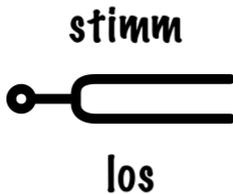


J. H. Mädler

**Betrachtungen über
die Sternsysteme.**



Impressum

Titel: Betrachtungen über die Sternsysteme

Autor: Johann Heinrich Mädler, seit 1865 von Mädler, (* 29. Mai 1794 in Berlin; † 14. März 1874 bei Hannover)

Erschienen in: Westermann's Illustrierte Deutsche Monatshefte, No. 4., Januar 1857, Erster Band, Seiten 405-419, October 1856 - März 1857, Druck und Verlag von George Westermann, Braunschweig, 1857

Herausgeber dieser Edition: Dr. Andreas Hungeling

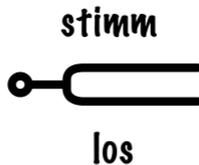
stimm-los, Schwedt/Oder, 09/2025

stimme@stimm-los.de

www.stimm-los.de

Hinweise zur Transkription

Die vorliegende Lesefassung basiert auf dem Originaldruck des Essays aus dem Jahr 1857. Der Text wurde vollständig transkribiert und mit größter Sorgfalt aufbereitet, um ihn heutigen Leserinnen und Lesern zugänglich zu machen – ohne den Charakter des Originals zu verändern. Diese Ausgabe behält die Sprache, den Stil und die Rechtschreibung der Zeit weitgehend bei, wurde jedoch behutsam modernisiert, um die Lesbarkeit zu erhöhen. Die Frakturschrift des Originals wurde durch Antiqua ersetzt. Fremdsprachige Ausdrücke, die damals im Fraktur-Druck mit der Antiqua-Schrift hervorgehoben waren (z. B. Englisch oder Französisch), erscheinen hier kursiv. Wörter mit größerem Buchstabenabstand, die im Original zur Betonung dienten, sind in dieser Ausgabe ebenfalls durch Sperrsatz hervorgehoben. Die Abkürzung „ꝛ.“, wie sie damals üblich war, wurde in die heute verständlichere Form „u.s.w.“ übertragen. „ꝛ.“ ist eine historische Ligatur und steht für „et cetera“. In dieser Transkription wurde das historische lange „f“ (Lang-s), wie es im Originaldruck von 1857 verwendet wird, einheitlich durch das moderne „s“ ersetzt. Diese Anpassung dient der besseren



Lesbarkeit, insbesondere für heutige Leserinnen und Leser, die mit der Frakturschrift und ihren typografischen Eigenheiten nicht vertraut sind. Die übrige Orthografie, Zeichensetzung und Typografie des Originals wurde – soweit möglich – beibehalten, um dem historischen Textbild treu zu bleiben. Was die Rechtschreibung betrifft, so wurde sie nicht vereinheitlicht, sondern so übernommen, wie sie im Original erscheint – auch wenn sie aus heutiger Sicht manchmal ungewohnt wirkt. Offensichtliche Druckfehler wurden korrigiert, sofern sie eindeutig zu identifizieren waren (etwa falsche Buchstaben, Wortdopplungen oder fehlende Satzzeichen). Uneindeutige oder zeitübliche Besonderheiten wurden belassen, um den historischen Sprachklang zu bewahren.

Betrachtungen über die Sternsysteme.

Von J. H. Mädler.

Ueberschauen wir den Zustand der Fixstern-Astronomie, wie er sich noch vor einem Vierteljahrhundert gestaltet hatte, so ergibt sich, daß überall nur Vorarbeiten, Anfänge und Versuche vorlagen, nirgend jedoch ein definitives Resultat, das die Benennung Fixsternsystem gerechtfertigt hätte. Denn alles, was wir den unsterblichen Arbeiten Bradley's, Herschel's und Anderer verdanken, hat erst in unsern Tagen zu wahrhaft fruchtbaren Ergebnissen geführt. Keines Fixsterns Entfernung konnte, selbst nur in rohester Annäherung, als bekannt angenommen werden; alle seit Jahrhunderten mit der äußersten Sorgfalt, mit dem durchdringendsten Scharfsinn unternommenen Versuche, Fixsternparallaxen zu bestimmen, waren gescheitert, und nur die anderweitig durch sie veranlaßten, aber von ihren Urhebern nicht direct beabsichtigten Entdeckungen und Vervollkommnungen setzten sie in den Stand, auf ihre Arbeiten mit Befriedigung zurückzublicken, während die Hauptaufgabe, die sie sich vorgesetzt, ihrem ganzen Umfange nach der Zukunft vorbehalten blieb.

Aehnliches galt von den Bewegungen der Fixsterne, die man schon seit Halley (1700) zu ahnen, seit Bradley (1750) und Piazzini (1800) wahrzunehmen angefangen hatte. Noch kein Gesetz

hatte sie geregelt, noch kein nur einigermaßen wahrscheinliches Centrum konnte für sie nachgewiesen werden. Namhafte Astronomen durften sich noch für berechtigt halten, die ganze, von Herschel I. so scharfsinnig anticipirte Theorie der Doppelsternbewegungen in Zweifel zu ziehen und ihre engere Verbindung überhaupt in Abrede zu stellen, und einem Biot, Gauß und Bessel konnte man nicht Unrecht geben, wenn sie noch in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts alles, was die eigne Bewegung unsrer Sonne betraf, als gänzlich ungewiß und nichts beweisend betrachteten. Noch war kein einziges Band gefunden, welches unser Sonnensystem mit dem, was außer ihm im Universum vorhanden war, verknüpft hätte, wenn gleich eine dreiste Conjectur schon lange vorher von einem Planeten- und Kometengefolge der einzelnen Fixsterne als von einer ausgemachten Sache zu sprechen gewagt hatte.

Man kann es den Männern, die mit so unübertrefflicher Beharrlichkeit und strenger Consequenz ein langes Menschenleben hindurch ihre uns jetzt so trefflich zu Statten kommenden Arbeiten ausführten, nie genug danken, daß sie an der endlichen Lösung der großen Aufgabe, die ihrem Geiste vorschwebte, nicht verzweifelten, wie sehr auch das Ziel, das zu erreichen sie bemüht waren, in immer weitere Ferne zurückwich; wie wenig sie sich auch verhehlen konnten, daß sie statt neuer Ergebnisse nur neue vorher nicht geahnte Schwierigkeiten gefunden hatten und ihren Nachfolgern eine schwere-

re Arbeit hinterließen, als sie selbst zu übernehmen gemeint hatten.¹⁾¹

Daß die bisherigen Hilfsmittel und Methoden, auch bei beharrlichster Fortsetzung und Wiederholung der Beobachtungen, keine Hoffnung des Gelingens für jene großen Aufgaben gewährten, war nicht länger zu verkennen. Es mußten neue Werkzeuge geboten und neue Methoden versucht werden, wenn man das muthlose Eingeständniß, daß das gesteckte Ziel ein unerreichbares sei, vermeiden wollte. Vor allem war es Münchens von Fraunhofer ins Leben gerufene Werkstätte, welche uns das Heliometer und Fadenmikrometer in solcher Vollkommenheit lieferte, daß die früher erreichbare Genauigkeit sehr bedeutend (in einzelnen Fällen um das Zehnfache) überboten werden konnte. So durfte Struve (1837) es wagen, die Parallaxe der Wega, an der ein Piazzì, Calandrelli, Brinkley und Pond vergebens sich versucht hatten, als eine meßbare zu bezeichnen, wenn gleich ihr Betrag, wie es nicht anders zu erwarten war, später mehrfache Modificationen erfahren hat. Erfolgreicher noch waren die gleichzeitigen Arbeiten Bessel's, der seiner Parallaxe des Doppelsterns *61 Cygni* gleich anfangs einen solchen Grad von Sicherheit zu geben wußte, daß spätere Beobachtungen und Bearbeitungen nichts Wesentliches zu verbessern, und nur sehr wenig zu verändern fanden. Der so überraschend günstige Erfolg bewies, daß es ein glücklicher Ge-

¹ Die Anmerkungen zu den mit Ziffern bezeichneten Stellen befinden sich am Schlusse des Aufsatzes.

danke gewesen, nicht vorzugsweise die am hellsten glänzenden, sondern vielmehr die für unsern Anblick am schnellsten sich fortbewegenden Sterne zu solchen Untersuchungen auszuwählen.

Bessel hatte das Heliometer, Struve das Fadenmikrometer zu seinen Parallaxenbeobachtungen angewandt. Aber auch der große Verticalkreis des Caps der guten Hoffnung sollte, wenigstens für einen der dort sichtbaren Sterne, sich in dieser Richtung als erfolgreich bewähren. Henderson's später von Maclear fortgesetzten Beobachtungen von α Centauri lehrten uns, daß dieser Stern unter allen bis jetzt untersuchten die größte Parallaxe habe und folglich der Erde am nächsten stehe; und noch für einige andre Sterne wurden auf diese Weise, wenn gleich mit geringerer Sicherheit, annähernde Parallaxen gefunden.²⁾

So war denn, wie John Herschel in seiner Eröffnungsrede der Versammlung der British Association (1838) es aussprach, an drei verschiedenen Orten, durch drei verschiedene Methoden der Beobachtung die bisher so unübersteigliche Schranke, die uns von den Fixsternen trennte, glücklich durchbrochen worden. Das Unendliche hatte sich zum Endlichen, Meßbaren gestaltet; es war gelungen denselben Maßstab, an dem die Verhältnisse des Sonnensystems gemessen worden, bis in die Tiefen des Sternenhimmels zu tragen. Von nun an durfte mit Grund gehofft werden, daß die Unbestimmtheit und Ungewißheit, in die bisher Alles gehüllt war, was sich jenseit der letzten Planetenbahn befand, allmählich und unaufhaltsam in Klar-

heit und Gewißheit übergehen, daß eine Zukunft kommen werde, in der man über die Verhältnisse des Fixsternsystems mit ähnlicher Evidenz, wie jetzt über die des Sonnensystems, sich werde Belehrung verschaffen können.

Nicht wenig mußte diese Hoffnung verstärkt werden, als es *Argelander* gelang, durch Vergleichung seiner in Abo (1825-34) angestellten Beobachtungen mit denen von *Bradley* (1750-62) und einiger andern Astronomen ein bestimmteres und besser begründetes Resultat über die Richtung der eignen Bewegung unsrer Sonne oder vielmehr des gesammten Sonnensystems zu gewinnen, und von diesem Standpunkt aus konnte sein Versuch, auch das Centrum zu bestimmen, auf welches jene Bewegung sich bezieht, gerechtfertigt erscheinen. Wenn er gleichwohl nicht nach Wunsch gelang, und *Argelander* nur die Ueberzeugung gewährte, daß noch weitere Vorarbeiten vorliegen und daß überhaupt die Lösung auf einem andern Wege gesucht werden müsse, so verdient nichts desto weniger auch dieser Theil seiner Arbeit den Dank der Astronomen.³⁾

Denn wenn *Lambert* und *Kant* schon im 18. Jahrhundert es wagten, ersterer den Nebelfleck *Orion's*, letzterer den *Sirius* als Centralpunkt des Fixsternhimmels zu bezeichnen, so waren es weniger astronomische Thatsachen als naturphilosophische Speculationen, die zu diesen Annahmen geführt hatten. *Argelander* war es zuerst, der die wahrgenommenen Bewegungen zu diesem Behuf benutzte. Es konnte ihm nicht entgehen, daß der

Weg, der bei Planeten, Kometen und Monden zur Bahnbestimmung eingeschlagen wird, bei Fixsternen überhaupt nicht oder doch erst nach Verlauf vieler Jahrtausende, eingeschlagen werden könne. Annähernd richtige Bahnbestimmungen können, selbst wenn Ort und Masse des Centrums bekannt sind, nur aus drei vollständigen Oertern, die eine merklich veränderte Geschwindigkeit oder doch eine Abweichung vom größten Kreise verrathen, bestimmt werden. Der von ihm gewählte Weg hätte möglicher Weise zum Ziele führen können, wenn gewisse Voraussetzungen rücksichtlich der Form der Milchstraße und der Masse des centralen Körpers der Wirklichkeit entsprochen hätten. Auch mußte vor allen Dingen jeder Zweifel über das im Fixsternheere waltende Bewegungsgesetz beseitigt sein.

