine Theorie abermals anzuwenden. Die Asteroiden *Pallas*, *Juno* und *Vesta* wurden 1802, 1804 und 1807 entdeckt und *Gauß* legte seine an den Rechnungen über diese Himmelskörper erworbenen Erfahrungen schließlich in dem epochemachenden Werke „*Theoria motus corporum coelestium*“ (1809) nieder.

Zu dem aus der Lösung des Kometen- und Planetenbahnproblems erblühenden Aufschwunge der Rechenkunst kamen aber noch zwei bedeutende Momente: das eine ist die Begründung der „Methode der kleinsten Quadrate“, das andere die Entwicklung der Theorie der „Störungen“. — Es ist wohl auch dem Laien klar, daß die Beobachtungen (Ortsbestimmungen) der Planeten und Kometen an den Instrumenten nicht völlig fehlerfrei erhalten werden können. Nothwendigerweise beeinflussen diese Fehler auch die Bahn, welche aus den Beobachtungen berechnet wird, und letztere wird desto mehr mit Unsicherheit behaftet sein, je mangelhafter die Qualität der Beobachtungen ist oder je weniger zahlreich die Messungen sind, die man über den Himmelskörper erhalten hat. Schon 1795 fand nun *Gauß* nicht nur ein Verfahren, zu entscheiden, welcher mittlere Fehler jeder einzelnen Beobachtung zukomme, sondern er zeigte auch die Rechnungsmethode in welcher Weise eine größere Zahl von Beobachtungen rechnerisch verwerthet werden müsse, um sich von den Fehlern möglichst unabhängig zu machen, dieselben gewissermaßen auf die ganze Bahn gleichmäßig zu vertheilen, und so ein am wenigsten mit Unsicherheit behaftetes, der Wahrheit am nächsten kommendes Resultat erhalten zu können. Auch *Legendre* fand selbständig dieses Verfahren der „Methode der kleinsten Quadrate“, welches die Astronomen eigentlich erst zu Rechnern gemacht hat, indem es einen Genauigkeitsfönn erweckte, von dem man bis dahin nicht viel wußte.

Das Grundprincip, die von irgend einem Weltkörper durch dessen Anziehungskraft in der Bahn eines anderen Körpers entstehenden Veränderungen, die „Störungen“ des letzteren, durch Rechnung zu ermitteln, hatte schon *Newton* aufgestellt. Eine eigentliche Entwicklung der Theorie nahm erst mit *Clairaut* und *D'Alembert* (um 1747) ihren Anfang. Der berühmte *Euler* begründete schon eine, wie sich viel später klar gezeigt hat, äußerst fruchtbringende Methode der Bestimmung der Störungen, die Methode der Variation der Constanten. Ihre Principien wurden namentlich von *Lagrange* auf unser Planetensystem angewendet und als Frucht derselben giengen die ersten besseren, auf streng mathematische Betrachtung gegründeten Tafeln der Bewegung der Hauptplaneten hervor. Ganz gewichtige, grundlegende Fortschritte schuf *Laplace* in seiner unsterblichen „*Mécanique celeste*“ (1799—1826).