Aus *Argelander's* Combinationen schien es, als ob ein Punkt im Perseus in das allgemeine Centrum gesetzt werden müsse. Der Umstand, daß Perseus keinen besonders hellen Stern darbietet, veranlaßte unter andern *Struve* (in seinem Bericht über *Argelander's* Arbeit) nicht allein die Annahme dieses Punktes, sondern überhaupt die ganze ein allgemeines Centrum bedingende Hypothese als unwahrscheinlich zu bezeichnen, und alle gegenseitigen Beziehungen in der Fixsternwelt auf die einander nahe stehenden Glieder, wie sie sich als Doppel- und mehrfache Sterne darstellen, zu beschränken.

Es war unverkennbar, daß ohne eine möglichst erschöpfende Untersuchung dieser Doppelsterne

keine Gewißheit über das dort Statt findende Bewegungsgesetz zu erlangen war. Die Thatsachen, mit denen sich seit *Herschel* die Fixstern-Astronomie bereichert hatte, gestatteten nicht länger, jenen über einander gestellten gleichartig construirten Ordnungen von Systemen, wie wir sie am bestmtesten und ausführlichsten von *Lambert* dargestellt finden, einen Platz in der Wissenschaft einzuräumen. Nach ihm hatte man, von unten herauf gezählt, zuerst die Mondensysteme der Planeten, hierauf die Planeten- und Kometensysteme der einzelnen Sonnen, weiter die Sonnensysteme der Sterngruppen, ferner höhere diese Sterngruppen zusammenfassende, sodann solche, welche eine ganze Milchstraße mit allen zwischenliegenden Sternen begreifen und endlich das vereinigte Gesamtsystem der Nebelflecke. Jede niedere Ordnung stellte ein Modell der nächst höheren dar; in jeder domirte ein Centalkörper, um den die übrigen nach den *Kepler'schen* Gesetzen kreisten, und ähnliche gegenseitige Beziehungen wiederholten sich in den immer höher potenzierten Ordnungen, die nur durch räumliche Ausdehnung, sowie durch Größe und mannigfaltigere Gliederung der secundären Massen sich unterschieden. Die Milchstraße zerfiel nach ihm in sechs Einzelgruppen.⁴⁾

In einem solchen Systeme hätte sich für die Doppelsterne kein Platz gefunden, und die Heftigkeit, mit der *Nicolaus Fuß* und *Maximilian Hell* die Entdeckungen des Mannheimer Astronomen *Christian Mayer* angriffen, hatte ihren Grund wohl nur in dieser Unvereinbarkeit.

Denn was um einen einzelnen Fixstern, ein Analogon unsrer Sonne, seinen Lauf beschrieb, konnte nach Lambert nur ein Planet oder Komet sein, und es bedurfte keines großen Scharfsinns, um zu beweisen, daß ein solcher Begleiter für uns unsichtbar bleiben müsse, selbst unter Anwendung der mächtigsten optischen Hilfsmittel, während doch Mayer nur sehr mäßige zu Gebote gestanden hatten. Und der Entdecker selbst scheint über die Bedeutung seiner Wahrnehmungen ziemlich unklare Begriffe gehabt zu haben: er wäre sonst in ihrer Vertheidigung viel sicherer aufgetreten und hätte nicht mit solcher Beharrlichkeit den Namen Fixsterntrabanten festgehalten.⁵⁾

Als es nicht länger möglich war, sich gegen die so überraschend großartigen Entdeckungen W. Herschel's theilnahmlos oder negirend zu verhalten; als das, was man anfangs nur höchstens als seltne Ausnahme, als eine Art von Naturspiel betrachtet hatte, sich in Hunderten, ja Tausenden von Fällen am Fixsternhimmel wiederholt fand, mußte man allerdings die damals sehr beliebten Lambert'schen Kategorien, wenn nicht gänzlich verlassen, doch sehr wesentlich modificiren. Denn zwei ganz oder nahezu gleich gewichtige Sonnen, die nicht um einen Centralkörper, sondern nur um ihren gegenseitigen Schwerpunkt kreisten, waren weder in den Monden- noch in den Planetensystemen vorgebildet. Und andererseits mußte es doch sehr auffallen, daß die glänzenderen Fixsterne, namentlich die von der ersten Größe, auf die man bei jener oben geschilderten idealen Gruppierung be-

sonders sein Augenmerk gerichtet hatte, so gar nichts darboten, woran man sie als Centralsterne hätte unterscheiden sollen. Kein reicheres Sterngefolge umgab sie, keine merklich rascheren Bewegungen zeigten sich in ihrer Nähe, an ihrer in einzelnen Fällen bedeutenden Eigenbewegung nahm keiner der optisch benachbarten Sterne Antheil, und zu den Doppelsternsystemen gehörten von ihnen nach Verhältniß nicht erheblich mehr als von den übrigen Sternen geringerer Größe.⁶⁾ Es zeigte sich je länger desto mehr, daß der Fixsternhimmel rücksichtlich seiner Gruppierung etwas ganz Anderes darstelle, als etwa ein Sonnensystem im vergrößerten Maßstabe.

Diese Wahrnehmung, verbunden mit einer Ansicht, die im abgewichenen Jahrhundert selbst noch unter den Männern der Wissenschaft Vertreter fand, und nach welcher ein nothwendiger Zusammenhang zwischen Anziehung und Beleuchtung Statt haben sollte — als Hauptgrund machte man geltend, daß beide im Verhältniß des Quadrats der Entfernung abnehmen — mußte die allgemeine Geltung des Newton'schen Gesetzes für die Fixsternweiten als sehr problematisch erscheinen lassen, zumal wenn man übersah, daß dieses Gesetz außer den in den Planeten- und Mondensystemen realisirten Anwendungen noch manche andre zulasse und mit Systemen von sehr verschiedener Constitution gleich gut verträglich sei.⁷⁾ So dachte sich Kant bei den Fixsternen freie, gradlinige, durch keine partielle Gravitation abgelenkte Bewegungen ohne gegenseitige Anziehung neben

einander; noch anderer Hypothesen zu geschweigen, deren Urheber sich als weit weniger tiefe Denker manifestirten und den nach ihrer Meinung gesetzlosen Fixsternhimmel für ein geeignetes Feld ihrer freien Phantasien betrachteten. Nur mit tiefem Bedauern kann man der Aeüßerungen gedenken, die wir in den Schriften des genialen Philosophen Hegel antreffen.

Die Nachwelt wird es unbegreiflich finden, wie ein solcher Geist sich so weit verirren konnte, den Fixsternhimmel für etwas, das unsrer Forschung und Bewunderung unwürdig sei, zu erklären. Ordnung und Zusammenhang erblickte er nur im Planetensystem. Die einzelnen Sterne waren ihm nichts als ein gleichsam krankhafter Lichtausschlag, eine Verknotung des Aethers; der in seiner allgemeinen, den Raum überall gleichmäßig erfüllenden Verbreitung gedacht, ihm viel großartiger und erhabener dünkte, als das gegenwärtige Sternengewimmel. Viel leichter wird es uns, ihm seinen 1800 veröffentlichten Beweis, daß es nur sieben Planeten geben könne, zu verzeihen, als das starre Festhalten an einer solchen Ansicht mitten im Zeitalter der großartigsten und überraschendsten Entdeckungen. Hoffentlich wird die Philosophie den stets so unglücklich ausgefallenen Versuch, die Natur *a priori* zu construiren, fortan für immer aufgeben.

Mehr als ein halbes Jahrtausend ist hingeschwunden, seit der alte Bacon es aussprach: „Lasset uns Thatsachen sammeln, darin besteht unsre ganze Philosophie!“ Und sie wurden gesammelt; in

wachsender Progression ist ihre Fülle in unsern Tagen eine so große geworden, daß es den Berechnern und Bearbeitern kaum mehr möglich ist, sie in vollem Maße und nach allen Richtungen hin auszubeuten. Jeder, der solchen Zielen seine Thätigkeit widmen will, findet in allen Naturwissenschaften überreichen Stoff, und die lohnendsten Resultate bleiben nicht aus, wo man beharrlich und in rechter Weise bemüht ist, des Stoffes Meister zu werden. Aber freilich gehören zu einer solchen Benutzung gründliche Kenntnisse, die auch selbst die größte Kunst des Popularisirens nicht stets so mundgerecht machen kann, wie viele in unsern Tagen aus geistiger Schlaffheit und Bequemlichkeit wünschen mögen. Daher die Erscheinung, daß es noch bis auf diese Stunde nicht an Autoren fehlt, denen die Forderung, sich mit den Beobachtungen gründlich zu befassen, ein Dorn im Auge ist, die sie weder selbst anzustellen, noch die von andern angestellten und dargebotenen wissenschaftlich zu benutzen verstehen, und die dennoch in dem Wahne stehen, mit ihren Orakelsprüchen das neunzehnte Jahrhundert belehren zu können. Ein Glück, daß die echten Forscher nur in seltenen Fällen sich genöthigt sehen, öffentlich vor diesen falschen Propheten zu warnen und den Ungrund ihrer Behauptungen aufzudecken.

Es erschien nothwendig, dem Gange unsrer Beobachtungen diesen chronologischen Rückblick voranzuschicken. Wenn neue Wahrheiten nicht mit Einem Schlage hervortreten, wenn der Zeitpunkt ihrer Enthüllung sich nicht genau fixiren läßt und sie nie im speciellen Sinne des Worts *Epoche*

gemacht haben, so ist man nur zu leicht geneigt, sie als etwas von jeher Ausgemachtes und Bekanntes zu betrachten. Die hohe Wichtigkeit des Satzes, daß die von Newton aufgestellte, aber von ihm nur für das System unsrer Sonne nachgewiesene Formel der Gravitation ein allgemeines Weltgesetz sei, und außerhalb des Sonnensystems sich nicht minder als innerhalb desselben bewähre, wird von Niemandem verkannt werden. Er ist in dieser Präcision und Bestimmtheit entschieden ein Eigenthum der Jetztzeit, allein er gehört keinem Namen ausschließlich an und keine bestimmte Jahrzahl wird ihn in den Annalen der Wissenschaft bezeichnen. Das ist es gerade, was den echten Wahrheitsfreund am meisten erfreuen muß, daß nicht mehr wie früher einzelne blendende Lichter meteorartig und unerwartet die umgebende tiefe Nacht erhellen, sondern daß allmählich ein Morgenroth anbricht, in dem es nicht mehr so leicht ist, die einzelnen hellern Punkte aufzufinden und mit Bestimmtheit als solche zu bezeichnen. Die großen Alten — wer möchte ihrer Verehrung sich entziehen! — sie würden in unsern Tagen ein etwas geringeres Maß der Bewunderung erregen, aber sie würden sich heimischer und glücklicher fühlen und der Abend ihres Lebens nicht mehr dem trostlosen Gedanken, von ihrer Mitwelt nicht begriffen zu sein, zum Raube werden.

Die relativen Stellungsveränderungen mehrerer Doppelsterne, die Herschel I. aus seinen nach 20 Jahren wiederholten Beobachtungen folgerte, mußten bald auf die Idee einer Umlaufbewegung führen. Allein es lassen sich, namentlich bei

ganz oder nahe kreisförmigen Bahnen, sehr verschiedene Formen des Bewegungsgesetzes denken, und überdies war es noch gar nicht ausgemacht, ob die Bahnen wirklich geschlossene seien, ob nicht vielleicht bloß nahe Vorübergänge, ohne bleibende Action des einen Sterns auf den andern, uns hier vor Augen träten. Wenn daher der erste Berechner, S a v a r y, (vergl. seine Abhandlung über den Stern ξ *Ursae maj.* in der *Conn. des tems* 1822) das Newton'sche Bewegungsgesetz versuchsweise anwandte, so lag der Grund wohl weniger in einer zum Voraus feststehenden Ueberzeugung von dessen Gewißheit oder überwiegenden Wahrscheinlichkeit, sondern in dem Umstande, daß für dieses Gesetz alle Berechnungsformeln bereits vollständig entwickelt waren, während für ein anderes, auf's Gerathewohl anzunehmendes, die ganze schwierige und weitaussehende Vorarbeit neu hätte unternommen werden müssen. Auch war es offenbar noch nicht an der Zeit, durch den jetzt zu erlangenden Erfolg über die bestimmte Wahl eines Bewegungsgesetzes zu entscheiden. S a v a r y konnte den ihm zu Gebote stehenden, bloß 36 Jahre umfassenden, wenig zahlreichen Beobachtungen nur genau so viele Data abgewinnen, als unter V o r a u s s e t z u n g eines bestimmten Bewegungsgesetzes algebraisch zur Lösung erforderlich waren, und ein Schluß aus dem Ergebniß auf eben dieses Gesetz wäre ein offener Zirkel gewesen. Wir nehmen dennoch keinen Anstand, S a v a r y's Arbeit als den ersten und höchst verdienstlichen Schritt auf diesem neuen Felde, als einen wichtigen Beitrag zur

Lösung der Frage zu bezeichnen. Daß gleich die erste aller berechneten Doppelsternbahnen mit den gegenwärtig weit genauer darzustellenden Elementen so nahe harmonirt, war gewiß mehr als ein bloß glücklicher Zufall.

Einige Jahre später behandelte *Encke* denselben Gegenstand, zwar von gleichem Gesichtspunkt ausgehend, aber nach einer wesentlich verschiedenen Methode. Seine Formeln haben das Verdienst, eine mehr directe Anwendung der unmittelbaren Beobachtungen zu gestatten und sich näher an die bei andern astronomischen Bearbeitungen gebräuchlichen Relationen anzuschließen, als beides bei *Savary* der Fall war. Weniger glücklich erschien die Wahl des zur Anwendung dieser Formeln dienenden Doppelsterns *p Ophiuchi*. Freilich war, wenn nicht abermals nach so kurzer Zeit der *Savary'sche* Doppelstern gewählt werden sollte, zu jener Zeit (1829) kaum ein anderer vorhanden, bei dem das Beobachtungsmaterial sich nicht noch dürftiger und ungenügender gezeigt hätte. Auch stellte sich bei *Encke's* Berechnung ein unerwarteter, selbst jetzt noch nicht völlig aufgehellter Widerspruch zwischen den ältern und neuern Beobachtungen heraus, der übrigens, da die zahlreichen Messungen der letzten drei Decennien sich mit großer Uebereinstimmung dem *Kepler'schen* Gesetze fügen, wohl nur der Unvollkommenheit der früheren zugeschrieben werden kann. Die Formeln *Encke's* gestatten überdieß eine bequeme Ueberschau des Ganges, die auch bei der Wahl der Versuche sehr sicher leitet, und wenn auch, wie *Encke*

selbst bemerkt, seine Arbeit nicht als eine Bahnbestimmung von *p Ophiuchi* anzusehen ist, so gereicht dies ihr nicht im geringsten zum Nachtheil, da ihr wahres und eigentliches Verdienst in der scharfen und eleganten Methode zu suchen ist.

Die Grundlage für Savary bestand ausschließlich aus den Beobachtungen der beiden Herschel. Encke konnte nicht allein spätere von Herschel II. und South, sondern auch schon einige von Struve anwenden, namentlich die ersten am großen Dorpator Refractor angestellten. Jeder spätere Bearbeiter erfreute sich des großen Vortheils, ein nicht allein reicheres, sondern mit der fortschreitenden Zeit an Genauigkeit erheblich wachsendes Material seiner Bearbeitung zum Grunde legen zu können. So vertheilt sich das Verdienst, die so lebhaft discutirte wichtige Frage zur Entscheidung gebracht zu haben, in nahezu gleichem Maße auf die Künstler, welche so vortreffliche Werkzeuge lieferten, die Beobachter, die so unermüdet thätig den interessanten Gegenstand verfolgten und die Berechner, welche das Endergebnis darstellten.²

In der Folgereihe der Berechner haben wir zunächst Herschel II. anzuführen, wiewohl

² Struve, dem namentlich in der zweiten oben angegebenen Beziehung ein so bedeutend hervorragendes Verdienst gebührt, betrachtete 1837 (in seinen *Mensuris micrometricis*) das Stattfinden des Newton'schen Gesetzes für Doppelsternbahnen als noch zu erweisen, 1851 dagegen (in den *Positiones mediae stellarum*) als durch die Beobachtungen erwiesen.

sein Verdienst als praktischer Beobachter unstreitig das größere ist. In seinen „*Orbits of Double Stars*“ (*Memoirs of the Astr. Soc. Vol. X.*) schlägt er zur ersten Bestimmung einer genäherten Bahn eine graphische Methode vor, bei welcher der Calcül nur als secundäres Hülfsmittel erscheint. Bei dieser genäherten Bahn wendet er zunächst nur die Positionswinkel an, die er nicht mit Unrecht für beträchtlich genauer und sicherer hält, als die Distanzen⁸). Die bloß relativen Abstände, welche sich Herschel II. aus den Winkelgeschwindigkeiten bildet, können also nur zur Bestimmung der Bahnform, keinesweges zu der in Bogensekunden auszudrückenden Dimension führen. Dazu verwendet er am Schlusse der Arbeit die gemessenen Distanzen, die mit den relativ berechneten Radienvectoren der Projectionsellipse proportional sein müssen, wenn das angewandte Bewegungsgesetz das wahre ist.

Der Gedanke Herschel's, zur Hauptrechnung nur die Positionswinkel anzuwenden und die gemessenen Abstände, nachdem aus ihrem Gesamtcomplex die halbe große Axe bestimmt ist, nur zur Controlle der Rechnung zu benutzen, muß als ein glücklicher bezeichnet werden, wenngleich seine erfolgreiche Anwendung von Bedingungen abhängig ist, die zu jener Zeit noch viel zu wenig erfüllt waren, als daß das Resultat ein besonders günstiges hätte sein können. Auch die bei ihm zu beschränkte Anwendung des Calcüls konnte nur nachtheilig einwirken, wobei indeß zugestanden werden muß, daß auch der mühsamste und scharf-

sinnigste Calcül damals ein wesentlich richtigeres Ergebnis in keiner Weise zu verbürgen im Stande war. Der Tadel wäre nur dann gerecht, wenn jetzt nach mehr als zwanzig Jahren und unter ganz andern ohne allen Vergleich günstigeren Bedingungen jene Methode noch ganz so, wie John Herschel sie gegeben, angewandt werden sollte. Ein graphischer Entwurf zur Vorbereitung auf die eigentliche Berechnung, so wie zum Führer bei den anzustellenden Versuchen — transcendente Gleichungen erscheinen bis jetzt noch in allen hierher gehörigen theoretischen Bearbeitungen — wird übrigens auch in Zukunft sich empfehlen, und es dürfte selbst gerathen sein, ihn nicht obenhin und roh, sondern mit möglichster Schärfe und Sorgfalt auszuführen³.

Herschel's Bahnen, sowohl die in jener Abhandlung gegebenen, als die später zu verschiedenen Zeiten veröffentlichten, haben als Annäherungen ihren Werth, der sich übrigens am sichersten aus der Vergleichung seiner Elemente mit sämmtlichen, namentlich den nachher angestellten Beobachtungen ergibt. Als definitiv, auch selbst für die gegenwärtige Zeit, kann keine von ihnen angesehen werden.

³ Mit Vergnügen sah der Verfasser während seines Aufenthaltes in Paris (August 1853) bei Yvon Villarceau, dem wir in jüngster Zeit so werthvolle Arbeiten über Doppelsternbahnen verdanken, einige solcher in großem Maßstab und höchst sauberer Zeichnung ausgeführte graphische Entwürfe für alle von ihm in Untersuchung gezogene Bahnen.

Meine eigenen Arbeiten in diesem Zweige der Astronomie begannen seit 1834. Es war zunächst nicht meine Absicht, den vorhandenen Berechnungstheorien eine neue hinzuzufügen. Ich hatte die Encke'sche für meinen Zweck als die beste erkannt und wandte sie mit nur unbedeutenden Modificationen zunächst auf σ *Coronae* und in der Folge auf mehrere andere Doppelsterne an. Da es wünschenswerth erschien, bereits annähernd berechnete Bahnen durch später hinzugekommene Beobachtungen verbessern zu können, so entwickelte ich ein System von Differentialen für die verschiedenen Elemente und ihre Verbesserungen, das eine ziemlich leichte und bequeme Anwendung gestattete. Bei diesen Verbesserungen benutzte ich zunächst nur die Positionswinkel, während ich für die Distanzen ein Verfahren einschlug, das dem von J. Herschel in Anwendung gebrachten ähnlich war. Die Brauchbarkeit dieser Methode hat sich namentlich bei γ *Virginis* und ξ *Ursae maj.* bewährt, während die meisten übrigen von mir berechneten Binarsysteme das Beobachtungsmaterial nicht in hinreichender Fülle boten. Diese Form der Berechnung erschien mir zugleich als die geeignetste, über das stattfindende Bewegungsgesetz mit möglichster Sicherheit zu entscheiden. Da man nämlich bei consequenter Anwendung, sobald man eine nicht zu beschränkte Zahl von Normalörtern zu bilden im Stande ist, einerseits die wahrscheinlichsten Werthe der einzelnen Elemente, andererseits die relativen Grenzen für die zu befürchtenden Fehler erhält, so kann man aus Vergleichung der einzelnen Feh-

ler mit den sich ergebenden wahrscheinlichen, sowie aus der Art und Weise ihres Ganges (Zeichenwechsel oder Zeichenfolge) am bestimtesten ein Urtheil darüber gewinnen, ob die angewandte Theorie die der Natur entsprechende sei oder nicht. Für die genannten beiden Doppelsterne liegen Hunderte von guten Beobachtungen vor, ja der zweite von ihnen hatte bereits 1843 einen vollen ($61\frac{1}{2}$ jährigen) Umlauf seit seiner ersten Beobachtung zurückgelegt. Hier konnte also die Periode, unabhängig von jeder theoretischen Annahme über das Bewegungsgesetz, und eben so unabhängig von den übrigen Elementen, nahezu richtig bestimmt werden,⁹⁾ und es konnten die übrigen fünf (da die halbe große Axe nachher berechnet wird) um so sicherer entwickelt und ein desto bündigerer Schluß auf das Bewegungsgesetz gemacht werden. Bei beiden fiel das Resultat entschieden bejahend aus: die Begleiter bewegen sich um ihre Hauptsterne (oder vielmehr beide Paare um ihre Schwerpunkte) in einer Kepler'schen Ellipse und getrieben von demselben Gravitationsgesetz, welches im Sonnensystem waltet.