Diese Fortschritte der Theorie fanden nun in der eigentlichen Rechen-

kunst sofort den fruchtbarsten Boden. Halley zeigte in einer 1716 erschienenen Abhandlung über den nach ihm benannten Kometen, daß dieser Komet ein und derselbe sei, der 1682, 1607 und 1531 gesehen worden war; es handelte sich darum, zu berechnen, um wie viel Tage durch die störende Wirkung der Planeten sich die um 1758 zu erwartende Wiederkehr des Kometen ändern würde. Clairaut leistete diese damals ohne Beispiel dastehende große Rechnungsarbeit; er fand etwa 518 Tage Verspätung durch die Störungen des Jupiter, 100 Tage durch jene des Saturn und kündigte an, daß der Komet gegen April 1759 hin erscheinen könnte: in der That fand ihn im December 1758 ein Liebhaber der Sternkunde, der Bauer Palitzsch in Prohlis bei Dresden. Abgesehen von jener vielgepriesenen rechnerischen Heldenthat nahm aber erst mit der Arbeit Bessels über den Kometen von 1807 die Art und Weise der Kometenbahnbearbeitung ihre strenge und für die spätere Zeit mustergiltige Form an. Er berechnete dort — zum ersten Mal für einen Kometen — specielle Störungen (d. h. die Störungen während der Erscheinungsdauer), ermittelte mit Rücksicht auf dieselben und unter Zuziehung sämtlicher Beobachtungen die wahre Bahn, und behandelte die letzteren sorgfältig nach der Methode der kleinsten Quadrate. Bald folgte dieser Untersuchung eine ebenso treffliche rechnerische Arbeit: jene von Argelander über den großen Kometen des Jahres 1811. Ende November 1818 entdeckte Pons einen Kometen, der alsbald als ein periodischer, nach je $3\frac{3}{10}$ Jahren zurückkehrender erkannt wurde. Encke wandte diesem Gestirne sein ganzes Interesse zu; er verfolgte bis ans Ende seines Lebens den Kometen durch Rechnung und stellte in sieben, der Berliner Akademie vorgelegten Abhandlungen (1829—1854) die merkwürdige Thatfache fest, daß der Encke'sche Komet (so wurde dieser späterhin allgemein genannt) in seiner Umlaufszeit eine allmähliche Verkürzung erfahre, also sich dessen tägliche Bewegung beschleunige. Encke führte deshalb zur Berücksichtigung dieser Veränderung in seine Rechnungen von etwa 1829 ab die von Olbers geäußerte Hypothese eines „widerstehenden Mittels“ ein.¹⁾ Es gelang ihm, damit die dreizehn Wiederkünfte des Kometen zwischen 1819—58 befriedigend mit einander zu verbinden. Asten und Backlund haben in neuerer Zeit diese Arbeiten über den Kometen für die weiteren Rückkünfte seit 1858 fortgesetzt und sind zum Theil auch auf Revisionen der Encke'schen Rech-

¹⁾ Diese Hypothese wird von Encke so gefaßt: die Dichte des Mittels (des hypothetischen den Weltraum erfüllenden feinen Stoffes) verhält sich umgekehrt dem Quadrate der Entfernung von der Sonne, und der durch das Mittel ausgeübte Widerstand ist direct proportional dem Quadrate der Bewegungsgeschwindigkeit des Kometen; die dann stattfindende Tangentialkraft vermindert die große Ase der Kometenbahn und hiermit die Umlaufszeit. Encke verwahrt sich ausdrücklich dagegen (2. Abhdlg. 1831), daß die eingeführte Hypothese die einzige richtige Erklärung leisten könne, ihm genügt, daß sich die Verkürzung durch jene Hypothese hinreichend darstellen und berücksichtigen läßt.

nungen zurückgegangen. Die Resultate, die sie gefunden, sind sehr merkwürdige; nach denselben würde es scheinen, daß der Komet eigenthümliche Störungen in seiner Bewegung (so z. B. eine sonderbare, plötzliche im Jahre 1868) erleide, deren Grund weniger in einem widerstehenden Mittel, sondern eher in Vorgängen und Veränderungen im Innern des Kometen zu suchen sein kann. Die Acten über den Encke'schen Kometen sind jedenfalls noch lange nicht geschlossen, umsoweniger, als zwei sehr gediegene Arbeiten über die periodischen Kometen Faye und Wincke, bei denen früher ebenfalls eine Verkürzung der Umlaufszeit vermuthet worden ist, keinen Schluß unterstützen, der auf das widerstehende Medium führen würde. Wenige Kometen haben bisher eine so große, beharrliche Rechnungsthätigkeit für sich in Anspruch genommen, wie der Encke'sche. Selbst Encke, der Ausdauernde, fand die Rechnungen nachgerade „immer lästiger.“ Die Beschäftigung mit dem Kometen durch Encke führte aber auch indirect zu neuen Fortschritten der Rechenkunst: zur weiteren Ausbildung der Berechnung der speciellen Störungen und zur Vereinfachung der sonstigen Rechnungsvorschriften. Der Komet hat nicht wenig dazu beigetragen, daß Encke jener Meister der Rechenkunst geworden ist, als welchen wir ihn bewundern.