Allerdings kann dieser Grad von Sicherheit noch bei keinem der übrigen Binarsysteme erlangt werden. Kein einziges zwar widerspricht dem Newton'schen Gesetz, allein die Möglichkeit, auch bei einer andern Form des Gravitationsgesetzes ein den Beobachtungen, innerhalb des Grades ihrer Genauigkeit, entsprechendes Elementarsystem

zu erhalten, kann für die meisten derselben noch nicht entschieden verneint werden. Bei einigen von äußerst geringer Distanz (namentlich ω Leonis und *Piazz* XV. 74.) weichen sogar die neueren Beobachtungen so stark ab, daß die 1845 berechneten Elemente auch als erste Annäherungen nicht mehr gelten können, sondern ganz verworfen werden müssen, eine Erfahrung, die Niemand Wunder nehmen wird, der sich mit diesen delicates Rechnungen beschäftigt hat.

Später haben P. Smyth, Russel Hind, Jacob (in Poonah) und Y. Villarceau uns mit Bahnrechnungen beschenkt. Dem Capitain Jacob verdanken wir insbesondere die erste Bestimmung der Elemente des in Europa nicht sichtbaren α Centauri. Villarceau hat außer seinen mit großer Sorgfalt und kritischer Schärfe durchgeführten Bahnrechnungen auch noch eine sehr elegante Berechnungstheorie entwickelt. Von allen hier Genannten ist übrigens das Newton'sche Gesetz ausschließlich angewandt worden und der Erfolg hat die Anwendung gerechtfertigt.

Bei dem allen ist doch der obige Satz, als positiver Lehrsatz betrachtet, von zu neuem Datum, als daß man erwarten könnte, jeden Zweifel daran schon jetzt gänzlich verstummen zu sehen. Bedenkt man, daß Cassini und mit ihm alle französischen Astronomen noch bis 1740 die Newton'sche Gravitation alles Ernstes bekämpften — von Ignoranten und Halbwissern, wie anmaßend sie auch auftreten mögen, kann hier ein für allemal die Rede nicht sein — so darf es gewiß nicht befremden,

wenn einer der oben Genannten, Yvon Villarcéau, noch vor wenigen Jahren sich dahin aussprach: das Newton'sche Bewegungsgesetz sei allerdings das wahrscheinlichste auch für Binarsysteme, es dürfe aber noch nicht für vollkommen gewiß und jedes andere ausschließend dargestellt werden. Der genügende Erfolg einer Bahnberechnung berechne zu diesem Ausspruche nur dann, wenn eine sehr große, jede Möglichkeit eines bloßen Zufalls ausschließende Zahl von guten Beobachtungen, über einen hinreichend großen Zeitraum vertheilt, zum Grunde gelegt werden könnte. Diese Zahl aber könne er noch bei keinem Binarsysteme für wirklich erreicht halten.

Der Ausspruch eines erfahrenen und scharfsinnigen Berechners darf nicht unbeachtet gelassen werden: es ist indessen klar, daß das Urtheil über die zum vollen Erweise erforderliche Zahl der Beobachtungen stets ein subjectives sein werde. Nicht leicht kann bei einem Satze von so entscheidender Wichtigkeit irgend eine Forderung als zu streng erscheinen. Indeß die Arbeit schreitet fort und der Arbeiter werden jährlich mehrere. Der Widerspruch, wenn er irgend wo in der Natur wirklich bestände, müßte bald zu Tage kommen, wenn nicht bereits gekommen sein. Nicht allzu lange werden die Data auf sich warten lassen, die auch einem Villarcéau zum vollen Erweise genügen dürften. Freuen wir uns, daß die Astronomen unserer Tage besonnen genug sind, in solchen Fragen sich nicht eher völlig zufrieden zu stellen, bis sie auch in der

strengsten Prüfung stets die gleiche Antwort hervorgerufen haben.⁴

Wollte man übrigens das Urtheil bis dahin aussetzen, wo für alle einzelnen Fälle (ihre Zahl dürfte jetzt schon nahe an 6000 sein) der fragliche Erweis speciell geführt werden könnte, so wäre allerdings auch in Jahrtausenden kein Ende abzusehen. Man wird aber gar wohl berechtigt sein, die Sache unter einem allgemeineren Standpunkte zu betrachten. Ist auch nur für einen einzigen Doppelstern der Beweis streng geführt, so kann man nicht umhin, das Bewegungsgesetz, was für den einzelnen Theil gilt, auch für das Ganze zu postuliren. Verschiedene Bewegungsgesetze der einzelnen Partialgruppen in einem und demselben Hauptssystem sind unverträglich. Die Uranus- und Neptunsonde, jeden einzeln für sich betrachtet, würden auch zum Erweise des Newton'schen Gesetzes für die Gegenwart ungenügend erachtet werden müssen. Wird man es deshalb rücksichtlich ihrer bezweifeln oder sie als Ausnahmen hinstellen wollen?¹⁰⁾

⁴ Der Verfasser hatte übrigens Gelegenheit, Villarcéa über diesen Punkt zu sprechen. Es stellte sich heraus, daß er nicht daran denke, noch je gedacht habe, dem Newton'schen Gesetze bei seinen Rechnungen irgend ein andres, auch nur versuchsweise zu supponiren. Nur wünscht er — und wer von uns theilte diesen Wunsch nicht! — daß die fortgesetzten Bemühungen der Beobachter und Berechner diesen Gegenstand nie aus dem Auge verlieren und stets auf's neue untersuchen möchten. Das ist nicht die Sprache des eigensinnigen Gegners, sondern des besonnenen, vorsichtigen Forschers.

Mit diesem Erweise ist übrigens die Arbeit so wenig als abgethan zu betrachten, daß sie vielmehr dann erst recht eigentlich beginnt. Fast endlos ist das Verzeichniß der die Fixsternwelt betreffenden Fragen, und ist gleich keine einzige von ihnen eine „brennende“, denn sie können und werden Jahrhunderte, ja Jahrtausende lang warten — so ist doch ihre unausgesetzte Behandlung und endliche Beantwortung unabweislich. Erinnern wir uns, daß schon das vorige Jahrhundert, freilich ohne eine Ahnung von diesen Partialsystemen zu haben, sich an dem großen Ganzen versuchte und seinen Angelpunkt zu bestimmen unternahm. Was damals als vage, fruchtlose Hypothese erschien, sollte es jetzt nach so zahlreichen und wichtigen Vorarbeiten noch immer ein *noli me tangere* sein? Sollten gegenwärtig, wo die ersten Schritte mit solcher Sicherheit ausgeführt sind und weiter verfolgt werden können, am Ziele dennoch nur Trugbilder stehen?

Die Lage der Milchstraße war schon früher als maßgebend bei der Wahl des Punktes, der in das Centrum zu sehen ist, betrachtet worden. Gibt es nämlich ein allgemeines Centrum der Fixsternwelt, welche von der Milchstraße umschlossen wird, so muß es mit dem der letzteren identisch sein, und beide werden sich in dieser Beziehung eben so wenig trennen lassen, als z. B. Saturn und sein Ring. Jener Punkt muß also in die Ebene des Ringes fallen, selbst wenn die Form der Fixsternwelt eine andere als die ihm von Herschel I. zugeschriebene linsenförmige wäre. Nun aber betrachtete man im Allgemeinen die Milchstraße als einen

größten Kreis der uns erscheinenden Himmelskugel. War diese Ansicht richtig, so mußte nothwendig auch unser Sonnensystem in ihrer Ebene stehen, und dann auch, von unserm Standpunkt aus, jener Centralpunkt sich irgendwo auf dem Grunde der Milchstraße projeciren. Nun wußte man zwar im Allgemeinen, daß die Milchstraße dem Südpol des Aequators näher vorüberziehe als dem Nordpol, und daß sie streng genommen weder einen größten Kreis, noch irgend eine mathematisch genaue Figur bilde. Allein bei der noch mangelhaften Kenntniß der einzelnen Partien, namentlich in ihrem südlichen Theile, konnte man jene Abweichungen als bloß locale Anomalien betrachten und die allgemeine mittlere Richtung des Hauptzuges dennoch als größten Kreis behandeln. So noch Argelander, der aus dieser Grundansicht mit Zuziehung anderweitiger Combinationen folgerte, daß jener Punkt da zu suchen sei, wo Perseus von der Milchstraße durchschnitten wird.

Schon Lubbock's detaillirte Darstellung der Milchstraße in seinen „*Six Maps of Stars*“, noch bestimmter aber die Untersuchungen John Herschel's während seines Aufenthalts am Cap ließen nicht verkennen, daß im mittlern Zuge der Milchstraße eine allgemeine Abweichung vom größten Kreise und zwar nach der Frühlingsnachtgleichenseite des Himmelsgewölbes hin, Statt finde. Fuß in Pulkowa findet diese Abweichung im Durchschnitt $3\frac{1}{2}^{\circ}$, was mit andern Untersuchungen nahe übereinstimmt. Ist nun aber die Milchstraße, wie sie sich für uns projecirt, nur der Parallel

eines größten Kreises, so folgt, daß unser Sonnensystem auch nicht in ihrer Ebene liege, und daß von ihm aus gesehen, kein Punkt im Innern dieser Ebene, folglich auch nicht der Centralpunkt, sich auf dem Zuge der Milchstraße projeciren könne. Die Bemerkung in John Herschel's *Outlines*, daß eine in Bezug auf die Milchstraße excentrische Lage des Gravitationscentrums unwahrscheinlich sei, kann daher nur von dem wirklichen Orte, nicht aber von seiner geocentrischen Projection verstanden werden, rücksichtlich deren im Gegentheil eine im Zuge der Milchstraße angenommene Lage desselben als unwahrscheinlich, resp. unmöglich, bezeichnet werden muß. Es ist aber auch ferner nicht zu verkennen, daß die von unserm Sonnensystem auf die Ebene der Milchstraße gezogene Normale nicht den Centralpunkt treffen, sondern beträchtlich weit außerhalb fallen müsse. Die Augenfälligkeit der einzelnen Partien der Milchstraße, so wie nicht minder die Auflösbarkeit ihrer Theile in einzeln sichtbare Sterne ist beträchtlich verschieden. In den Gegenden von 6^h zeigt sich, so weit der europäische Horizont reicht, die Milchstraße auffallend bleich. Mühsam verfolgt man ihren Zug, der für das freie Auge an mehreren Stellen nur ein ideeller ist, und selbst starke Fernröhre versuchen hier meist vergebens ihre Kraft, wenn man die Auflösung unternimmt. Erst in der Gegend des Schwans und Adlers beginnen die glänzenderen Strecken und es ist, besonders noch weiter nach Süden hin, ein Leichtes, die Gestalt der einzelnen Partien zu erkennen. Der Zug wird breiter, die Begren-

zungen bestimmter; eine beträchtliche Strecke hindurch findet ein doppelter Zug Statt und beide Arme vereinigen sich stellenweis durch Zwischentheile; auch unterbrechen dunkle Inseln den Zug.¹¹⁾ Die Auflösbarkeit ist verhältnißmäßig leicht, schon ein gewöhnlicher Fraunhofer'scher Kometensucher von 34 Lin. Oeffnung genügt, um eine deutliche Vorstellung derselben zu gewinnen. Alles dies deutet unverkennbar auf eine excentrische Lage nicht nur des Sonnensystems selbst, sondern auch seiner auf die Grundebene gefällten Normale. Der Centralpunkt kann also weder in der Milchstraße, noch in deren Pole sich für uns projeciren, er muß vielmehr bezüglich der erstern nach der Seite der Frühlingsnachtgleiche, bezüglich des letztern nach Norden fallen.

Bei meinen 1846 zuerst veröffentlichten Untersuchungen erschienen mir die vorstehenden Erwägungen viel geeigneter, die vorläufige Wahl des zu untersuchenden Himmelstheiles zu leiten, als die vorzugsweise Beachtung der hellsten Sterne, an die man bis dahin fast ausschließlich gedacht hatte. Denn einerseits wurde die Annahme, daß diesen helleren Sternen auch eine verhältnißmäßig größere Masse zukomme, durch keine Thatsachen der Beobachtung unterstützt. Vielmehr stellte sich heraus, daß theils der geringern Entfernung von der Erde, theils einer specifisch bedeutendern Lichtentwicklung ihrer Oberfläche, ein weit entscheidenderer Antheil an diesem größern Glanze zukomme, als den angenommenen potenteren Massen. Wir wissen jetzt, daß die Masse des Sterns *α Centauri*, des vier-

ten im Range der Helligkeit nach (er wird nur von *Sirius*, *Canopus* und *Rigel* übertroffen) für beide das Binarsystem constituirende Glieder nur 0,83 der Sonnenmasse betrage. Zeigen sich irgendwo — bis jetzt nur in sehr wenigen Fällen — Andeutungen einer größeren Masse mit einiger Wahrscheinlichkeit, so treffen wir auf Fixsterne mittlerer Größen. Sonach lag kein Grund vor, weder auf *Sirius* noch auf irgend einen andern glänzenden Stern des Firmaments ein besonderes Augenmerk zu richten.

So wenig ich mich auch zu der — übrigens von keinem namhaften Astronomen geäußerten Meinung bekennen kann, nach welcher die Massen aller Fixsterne ganz oder nahezu gleich zu setzen wären, so spricht doch andererseits keine Thatsache für eine Verschiedenheit derselben, die einigermaßen der Helligkeitsdifferenz proportional wäre. Was insbesondere *Sirius* betrifft, so ist an die weiterhin zu erwähnenden merkwürdigen Aufschlüsse zu erinnern, die uns durch *Bessel* und *Peters* über diesen Stern gegeben sind. Wie würde *Kant*, der in ihm die Centralsonne vermuthete, gegenwärtig erstaunt sein, zu erfahren, daß er nicht einmal ein völlig selbstständiger Fixstern, sondern nur der Trabant einer größern, uns aber unsichtbaren Masse sei?

Außerdem aber war ja überhaupt noch auszumachen, ob denn ein solches Massenübergewicht für den Centralpunkt erforderlich sei? Daß wir die speciellen Analogien des Sonnensystems und seiner Partialgruppen nicht ohne Weiteres auf die Fixsterne zu übertragen haben, mußte ja schon längst Je-

dem einleuchten. Daß Systeme, deren Mittelpunkt ein bloß ideeller Schwerpunkt ist, in der Fixsternwelt nicht bloß als Ausnahme vorkommen, steht gleichfalls fest, ohne daß die Anwendung des Newton'schen Gesetzes darunter benachtheiligt oder selbst nur erschwert worden wäre.¹²⁾ Was lag näher, als Angesichts der Erfolglosigkeit aller bisherigen Versuche (meine eigenen vor 1846 angestellten mit eingeschlossen) von der Idee einer präponderirenden Centralmasse ganz zu abstrahiren, und einen bloß ideellen Schwerpunkt zu setzen?

Es ist hier der Ort nicht, auf die speciellen Gründe näher einzugehen, die mich veranlaßten, die Plejadengruppe als die Centralgruppe des Fixsternsystems, einschließlich der Milchstraße, zu bezeichnen, da sie eines kurzen Auszuges unfähig sind, und nur im genauen Zusammenhange mit mehreren andern Untersuchungen richtig verstanden und gewürdigt werden können. Sie sind in meinen „Untersuchungen über die Fixsternsysteme“ (Mitau bei Reyher 1848) und noch umfassender und vollständiger in meinem unter der Presse befindlichen, Anfang 1857 erscheinenden Werke: „Die Eigenbewegungen der Fixsterne in ihrer Beziehung zum Gesamtsystem“ niedergelegt.

Unabhängig von meinen Forschungen haben jedoch zwei andre Astronomen, Cooper und Brossen, in jüngster Zeit auf eine Thatsache hingewiesen, die zwar nicht neu im eigentlichen Sinne, jedoch bisher wenig beachtet worden ist, und die ganz geeignet scheint, der Brücke zwischen unserm Sonnen- und dem großen Fixsternsystem ein neues

Fundament zu geben. Die Apsidenlinien der Planeten- und Kometenbahnen sind bekanntlich veränderlich, im Allgemeinen vorrückend, und durchlaufen tropisch wie siderisch innerhalb sehr großer Perioden den ganzen Himmel. Hiernach hielt man sich für berechtigt, den Umstand, daß die Perihelien der alten Planeten vorherrschend der Nord-Hälfte der Ekliptik zugewandt waren, einem bei so wenigen Körpern leicht erklärlichen Zufalle zuzuschreiben. Gegenwärtig aber ist die Zahl der periodischen Kometen auf 32, und die der Planeten auf 50 angewachsen, und wir können 82 Perihelien statt 7 zusammenstellen und vergleichen. Wenn nun trotz dieser Verzehnfachung der Fälle jenes Uebergewicht nicht allein nicht verschwunden ist, sondern sich noch stärker und bestimmter als vorher manifestirt, so muß man die Annahme einer bloß zufälligen Anordnung fallen lassen. *Borsen* insbesondere gebührt die Autorschaft der Idee, die Längen der Planetenperihelien mit der der „wahrscheinlichen Centralsonne“ *Alcyone* zusammenzustellen. Es erschien mir von Wichtigkeit, den Gegenstand ausführlicher zu untersuchen. Ich fügte zunächst den 35 von *Borsen* verglichenen Planetenperihelien noch die 15 seitdem entdeckten hinzu, so wie den 23 bei *Cooper* als periodisch aufgeführten Kometen noch einige andere, für deren Ellipticität eben so gute Wahrscheinlichkeitsgründe sprachen.¹³⁾ Ferner reducirte ich sämmtliche Längen auf 1850 und auf die Ekliptik, eine bei starken Neigungen sehr erhebliche Reduction, deren Vernachlässi-

gung der Genauigkeit und noch weit mehr der Sicherheit des Resultats geschadet haben würde.

Zugleich begnügte ich mich nicht mit einer bloßen Gruppierung in Beziehung auf einen im Voraus gesetzten Punkt, sondern untersuchte durch Zerlegung der reducirten Längen der einzelnen Perihelien auf ihre trigonometrischen Coordinaten und Ausgleichung derselben die eigentlich mittlere Richtung, in Beziehung auf welche die Quadrate der restirenden Abweichungen ein Minimum bilden. In solcher Weise ergab sich, daß die Convergenczpunkte der Planeten nur 9, und die der Kometen $2\frac{1}{2}$ Grad, beide zusammen etwa 7 Grad vor dem Orte der Plejadengruppe abwichen, und daß, wenn man von diesem Punkte aus den Himmel in zwei Hälften theilt, 58 Perihelien in die diesseitige und nur 24 in die jenseitige Hälfte fallen.

Das Resultat an sich steht also fest, beide Convergenczpunkte fallen hinreichend nahe mit der Plejadengruppe oder speciell mit der Länge der *Alcyone* zusammen, und es kann dies als eine vom allgemeinen Schwerpunkt des Fixsternsystems herführende Wirkung betrachtet werden. Es fragt sich aber, ob es auch als eine solche angesehen werden müsse. Numerische Uebereinstimmungen der bezeichneten Art sind zunächst nur ein Fingerzeig, kein Beweis. Da indeß am Sonnensystem selbst sich nichts finden läßt, was zu dieser Häufung der Perihelien Anlaß geben könnte, und die bedeutende Anzahl jeden Gedanken an eine bloße Zufälligkeit ausschließt, so wird man veranlaßt sein, die Ursache außerhalb des Sonnensystems zu suchen. Wirkt

nämlich eine Kraft bleibend aus einer gewissen Richtung, so wird sie dahin streben, das Vorrücken der Perihelien auf der einen Seite zu verzögern und nach der entgegengesetzten zu beschleunigen. Nun wird zwar weder *Alcyone* noch die ganze Plejadengruppe mächtig genug sein, aus so großer Distanz (von beiläufig 40 Millionen Sonnenweiten) eine derartige Wirkung auszuüben. Aber die Gesamtheit aller Fixsterne, deren Kraft sich im allgemeinen Schwerpunkt concentrirt, kann gar wohl ein Massenquantum bilden, groß genug, um auf unser Sonnensystem in der bezeichneten Art zu wirken.

Es wird sich zeigen müssen, ob bei der noch immer rasch anwachsenden Zahl der Planeten der gedachte Convergencepunkt sich fortwährend in dieser Gegend erhält. Sollte er dem Orte der Plejadengruppe sich mehr und mehr nähern, je größer die Zahl der zur Vergleichung kommenden Glieder anwächst, so wäre damit die Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung der vollen Gewißheit näher gebracht.

Die große Mehrzahl der Kometen ist noch nicht als periodisch erkannt, und diese Kometen von noch unbestimmter Bahnform zeigen nichts von einer solchen Häufung der Perihelien, wie die sicher periodischen. Sollte etwa hierin eine Andeutung enthalten sein, daß die nach den bisherigen Untersuchungen noch nicht als periodisch erkannten Kometen der Mehrzahl nach auch wirklich nicht periodisch sind?¹⁴) Hier muß es genügen, die Sache nur anzuregen, da die Entscheidung, wenn über-

haupt in der Gegenwart, nur durch sehr umfassende anderweitige Untersuchungen gegeben werden kann.

Noch einer andern scheinbar hierher gehörenden Relation möge beiläufige Erwähnung geschehen, da sie bis jetzt noch zu wenig erhärtet ist. Nach den in Senftenberg angestellten, in Jahn's astronomischen Unterhaltungen mitgetheilten Beobachtungen umgiebt das Zodiakallicht die Sonne keineswegs in Kreis- oder Ringform, sondern es hat eine beträchtliche Verlängerung in der Richtung der Plejadengruppe. Heis in Münster findet dies mit seinen Beobachtungen nicht übereinstimmend und die Richtung einfach von der Jahreszeit abhängig. Mir bietet sich unter dem $58\frac{1}{2}^{\circ}$ Br. die Gelegenheit, das Zodiakallicht zu beobachten, viel zu selten, als daß ich hoffen dürfte, durch eigene Wahrnehmungen einen Beitrag zur Entscheidung zu liefern.