Die Voraussicht, daß den zu Anfang unseres Jahrhunderts entdeckten 4 Asteroiden wohl bald weitere folgen würden, und daß namentlich aus diesen Himmelskörpern der Astronomie bedeutende Rechnungsarbeiten erwachsen müssen, hatte Gauß schon zu dem geflügelten Worte veranlaßt, ein neuer Berechner sei mehr wert, als zwei neue Sternwarten. Die sich seit der Entdeckung der „Asträa“ durch Hencke (1845) über die Schreibtische der Astronomen in wachsender Fülle ergießende Heerschaar von Planetoiden ließ erkennen, daß an dem vielleicht etwas scharfen Worte Gauß auch einige Wahrheit sei. Für die acht großen Planeten hatte man lange Reihen von Oppositionen gehabt, aus denen man Umlaufszeit und Bahnaxe gewinnen und damit zu einem Fundamente gelangen konnte, mit Hülfe dessen sich die übrigen Bahnelemente aus den Beobachtungen leichter finden ließen. Die anzubringenden Störungen waren nicht groß, so daß man von den durch sie bewirkten Veränderungen der Elemente auf Jahre hinaus Abstand nehmen konnte. Die ganze Bewegung der Planeten konnte in Tafeln gebracht und daraus im Bedarfsfalle entlehnt werden. Bei den Asteroiden gestaltete sich aber die Sache ganz anders. Die Elemente der Bahnen zeigten sich bei jeder Wiederkunft (Opposition) der Planeten als andere. Die auftretenden beträchtlichen Neigungswinkel und Excentricitäten der Asteroidenbahnen machten eine Behandlung, wie man sie ehemals angewendet hatte, unthunlich. Es dauerte einige Zeit, ehe man hier den richtigen Weg fand. Endlich kam man auf das einzig zweckdienliche Verfahren: Neben den Bahnelementen sofort auch die durch die andern Planeten (namentlich Jupiter und Saturn) hervorgebrachten Störungen zu ermit-

teln¹⁾ und zwar bis zum Zeitpunkte der nächsten Opposition, dann für diese Zeit geltende Elemente abzuleiten und schließlich für die Dauer der voraussichtlichen Sichtbarkeit dieser kleinen Gestirne Ephemeriden zu berechnen, mittelst welcher die Asteroiden aufgesucht und weiter beobachtet werden konnten. Da die Asteroiden immer bald wieder zurückkehren (die Umlaufszeit der meisten beträgt nur einige Jahre) und für jeden dieser kleinen Körper durch Vorausrechnung vorgesorgt sein soll, sowohl wegen der Störungen, die er erfahren hat, als auch wegen der Verbesserung der Bahnelementenbestimmung, die mit Rücksicht auf die letzte Beobachtung des Planeten zu machen ist, so wird auch dem Laien wohl die Menge der Arbeit klarer werden, welche die Asteroiden ohne Unterbrechung verursachen. Ein Blick auf die fortschreitende Entdeckungszahl der Asteroiden illustriert dies am besten. Es waren bekannt:

bis Anfang	1850	10	Asteroiden,
"	"	1860	57
"	"	1870	109
"	"	1880	211
"	"	1890	287

Die Asteroidenberechnungen zogen deshalb bald mehr und mehr rechnerische Kräfte an sich. Um 1862 beschäftigten sich schon etwa 30 Astronomen zumeist mit Störungsrechnungen der Asteroiden. Das Haupt der deutschen astronomischen Schule, Encke, hielt mit Recht viel auf die rechnerische Gewandtheit, die man sich bei der gründlichen Bearbeitung der Bahnen der Asteroiden erwerben kann. Er sagt: „Ich für meine Person bin überzeugt, daß diese Arbeit neben den festen an die Zeit gebundenen Beobachtungen einen günstigen Einfluß auf den Astronomen hat und ihn mit einem Theile der Astronomie in genauerer Verbindung erhält, von dem man ganz vorzüglich erwarten muß, daß größere Fortschritte der Wissenschaft ausgehen werden.“²⁾