Die Eigenbewegungen der Fixsterne, wie gering auch ihr jährlicher Betrag, absolut genommen, erscheinen möge, sind gleichwohl viel zu stark, um bloß ein Product der Anziehungen der einander zunächst stehenden Sterne sein zu können. Allein auch wenn sie, wie mein System es fordert, aus dem Zusammenwirken sämtlicher Fixsterne erklärt werden, ist dies doch nur möglich unter der Annahme einer sehr beträchtlichen Gesamtmasse. Für die Kugel, deren Radius die Entfernung Plejaden bis Sonne ist, findet sich etwa eine Masse von 100 Millionen (die unserer Sonne als Einheit betrachtet). Wäre die Entfernung der Plejadengruppe geringer als 34 Millionen Erdbahnhalmes, so

würde allerdings diese Masse im Verhältnisse des Cubus dieses Abstandes kleiner, aber auch das Volumen der gedachten Kugel in gleichem Verhältniß, so daß die Dichtigkeit der Massenerfüllung in dem gedachten Raume dieselbe bliebe. Bei angenommener gleicher Dichtigkeit des gesammten Fixsternraumes würde, wenn man 4000 Jahre Lichtzeit für die Milchstraße setzt, ein Gesamtcomplex von etwa 35000 Millionen Sonnenmassen angenommen werden müssen.¹⁵⁾

Nun zeigt uns auch das stärkste Teleskop höchstens den tausendsten Theil dieser Anzahl als einzeln unterscheidbare Sternpunkte. So beträchtlich aber lassen sich die Dimensionen des Fixsternraumes in keiner Weise verkleinern, um beide Zahlen annähernd gleich zu machen. Es bleibt also nur die Alternative: entweder sind den einzelnen Sternen durchschnittlich ganz ungleich größere Massen als unsrer Sonne zuzuschreiben, oder der bei weitem größere Theil der Gesamtmasse als solchen Körpern angehörig zu betrachten, die uns bis jetzt unsichtbar geblieben sind.

Die erste dieser Annahmen, welche für jeden einzelnen Fixstern durchschnittlich eine mindestens 1500 Mal größere Masse als die unsrer Sonne fordert, wird durch die wenigen annähernd bekannten Massen der Binarsysteme α Centauri, β Cygni, η Cassiopejae und α Ursae minoris nicht unterstützt. Sie sind sämmtlich der Masse nach kleiner als unsre Sonne.¹⁶⁾

Eben so wenig stimmen mit dieser Annahme die übrigen Doppelsterne, bei denen man bekanntlich,

sobald die relative Bewegungsquantität des Begleiters ermittelt ist, aus der bekannt angenommenen Entfernung die Masse, und umgekehrt, bestimmen kann. Will man ihre Entfernungen nicht bis zur völligen Unwahrscheinlichkeit vergrößern, so ist es ganz unmöglich, ihnen ähnliche große Massen zuzuschreiben.

Oder sollten die isolirten Fixsterne an Masse die Binarsysteme so erheblich übertreffen? Wenn wir sie als Analoga der mondlosen, und die Binar- und mehrfachen Systeme als Analoga der mondenbegleiteten Planeten betrachten, gelangen wir zu dem grade entgegengesetzten Resultat. Und kaum bedarf es hier einer solchen möglicher Weise trügerischen Analogie; die innere Unwahrscheinlichkeit, daß die Attraktionssphäre der größeren Massen leer ausgegangen sei, und die der geringeren sich mit Begleitern erfüllt habe, würde durch keine denkbare Annahme über die Entstehungsart der Fixsterne aufgehoben werden können.

Es bleibt also nur die zweite Alternative: im Fixsternsysteme ist uns bis jetzt nur ein sehr kleiner Theil der darin befindlichen Körper zu Gesicht gekommen, und es bildet also dieses System, seinem bei weitem überwiegenden Haupttheile nach, eine für uns *u n s i c h t b a r e* Welt.

Auch kann man der Schwierigkeit nicht etwa dadurch entgehen, daß man eine uns natürlich unsichtbare Planeten- und Kometenwelt um jeden Fixstern, ähnlich wie um unsre Sonne, annimmt. Die Gesammtheit der secundären Massen in unserm Sonnensystem ist nur $1/700$ der Sonnenmasse; wäh-

rend wir dort diese umkreisenden Körper in ihrer Gesamtheit tausend und mehrmal größer annehmen müßten, als die des uns sichtbaren Centralkörpers.

Wir werden also wohl ganz darauf verzichten müssen, den Glanz, selbst nur im allgemeinsten Durchschnitt, zum Maßstabe des Volumens oder der Masse zu machen. Daß in unserm Sonnensystem der präponderirende Centalkörper zugleich der einzig leuchtende ist, muß als eine Zufälligkeit betrachtet werden, die sich bei den Fixsternen möglicherweise in einzelnen Fällen wiederholt, aber durchaus nicht als Regel gelten kann. Allgemein betrachtet, ist das Selbstleuchten weder durchgängig noch auch nur vorherrschend an die Gravitationscentra geknüpft.

Dunkle Körper als Gravitationscentra eines Mondengefolges bietet ja schon mehrfach unser Sonnensystem, und die Analyse der Trabantenbewegungen hat sich noch in keinem Falle veranlaßt gefunden, dem Umstande, daß diese Centalkörper auf ihrer Oberfläche kein Licht entwickeln, in ihren Formeln Rechnung zu tragen. Der Gegensatz zwischen Selbstleuchten und Beleuchtetwerden ist also für das Massenverhältniß bedeutungslos, und nur von letzterem und von der Entfernung hängt die Gravitation ab, mögen die übrigen speciellen Beziehungen der Weltkörper zu einander beschaffen sein wie sie wollen.

Wie außerordentlich verschieden übrigens die Lichtentwicklung, oder bestimmter ausgedrückt, die specifische Leuchtkraft der Oberfläche sein

müsse, ist leicht zu zeigen. Für ζ *Bootis* ergibt sich diese spezifische Leuchtkraft etwa 3000 mal größer als für ξ *Ursae majoris*. Wollte man dies nicht zugeben, und die Differenzen in der verschiedenen Dichtigkeit beider Sternenpaare suchen, so müßte man den Unterschied noch nach der $1\frac{1}{2}$ fachen Potenz vergrößern und in dem gedachten Falle mindestens auf das 150000 fache erhöhen. Das Beispiel steht nicht isolirt, es würde nicht schwierig sein, noch stärker abweichende Verhältnisse der Leuchtkraft bei Binarsystemen nachzuweisen.

Noch ist die Zeit nicht gekommen, wo wir aus den Helligkeitsverhältnissen in irgend einer Weise auf die Gesamtconstitution der Fixsterne schließen, namentlich aber Parallaxen- oder Massenverhältnisse auf sie begründen könnten. Erst wenn wir, vorläufig ganz von ihnen abstrahirend, auf andern Wegen allmählich zu Resultaten der bezeichneten Art gelangt sind, wird die Messung der Sternhelligkeit (astronomische Photometrie), namentlich zur Beantwortung von Fragen, welche das Licht selbst, seine Verbreitung und Extinction betreffen, mit sichrem Erfolge angewandt werden können.

Da die Welten, welche des „Sehers Rohr nicht kennt,“ nach dem Obigen eine so umfassende Bedeutung im Fixsternsysteme haben, so müssen wir die große und unerwartete Entdeckung *Bessel's*, die er uns scheidend zurückgelassen, um so freudiger willkommen heißen. Durch ihn ist die Astronomie des Sichtbaren, in der er so unsterbliche Verdienste errungen, noch bereichert worden um

eine Astronomie des Unsichtbaren. Was Leverrier dem Planetensystem, das ist unser Bessel, und früher noch als jener, dem Fixsternsystem geworden. Die Evidenz seiner Schlußfolgerungen kann nicht im mindesten dadurch benachtheiligt werden, daß es noch nicht gelungen ist, vielleicht auch nie gelingen wird, dem körperlichen Fernrohr eine dieser dunklen Massen zugänglich zu machen. Dem geistigen Teleskop, der mathematischen Analysis, gerichtet von seiner Meisterhand, konnten sie nicht wie jenem sich entziehen. Er hat sie hervorgerufen aus ihrer ewigen Nacht; er hat sie den Nachkommen gezeigt, und ihnen gelehrt wie sie ihren Ort, ihre Bahn, ihre Masse ergründen können. Und läge aus seiner langen astronomischen Laufbahn nur diese einzige Entdeckung vor, sein Name könnte nie erlöschen, so lange noch auf Erden ein denkendes Wesen den Himmel betrachtet.

Keiner einzigen ungeahnt hervortretenden Entdeckung hat es an Widerspruch gefehlt; keiner wird es je daran fehlen. Ist er rein sachlich, geht er von berechtigten, mit dem Gegenstande vertrauten Männern aus, so gereicht er der Wahrheit zum Vortheil, denn durch ihn wird sie geläutert und gekräftigt. Den schönsten Triumph aber feiert sie, wenn der anfängliche Widersacher und Zweifler durch selbstständige freie Forschung dahin gelangt, ihr Beförderer und neuer Begründer zu werden. Dies Gefühl ist es, mit dem wir Peters' Arbeit über die Bahn des Sirius begrüßen. Sirius und Procyon waren die beiden Sterne, auf welche Bessel aufmerksam gemacht hatte als solche, in deren

Nähe sich massenhafte dunkle Körper befinden müßten. Peters hatte anfangs die kleinen Abweichungen, die aus Bessel's kritischer Zusammenstellung der Hauptsternörter seit Bradley hervorgingen, für bloß zufällige Beobachtungsfehler gehalten. Als er später Pulkowa mit Königsberg vertauscht hatte, nahm er den Gegenstand aufs neue vor und überzeugte sich nun, daß jene Abweichung von der gleichförmig gradlinigten Bewegung, weit entfernt einen bloß auf Zufälligkeiten zu deutenden Gang zu nehmen, und noch weniger eine Erklärung durch mangelhafte Reductionselemente zulassend, vielmehr einer wahren Kepler'schen Ellipse angehören, die um den von Bessel angenommenen dunkeln Körper beschrieben wird. Um das allgemeine Centrum kreist also Sirius nur als tertiärer Körper, wenn man die isolirten selbständigen Fixsterne als secundäre betrachtet. Er umkreiset es nur in dem Sinne, wie unser Mond die Sonne.

Peters' Arbeit, wenn gleich die am gründlichsten durchgeführte und das wichtige Resultat am besten verbürgende, ist nicht die einzige geblieben. Nahe gleichzeitig, so nahe, daß keinesweges die eine als durch die andere hervorgerufen betrachtet werden kann, haben Schubert gleichfalls den Sirius, Peirce die Spica und ich selbst den Procyon und einen Doppelstern (Struve 1037) in gleicher Absicht untersucht, ähnliche Abweichungen gefunden und ähnliche Ergebnisse erhalten. Als abgeschlossen können diese letztern Arbeiten keinesweges gelten: für die erwähnten Sterne fehlen zur Vollendung noch Data, die erst die beharrlich fort-

gesetzte Beobachtung liefern kann; für Sirius selbst noch hinreichend verbürgte Declinationen, die uns nur der Süden Europas und die außereuropäischen Sternwarten geben können. Doch die neue Bahn ist eröffnet, eine bisher ungeahnte Welt von Körpern, von deren Reichthum uns die erwähnten wenigen Beispiele freilich noch keinen Begriff zu geben im Stande sind, enthüllt sich vor unserm Geiste, obwohl nicht vor unserm Auge, und selbst die rein praktische Astronomie wird nicht umhin können, jene Particularbewegungen in dem Maße, wie sie erforscht werden, als neues Correctionselement in die Reductionen der Fixsternörter aufzunehmen.