Ganz wesentliche Fortschritte machten die Methoden, specielle Störungen zu berechnen, durch die Bemühungen von Hansen. Der letztere war es auch, durch den die schwierige Frage über die Bewegung des Mondes ganz erheblich näher gebracht wurde. Tafeln, aus denen für jede gegebene Zeit der Ort des Mondes, seine Bewegung u. berechnet werden können, hatten schon Mayer, Bürg und Burkhardt in hinreichender Brauchbarkeit construiert. Plana und Delaunay versuchten sich an der Theorie, aber erst Hansen's Genie und Beharrlichkeit in der Bewältigung analytischer und numerischer Entwicklungen gelang die strenge Lösung des überaus complicierten Problems. Seine Mondtafeln (1857), obwohl in gewissen Punkten noch weiterer

¹⁾ Es ist merkwürdig, wie lange man diese Nothwendigkeit überseh. Selbst Gauss blieb bei der „Pallas“ durch 9 Jahre (6 Oppositionen) bei rein elliptischen Elementen stehen, bevor er dieselben zur Ermittlung von Störungen verwendete.

²⁾ Berliner astr. Jahrb. 1864.

Verbesserungen harrend, blieben für lange Zeit das Fundament für alle mit der Mondbewegung zusammenhängenden Aufgaben.

Die Erwähnung der mathematisch-numerischen Untersuchungen *Hansen* als eines besonderen Zweiges der astronomischen Rechenkunst führt uns von selbst noch zu den ähnlichen Arbeiten *Leverriers* über die Bewegungstheorie der großen Planeten. Die große Bedeutung *Leverriers* ruht weniger in der rechnerischen Entdeckung des Neptun, als vielmehr in der von ihm in der umfassendsten, scharfsinnigsten Weise ausgeführten analytisch-numerischen Untersuchung des ganzen, aus den Einwirkungen der Planeten aufeinander hervorgehenden complicierten Organismus von Störungsgliedern und anderweitigen Beziehungen. Man könnte beinahe sagen, diese endgültige Durcharbeitung der Planetentheorie sei ihm allein die Hauptsache gewesen, da er uns die eigentliche Frucht seiner Arbeiten, die Tafeln von Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn und der Sonne in weniger vollendeter Form, wenigstens betreffs einiger dieser Planeten, hinterlassen hat. Die rechnerische Entdeckung des Neptun¹⁾ ist gleichwohl als eine große That aufzuführen, denn sein Werk (1849) vereinigt zielbewußten Gedankengang mit subtilster Genauigkeit der Rechnung. — Mit *Leverriers* Arbeiten, an welche noch *Newcombs* vorzügliche Untersuchungen über die Bewegung des Uranus und Neptun und den Mond anzureihen sind, hätten wir die Hauptzüge der Entwicklung der astronomischen Rechenkunst geschildert und wenden uns im Schlußartikel zu einer kurzen Betrachtung der rechnerischen Aufgaben, welche die Gegenwart beschäftigen. —

III. Die rechnerischen Aufgaben der Gegenwart.

In unserer Zeit haben die einzelnen Zweige des astronomischen Rechnens eine allmählich schärfer gewordene Trennung erfahren. — Die geodätischen Rechnungs-Operationen haben sich völlig zu einer selbstständigen Wissenschaft entwickelt. In der Beschäftigung der Astronomen ist eine gewisse Scheidung eingetreten. Die große Zahl der an den Fernröhren derzeit zu beobachtenden Objecte und die fortwährend wachsende Rechnungsarbeit, welche aus den Beobachtungen fruchtbringende Erkenntnisse ziehen will, hat von selbst mehr und mehr zu einer Specialisierung der astronomischen Mitarbeiter, zu denen der „Observatoren“ und jenen der „Rechner“ geführt. Die letzteren fassen ihre Ziele entweder im weiteren Sinne, indem sie, an der Hand der Mathematik in Probleme eindringend, Aufgaben analytisch und numerisch lösen und klar legen, oder, im engeren Sinne, indem sie die eigentliche numerische Rechnung zu ihrer Hauptaufgabe machen. Die letzteren beiden Classen von Astronomen bedürfen zu ihren Arbeiten sehr wenig einer Sternwarte,

¹⁾ Neptun wurde bekanntlich nach den aus den Störungen des Uranus von *Leverrier* abgeleiteten Bahnelementen in Berlin am 23. September 1846 von *Galle* aufgefunden.

sie führen ihre Thaten am Schreibtische aus, und daß diese Thaten sich zu überaus bedeutenden gestalten können, das beweisen die Namen Bessel, Hansen, Oppolzer und viele andere. Die Größe eines Astronomen wird eben — um das Witzwort eines geistreichen Gelehrten zu gebrauchen — „nicht mit der Länge seines Fernrohrs gemessen.“

Das Reducieren der Beobachtungen¹⁾, einstmalß die Hauptquelle der früheren Astronomen zur Erlangung rechnerischer Fertigkeit, gehört längst nicht mehr zum Gebiet eigentlicher „Rechner“, an Stelle dessen ist namentlich die Bearbeitung der Planeten- und Kometenbahnen getreten. Wir müssen diesen Zweigen der Rechenkunst einige Betrachtungen widmen.

Was zuerst die kleinen Planeten (Asteroiden) anbetrifft, so hat die Bearbeitung der Bahnen derselben seit der Mitte unseres Jahrhunderts einen großen Aufschwung genommen; man kann behaupten, daß der größte Theil der jetzigen jüngeren Generation der Astronomen an ihnen rechnen gelernt hat. Encke und seinen Schülern, unter diesen namentlich in hervorragender Weise Tietjen, gebührt das Verdienst, die Methode der Bahnbestimmung gefördert und die Wege zur Ermittlung der von den großen Planeten auf die Asteroiden ausgeübten Störungen geebnet und den weiteren Kreisen der Astronomen zugänglich gemacht zu haben. In Oesterreich fand die Bahnbestimmung der kleinen Planeten einen der eifrigsten Vertreter an Oppolzer. Diese Meister waren es auch, die in der richtigen Erkenntnis, daß sich die immer mehr und mehr wachsende Masse von Rechnungsarbeit, die aus der fortwährenden Entdeckung neuer Planeten und der zahlreichen Beobachtung derselben²⁾ hervorging, nur durch einen festen Rechenmechanismus werde bewältigen lassen, die ganze rechnerische Arbeit zu vereinfachen und auf gewisse Normen zu bringen trachteten. Man hat geklagt, daß hierdurch der Geist der Methode verloren gehe. Es scheint, mit Unrecht; denn wenn man verlangen wollte, daß sich der mit Planetenrechnungen zum so und so vielen Male beschäftigte Astronom den Weg überlegen soll, auf dem

¹⁾ Die Positionsbestimmungen der Gestirne werden an den Instrumenten meist nicht direct verhalten; die Messungen sind zum Theil nur Differenzmessungen gegen benachbarte Sterne (Mikrometerbestimmungen), aber alle erscheinen mit den Instrumentalfehlern behaftet, müssen außerdem von der Refraction befreit und bisweilen (Meridianbeobachtungen) auf eine gemeinsame Epoche gebracht werden; die hierzu erforderlichen Rechnungen nennt man „das Reducieren“ der Beobachtungen.

²⁾ Vermöge der jetzigen Fadenmikrometer, der elektrischen Registrirapparate, der Ablösungen der Kreistheile vom Fernrothrocular aus und der vielfachen sonstigen Bequemlichkeiten, namentlich aber der Reichhaltigkeit unserer Sternkataloge, sind die Beobachtungen bei weitem schneller abzuwickeln. Encke gibt an (Astr. Jahrb. 1862), daß früher die Planetenbeobachtungen 6mal so viel Zeitaufwand bedurften als um 1862, und daß Gauß jede Beobachtung auf 2 Tage veranschlagt habe. Seit Endes Zeiten aber haben unsere Einrichtungen wieder einen ganz erheblichen Schritt vorwärts gethan.

er zum Resultate kommt, darf man dem Observator auch zumuthen, daß er bei jeder Mikrometerbeobachtung eine tiefsinnige Betrachtung anstelle. Die Rechnung und die Beobachtung sind eben nur Mittel zum Zwecke. Die vollständige und auf einen bestimmten Endzweck gerichtete Bahnbestimmung eines der kleinen Planeten verlangt übrigens Aufmerksamkeit und Denken in reichem Maße, wovon sich manche Astronomen, welche die Sache für gar leicht hielten, durch begangene Schnitzer zu ihrem Leidwesen haben überzeugen müssen.