Unsre Betrachtungen galten den Sternsystemen, und in ähnlicher Weise wie wir bereits die Helligkeit als etwas nicht dahin Gehöriges nachgewiesen und demgemäß ausgeschieden haben, scheinen auch Farbe, Veränderlichkeit und was sonst in dieser Weise Eigenthümliches wahrgenommen worden ist, keine Momente darzubieten, welche für unsern nähern Zweck eine Bedeutung ansprechen. Indeß dürfte Algol, der bekannte veränderliche Stern im Perseus, in doppelter Beziehung Aufmerksamkeit verdienen. Ganz verschieden von andern veränderlichen Sternen, die den größern Theil ihrer Periode hindurch ein geringeres, und oft nur für sehr kurze Zeit ein helleres Licht entwickeln, bleibt Algol durch $\frac{19}{20}$ seiner 68stündigen Periode hindurch von gleicher Helligkeit, ein Stern zweiter Größe, und die ganze Veränderlichkeit ist auf die übrigen $3\frac{1}{2}$ Stunden beschränkt. Sein Glanz nimmt ziemlich rasch ab, eine Viertelstunde

etwa verweilt er im Minimum (4. Größe) und nimmt dann in ähnlicher Weise wieder zu. Seine Farbe ist nicht roth, wie die der meisten andern veränderlichen Sterne, sondern ein reines Weiß. Die Art der Verdunkelung erinnert lebhaft an einen Phase nyc l u s, wie bei Sonnenfinsternissen, und wir beobachten also wahrscheinlich alle 68 Stunden eine partiale, aber der Totalität nahe kommende Algolfinsterniß. Ist diese Erklärung die richtige, so müssen wir uns einen dunkeln Körper von nahezu gleichem oder möglicherweise noch größerem Volumen als Algol denken, der um ihn (oder auch umgekehrt) kreiset, und dies in einer Bahn, deren Ebene nahezu durch das Sonnensystem geht. Durch Argelanders genaue Beobachtungen des Algol, und ihre Vergleichung mit früheren (schon über 150 Jahr datirenden) hat sich gezeigt, daß die Periode etwas veränderlich ist. Beziehen kann man diese (im Uebrigen höchst geringe, aber sicher verbürgte) Veränderlichkeit entweder auf eine Seculargleichung in der Bahn des Algolbegleiters, oder auf eine veränderliche Lichtgleichung. Zerlegt man nemlich die Bewegung Algols, bezogen auf den Ort unsrer Sonne im Fixsternraume, in Coordinaten, deren eine zu unsrer Sonne gerichtet ist, so wird durch sie die Lichtgleichung verzögert oder beschleunigt. Diese Correction aber muß eine constante sein, wenn die Bewegung in der betreffenden Coordinate der Zeit proportional, also gleichförmig ist, und dann werden wir sie von der Hauptgleichung in unsern Beobachtungen nicht unterscheiden, sie also nicht bemerken können. Ist sie dagegen nicht gleich-

förmig, so ist auch die Größe dieser Correction veränderlich, und die von Argelander gemachte Wahrnehmung hätte eine genügende Erklärung gefunden. Fingerzeige genug, um die Beobachter zu veranlassen, diesen Stern rücksichtlich seines Ortes, seiner Eigenbewegung und vielleicht seiner Parallaxe einer genauen Beobachtung zu würdigen.

Keiner der übrigen veränderlichen Sterne verhält sich in ähnlicher Weise, auf keinen würde die vorstehend versuchte Erklärung ungezwungen Anwendung finden, und sie ist wohl nur auf eine Lichtentwicklung ihrer Oberflächen zu beziehen, die entweder in sich selbst periodisch veränderlich, oder nach den verschiedenen Flächentheilen verschieden ist. In letztem Falle hätten wir in den wahrgenommenen Perioden die Rotationen bestimmt. Es ist dies alles noch ungewiß, und nur so viel scheint sicher, daß hier kein Moment vorliegt, welches auf die Systeme der Bahnbewegungen zu beziehen wäre.

Auch der Sternfarben würde ich hier nicht gedenken, wenn nicht vor etwa einem Decennium ein nach meiner Ansicht sehr unglücklicher Versuch gemacht worden, diese verschiedenen Farben als aus der Bewegung resultirend, darzustellen. Wären auch alle Einwendungen, welche gegen Doppler's theoretische Schlüsse erhoben worden sind, widerlegbar, so würde dennoch eine Anwendung auf die Fixsterne um deswillen unstatthaft sein, weil so schnelle Bewegungen, als diese Theorie verlangt (Hunderte, ja, Tausende von Mei-

len in der Secunde für so prägnante Farben, wie sie γ *Andromedae*, γ *Leonis*, ξ *Bootis*, γ *Delphini*, und viele andere Binarsysteme zeigen) bei Fixsternen ganz bestimmt nirgend vorkommen. Namentlich sind in den Partialsystemen der Doppelsterne die Bewegungen sogar auffallend langsam und in vielen, vielleicht den meisten Fällen noch unter einer Meile in der Secunde. Millionen-, ja, milliardenfach müßten die Massen jener Systeme die Sonnenmasse übertreffen, um solche Bewegungen wie Doppelsterne sie annimmt und in seiner Hypothese auch annehmen muß, hervorzubringen. Einseitige Verfolgung einer wenn gleich noch so genialen Idee ohne Beachtung der vorliegenden Thatsachen, soweit die Forschung sie ermittelt hat, wird nie zu fruchtbaren Resultaten in der Wissenschaft führen.¹⁷⁾

Wir haben eine Ueberschau der Fortschritte versucht, welche die Kunde des Fixsternhimmels vorzugsweise dem zweiten Viertel unsers Jahrhunderts verdankt. Nähere, detaillirte Ausführungen einzelner Parteien würden hier nicht am Orte gewesen sein. Vieles, was bereits frühere Epochen außer Zweifel gesetzt hatten, konnte hier übergangen werden um so mehr, als es meistens nur in geringer oder gar keiner Beziehung zu den Bahnsystemen steht, deren Erforschung, wie bereits im Eingange bemerkt worden, so gut wie ausschließlich den drei letzten Decennien angehört. Hoffen wir, daß die nächstfolgenden nicht säumen werden, die Kunde des Universums in noch fruchtbarer Weise zu bereichern und die großen Probleme, welche der Wis-

senschaft vorliegen, ihrer endlichen Lösung immer näher zu führen.

Anmerkungen.

1) Am vollständigsten findet man die Geschichte der Versuche, die Parallaxe der Fixsterne und insbesondere des Polarsterns zu bestimmen, zusammengestellt in P e t e r s' Abhandlung *sur la parallaxe des étoiles fixes*. Diese Uebersicht beginnt mit F l a m s t e e d 1695. Aber schon seit C o p e r n i c u s' und T y c h o' s Zeiten war die Aufmerksamkeit der Astronomen auf diese Parallaxen gerichtet, und für C o p e r n i c u s selbst war die Fruchtlosigkeit aller bisherigen Versuche das schwerste Bedenken, welches er in Beziehung auf sein Sonnensystem sich stellen mußte. — Alle Vervollkommnungen der Instrumente und Beobachtungsmethoden hatten drei Jahrhunderte hindurch vorzugsweise die Erforschung der Parallaxen sich zum Ziel gesetzt.

2) P i a z z i fand $4'',0$, C a l a n d r e l l i $5'',3$. Beide arbeiteten mit Instrumenten, die zu solchen Untersuchungen wenig geeignet waren. B r i n k l e y' s Dubliner Beobachtungen hatten eine lange Reihe von Jahren hindurch die Parallaxe von Wega und einiger andern Sterne zum Hauptziel, sein letztes Ergebnis war $0'',57$; da aber P o n d' s große, mauerfest auf Wega gerichtete Instrumente diese Parallaxe nicht bestätigten, sondern in einer Reihe $+0'',2$, in einer andern $-0'',1$ als Resultat ergab, so scheint es, daß der Verdruß, trotz aller Bemühungen dennoch das Ziel verfehlt zu haben, B r i n k l e y das Beobachten ganz verleidete. „*Il divorça entièrement avec l'astronomie,*“ sagt L a l a n d e von dem zum Bischof von

Clugny ernannten und fortan diesem Amte sich ausschließlich widmenden Brinkley.

Struve's erstes Ergebnis war $0'',125$, später gab er $0'',261$. Peters erhielt am großen Verticalkreis von Pulkowa $0'',108$ und Otto Struve findet aus seinen Beobachtungen, zusammengestellt mit den früheren, theilweis neu reducirten, als Endergebnis $0'',157$.

Bessel's Parallaxe für *61 Cygni* ist $0'',348$, was mit Peters' am Verticalkreise erhaltenen $0'',349$ ganz übereinstimmt, obgleich Bessel's Resultat eigentlich nur die Parallaxendifferenz zwischen *61 Cygni* und dem Mittel aus zwei teleskopischen Sternen in seiner Nähe ist; Peters' Resultat aber für die absolute steht. Der letztgenannte Astronom hat Bessel's Beobachtungen mit Rücksicht auf die Correction des Wärmecoefficienten neu untersucht und findet aus ihnen $0'',364$.

Henderson's Beobachtungen von α *Centauri* werden von Maclear noch ununterbrochen fortgesetzt und es scheint ausgemacht, daß sie zwischen $0'',9$ und $1'',0$ fallen.

3) Herschel's erste Bestimmung bezeichnet die Gegend von λ *Herculis* als den Punkt, wohin die Bewegung unsrer Sonne gegenwärtig gerichtet ist, und alle späteren Berechner (W. Struve ausgenommen) sind auf dieses Sternbild geführt worden. Maskelyne widersprach diesem Resultat, oder vielmehr er hielt die ganze Bemühung für erfolglos. Ein zweiter Versuch W. Herschel's ergab einen Punkt dicht bei *34 Herculis*, nemlich $245^\circ 53'$ A. R. und $+49^\circ 38'$ D; Gauß fand aus 73 Sternbewegungen einen Punkt zwischen *72* und *78 Herculis* ($259^\circ 10'$ und $+30^\circ 50'$). Nahe östlich dabei (in $260^\circ 50'$ und $+31^\circ 17'$) liegt Argelanders aus 390 Bewegungen berechneter Punkt. Lundahl berechnete 147 schwächere Sternbewegungen und fand $252^\circ 24'$ und $+14^\circ 26'$; Otto Struve fand $261^\circ 22'$ und $+37^\circ 36'$ (östlich bei ρ *Herculis*); Galloway aus den südlichen Sternen $260^\circ 1'$ und $+34^\circ 23'$ (südlich von ρ *Herculis*). W.

Struve, nach einer Annahme über den constanten Fehler in den Bradley'schen Declinationen, rückte den Punkt bis in die Nähe von α *Ophiuchi* herab ($259^{\circ} 9'$ und $12^{\circ} 51'$). Meine eignen, vor Kurzem beendeten Untersuchungen, bei denen 3200 Sternbewegungen in Anwendung kamen, führen auf einen Punkt nordöstlich von ϱ *Herculis* ($261^{\circ} 39'$ und $39^{\circ} 54'$).

Es scheint also, daß unter allen dem bloßen Auge sichtbaren Sternen ϱ *Herculis* dem Punkte, wohin die gegenwärtige Richtung der Sonnenbewegung führt, am nächsten liegt.

4) Man sieht nicht recht ein, wie specielle Attractionsgruppen bestehen können, deren Abstand von einander, verglichen mit ihrem Gesamtdurchmesser, so gering ausfällt. Die von den verschiedenen Systemen auf einander gegenseitig ausgeübten Störungen müßten zu Größen anwachsen, wonach sie in vielen Fällen der Hauptwirkung nahezu oder auch ganz gleich wären. Die Partialanziehungen aber auf jede Einzelgruppe absolut beschränken und gleichwohl noch eine allgemeine Anziehung in einem höhern System postuliren, widerstreitet dem Grundbegriffe der Gravitation, der eine absolute Scheidung zwischen einzelnen Anziehungscentren mit beliebig gesetzter und wieder aufgegebenener Begrenzung auf einen räumlich bestimmten Umfang gar nicht kennt.