Gegenwärtig benützt noch ein aus freiwilligen Mitarbeitern aller Herren Länder zusammengesetztes Corps von Astronomen die Bahnbestimmung der Asteroiden dazu, sich in seinen Thaten die ersten Sporen zu verdienen. Viele Monographien über einzelne Asteroiden, von denen manche eine mehrjährige Rechnung in Anspruch genommen haben, sind aus diesem Freiwilligencorps hervorgegangen. In Berlin hat die Königl. Sternwarte eine Centralstelle für die laufende Planetenbearbeitung eingerichtet: sie ist dem Recheninstitut der Sternwarte einverleibt. Trotz dieses Zusammenwirkens der Arbeitskräfte müssen wir heute sagen, es graut uns vor den kleinen Planeten, denn es ist kein Absehen, wie wir auf gute Art (d. h. wenn genauere Kenntniss der einzelnen Bahnen verlangt wird) mit ihnen fertig werden sollen. Raum 40 der jetzigen 287 Asteroiden sind eingehend und genau bearbeitet, nur etwa 25 so detailliert und in Beziehung auf die Störungen, welche sie durch die großen Planeten (meist Jupiter und Saturn) erleiden können, derart untersucht, daß man ihre Bewegung aus Tafeln entnehmen kann. Es ist kein Wunder, wenn jetzt schon radicale Reformationsgedanken laut werden, wie die fernere Bearbeitung der Asteroiden zu gestalten wäre. Im allgemeinen haben die kleinen Planeten, das muß man zugestehen, als Früchte der astronomischen Erkenntnis an Interesse verloren, und die Rechnung wird sich deshalb wahrscheinlich auf solche Objecte zurückziehen, welche in irgend einer Weise für Parallaxen- oder Massenbestimmungen, u., nützlich werden kann.

Das Kometenbahnproblem hat in unserer Zeit namentlich durch *O p p o l z e r s* Arbeiten einen weiten Schritt vorwärts gethan, sowohl durch die von ihm aufgestellte allgemein gültige Bahnbestimmungsmethode (die *D I b e r s'sche* Methode wird nämlich in gewissen Fällen unbrauchbar), als durch seine Bemühungen, die Behandlungsart der Kometenbahnen einem größeren Kreise von Rechnern zugänglicher zu machen. Das Interesse, welches die Kometen darbieten und dessen Förderung die Rechnung vorzugsweise berufen erscheint, ist ein im Vergleiche zu den kleinen Planeten bei weitem größeres und vielseitigeres. Es würde eines eigenen Aufsatzes speciell über diesen Gegenstand bedürfen, um dies eingehender klar legen zu können. So ist z. B. von Wichtigkeit, zu erforschen, ob ein eben entdeckter Komet mit einem in früheren Jahren gesehenen identisch ist oder in seinen Bahnelementen eine gewisse Verwandtschaft mit einem solchen zeigt. Das erstere läßt erwarten, daß der

Komet nach einer Anzahl Jahre wieder von der Erde aus sichtbar werden wird, also ein periodischer, in einer meist stark excentrischen Ellipse um die Sonne sich bewegender Himmelskörper ist. Das zweite Moment läßt unter Umständen einen Schluß über die Zusammengehörigkeit des entdeckten Kometen mit einem Systeme oder einer Gruppe von andern Kometen gerechtfertigt erscheinen; störende Kräfte der Planeten oder, auf was man in neuerer Zeit aufmerksamer geworden ist, im Innern der Kometen selbst auftretende Umwälzungen können die Auflösung der Gruppe oder des Urförpers bewirkt haben. Diese Fragen zu lösen, bedarf es meist sehr eingehender Rechnungen. Man muß bedenken, daß die Kometen in allen möglichen Arten von Bahnen durch das Sonnensystem hindurchschreiten, in Ellipsen von mäßigen und starken Excentricitäten, in nahezu parabolischen Bahnen und selbst in Hyperbeln. Sie können planetarische Störungen in allen Theilen des Sonnensystems und darunter solche von so bedeutender Größe erleiden, daß ihre Bahnen eine ganz wesentliche Veränderung erfahren. Die Rechenarbeiten gestalten sich deshalb schon der Störungen wegen bei Fragen der obgedachten Art zu umfassenden Untersuchungen. Beispielsweise ist von Chandler darauf hingewiesen worden, daß der Brooks'sche Julikomet von 1889, derselbe, an welchem auch im Verlauf der Beobachtungen das Auftauchen von mehreren Nebenkometen bemerkt worden ist, im Jahre 1886 eine außerordentliche Störung durch das Jupitersystem erlitten hat. Diese Störung kann möglicherweise die Ursache der Nebenkometen sein. Der Komet sei derselbe, der im Juni 1770 erschienen und für welchen von Legerell und Burckhardt eine Umlaufszeit von $5\frac{1}{2}$ Jahren erhalten worden ist. Durch die Störungen, die der Komet 1779 und 1886 erfahren, sei seine Bewegung und seine Bahn total umgeändert worden. Die rechnerische Untersuchung dieser Aufgabe kann, wenn halbwegs sichere Resultate abgeleitet werden sollen, sich zu einer sehr zeitraubenden gestalten. Eben so interessant und für die Erkenntnis der Natur der Kometen von Wichtigkeit ist die Entscheidung der Frage, ob Kometen, welche der Sonne außerordentlich nahe kommen, ja wie es bei einigen (1668, 1843 und 1880) der Fall gewesen, die glühende Sonnenoberfläche streifen, beträchtliche Störungen ihrer Umlaufszeit wegen des Widerstandes erfahren, dem sie in der Gasatmosphäre der Sonne begegnen. Bemerkenswert ist, daß der Komet 1882 II, welcher der Sonne ebenfalls sehr nahe kam, und dessen Vorübergang vor ihr beobachtet werden konnte, nach der Rechnung keine Spur einer erlittenen Störung erkennen läßt. Welche eigenthümlichen Resultate die weitere Verfolgung des Encke'schen Kometen ergeben hat, habe ich schon früher berührt.

Die Kometen und Planeten sind es hauptsächlich, um welche sich die rechnerische Thätigkeit der Gegenwart bewegt, und das Hauptobject werden auch fernerhin allem Anschein nach die Kometen bleiben; der Rechenaufwand, welcher für die sich immer mehrende Zahl der Kometen

von periodischer Wiederkehr allein nothwendig ist, wird dafür schon sorgen, daß die Kometen nicht vergessen werden; auch bei den sonstigen Fragen wird, nachdem die sanguinischen Erwartungen, die an die Spectralanalyse und Photometrie dieser Gestirne geknüpft wurden, nicht ganz in Erfüllung gegangen sind, der Rechnung eine gewichtige Stimme verbleiben. — Eine große Zukunft, scheint es, haben die rechnerischen Thaten auf dem Gebiete der Bahnbestimmung der Doppelsterne. Derzeit freilich stehen wir in der Güte der Beobachtungen dieser Gestirne und in den rechnerischen Erfolgen noch am Anfange. — Zu einer Heldenthat astronomischer Rechenkunst würde sich eine genaue Durcharbeitung der Mondtheorie, verbunden mit der Construction endgiltiger Mondtafeln und deren Vergleichung mit den tausenden der vorhandenen Mondbeobachtungen, gestalten. Allein das geht über die Kräfte eines Menschen. Hier wird wahrscheinlich eine Vereinigung von Astronomen zusammenwirken müssen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem Vereine der Naturfreunde in Reichenberg](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [22 1891](#)

Autor(en)/Author(s): Ginzel F. K.

Artikel/Article: [Blicke auf die Vergangenheit und Gegenwart der astronomischen Rechenkunst 1-17](#)