5) Die Widersacher wären in ihrem Rechte gewesen, wenn sie den Einwurf auf die Fälle beschränkt hätten, wo offenbar eine Eigenbewegung des vermeinten Hauptsternes die nur scheinbare der „Trabanten“ bewirkt hatte, wie dies z. B. bei den zum Theil nur einige Grade entfernt stehenden Mayer'schen Arcturstrabanten der Fall war. Noch jetzt, nach so vielen Vorarbeiten, ist es in nicht seltenen Fällen mißlich, zwischen bloß optischer und physischer Duplicität zu entscheiden, ausgemacht aber scheint es, daß wir bei Distanzen, die nahezu 1 Grad

oder mehr betragen, an kein Partialsystem mehr zu denken haben.

6) Die angeblichen Begleiter von α *Aquiliae*, α *Andromedae*, α *Lyrae*, die kleinen um *Arctur* stehenden Sterne, die Hyaden in Beziehung zu α *Tauri* sind entschieden bloß optisch verbunden. Eigentliche Doppelsterne der ersten Größe sind nur Rigel, α *Centauri* und vielleicht noch α *Crucis*; die Nordhalbkugel enthält keinen einzigen hier gehörenden. Unter die ersten fünf Größenclassen scheinen die Doppelsterne verhältnißmäßig gleich vertheilt zu sein, nur bei den teleskopischen ist die Duplicität etwas seltner, vielleicht auch nur schwieriger wahrzunehmen.

7) Die Vorstellung, daß eine Sonne nur auf die ihr zugetheilten, von ihr beleuchteten Körper eine anziehende Kraft ausübe, lag augenscheinlich auch den Combinationen zu Grunde, welche wir im achtzehnten Jahrhundert besonders bei französischen Mathematikern finden. Sie untersuchten z. B. wie ein Planet, der um zwei Sonnen eine geschlossene Bahn beschreibt, sich bewege; was herauskomme, wenn die eine Sonne anziehend, die andere in gleichem Verhältniß abstoßend wirke u. s. w. Bei allen diesen *exercitiis ingenii* blieben die beiden Sonnen selbst ruhig an ihrem Orte und in ihrer gegenseitigen Stellung, ohne auf einander eine Gravitation auszuüben. Offenbar lag in diesen angenommenen Fällen das Problem der drei Körper vor, das allgemein gefaßt seiner Lösung noch wartet.

8) Die übereinstimmende Erfahrung aller Doppelsternbeobachter spricht für das beträchtlich größere Gewicht der Positionswinkel, und nach meinen Resultaten gehören bei Doppelsternen von mittlerer Distanz (zwischen 2" u. 8") sechs gemessene Distanzen dazu, um an Genauigkeit einem Positionswinkel gleichgestellt zu werden. Nur in den Heliometerbeobachtungen Bes-

sels haben für Sterne über 5" Distanz beide Coordinaten etwa die gleiche Genauigkeit, während für geringere die Positionswinkel entschieden überwiegen. Bei dieser Lage der Sache ist es mir unbegreiflich, wenn Grunert, von dem übrigens, so viel mir bewußt, keine derartigen Beobachtungen veröffentlicht sind, es als gegenwärtig ausgemacht hinstellt, daß die Distanzen sich genauer als die Positionswinkel bestimmen lassen. Da es Hr. G. nicht unbekannt sein kann, daß Herschel, South, Struve, Kaiser, Dawes, Smyth, Jacob, der Verf. und Andere das Gegentheil als ihre bestimmte Ueberzeugung aussprechen, so hätte man erwarten sollen, einen Beleg für seine Behauptung beigebracht zu sehen.

9) Die Zukunft wird sich allerdings, wie gehofft werden kann, solche Voraussetzungen nicht gestatten dürfen. Der Positionswinkel, den wir jetzt nur wegen Präcession corrigiren, wird wegen der Eigenbewegung des Sternes, wie der unsrer Sonne, späterhin nicht mehr einfach so angewandt werden können, wie er geocentrisch durch unsre Beobachtungen erhalten wird, und man muß alsdann, wie jetzt bei den Körpern unsers Sonnensystems, synodische von siderischen Umläufen unterscheiden. Bei der jetzt noch stattfindenden Unmöglichkeit, die erwähnten Bewegungen nach Quantität, Richtung und Beziehung in Rechnung zu bringen, ist es erwünscht, sich sagen zu können, daß ihr Einfluß, verglichen mit den jetzt noch stattfindenden wahrscheinlichen Fehlern der Elemente, ein verschwindend kleiner ist.

10) Von allen Trabanten des Sonnensystems können nur unser eigener, die 4 des Jupiter und der Huygens'sche Saturnstrabant als solche bezeichnet werden, die einzeln genommen einen Beweis für das Newton'sche Gesetz liefern. Sehen wir ab von allgemeinen, über das directe Beobachtungsergebnis hinausgehenden Schlüssen, so muß man sich dahin aussprechen, daß das

fragliche Gesetz für diese 6 wahr sein müsse, für alle übrigen wahr sein könne. Da es nun allen Anschein hat, daß die Periode der meisten Doppelsterne nach Tausenden, ja vielleicht Zehn- und Hunderttausenden von Jahren bemessen werden muß, und die fortschreitende Beobachtung nicht unterlassen wird, uns immer neue Systeme der Art kennen zu lehren, so möge man ermes- sen, welch' ein ungeheurer Zeitraum erforderlich ist, wenn eine derartige Forderung völlige Befriedigung fin- den sollte.

11) Alles hier Gesagte, den südlichen Theil der Milch- straße Betreffende wird am deutlichsten durch die treffliche Zeichnung in *Herschel's Results of Cape Observa- tions* verbunden mit seiner speciellen Beschreibung und seinen Messungen der verschiedenen Sternenfülle, die er gleichfalls in einem graphischen Tableau versinnlicht. Wir müssen zugestehen, daß der südliche Theil der Milchstraße jetzt richtiger und specieller dargestellt ist als der nördliche, dem in den Sternkarten noch immer viel zu bestimmte Grenzen gegeben werden und dessen ver- schiedene Intensität meistens ganz vernachlässigt wird. Auch *Lubbock's* sonst ganz gute Darstellung, die sich weniger an die herkömmlichen Formen hält, kann in diesem Theile nicht befriedigen.

12) Die Massenverschiedenheit beider Sterne eines bi- nären Systems kann zwar möglicherweise beträchtlich größer sein, als die Helligkeit vermuthen läßt. Allein sie müßte ungemein groß angenommen werden, sollte der Schwerpunkt in den Körper des Hauptsterns fallen. Der Durchmesser unsrer Sonne erschiene, gesehen von einem Sterne, dessen Parallaxe = $0'',1$, unter dem Winkel $0'',00091$. Nur wenige Doppelsterne mögen eine größere, die meisten eine beträchtlich kleinere Parallaxe haben, woraus zu schließen ist, daß der Abstand des Begleit- sterns meistens mehrere Tausende des Durchmessers ih- res Hauptsterns umfassen, ja daß sie bei größeren Dis-

tanzen das Zehn- und selbst Hunderttausendfache erreichen könne. Um aber den gemeinschaftlichen Schwerpunkt in den Hauptkörper zu setzen, müßte der Exponent des Massenverhältnisses jene Zahl um mehr als das Doppelte übersteigen. — Abweichungen von der als gleichförmig vorausgesetzten Bewegung des Hauptsterns werden uns, unter Voraussetzung sehr genauer absoluter Ortsbestimmungen, mit der Zeit eine annähernde Kenntniß des wirklichen Massenverhältnisses in speciellen Fällen gewähren.

13) Cooper beschränkte sich auf die Kometen, für welche Umlaufszeiten von weniger als 500 Jahren gefunden worden sind. Aber einerseits giebt es mehrere von weit beträchtlicherer Umlaufszeit und dennoch völlig gewisser Ellipticität, wie der Komet von 1807 und die beiden von 1811, während manche andere, deren berechnete Umlaufszeit unter 500, ja unter 20 Jahre fällt, die Parabel als nahezu eben so wahrscheinliche Bahn zulassen. Ich habe es daher für besser gehalten, keine derartige Grenze allgemein anzunehmen, sondern die Berechnungsdata selbst in jedem besonderen Falle entscheiden zu lassen.

14) Es möge hier an die von Littrow aufgestellte Hypothese erinnert werden, nach welcher die Kometen ihrer Mehrzahl nach in der That nicht periodisch, folglich überhaupt keine speciellen Glieder des Sonnensystems, sondern nur des großen allgemeinen Fixsternsystems sind. Aus ihrer ursprünglich sehr langsamen, nahezu nullgleichen Bewegung (relativ zu der unserer Sonne und der benachbarten Fixsterne) erkläre sich am besten die nahezu parabolische Bewegung um die Sonne. Ihr Perihel wäre demnach ein einmaliges, dessen Ort keinen sich anhäufenden Störungen unterliegen kann, und folglich unterschiedslos in alle Gegenden des Himmels sich vertheilt.

15) Ist die Umlaufszeit der Sonne um den Centralpunkt = 19 Millionen Jahre, wie meine Untersuchungen es wahrscheinlich machen, so ist die Massendichtigkeit der Kugel, deren Radius die Entfernung der Sonne von jenem Punkte bildet, $= \frac{1}{5,072 \cdot 10^{20}}$ (die Dichtigkeit des Sonnenkörpers = 1 gesetzt) jene Entfernung möge sein, welche sie wolle. Mit dieser Zahl erhält man für eine Kugel, deren Radius 4000 Jahre Lichtzeit, die im Text angegebene Zahl für den Massencomplex der Fixsterne.

16) Für α Centauri haben wir nach Jacob's Bahnelementen und Maclear's Parallaxe die oben angeführte Masse 0,83.

Für β Cygni erhält man aus der Bewegung des Begleiters in der Kreis-Hypothese und der Parallaxe Bessel's die Masse 0,35; durch Peters Correction derselben wird sie 0,31; nach Struve's Bemerkung über die vom Kreise stark abweichende und jetzt nahezu geradlinigte Bahn des Begleiters würde sie sich noch mehr vermindern.

Für η Cassiopejæ ergeben die seit einigen Jahren in Dorpat angestellten, noch nicht abzuschließenden Beobachtungen der Parallaxe und Bahnbewegung eine Masse von etwa 0,4.

α Ursæ minoris läßt sich am wenigsten sicher bestimmen, da sowohl die Parallaxe als die Bewegung des Begleiters noch sehr unsicher sind. Doch scheint es nicht, daß die Masse 1 noch innerhalb der Unsicherheitsgrenzen fallen könne, wahrscheinlich ist sie beträchtlich kleiner.

17) Ohne Zweifel ist die wahre Geschwindigkeit des Lichts, wie wir sie aus der Aberrationsconstante schließen, für alle Farben die gleiche, da bei keinem einzigen verschiedenfarbigen Doppelstern periodische Stellungsveränderungen, deren Cyclus das Erdjahr wäre, gefunden worden sind, und die verschiedene Wellengeschwindigkeit ist gerade unter dieser Voraussetzung aus der den einzelnen Farben zukommenden Wellenlänge

durch Rechnung gefolgert. Hiernach könnte auch die rascheste Bewegung keinen directen Einfluß auf die Farbe haben. Allein ganz abgesehen davon kann nicht verkannt werden, daß auch die stärksten wirklich vorkommenden kosmischen Bewegungen verschwindend klein gegen die des Lichts sind. Die Begleiter von *61 Cygni* und *α Centauri* zählen gewiß, da sie kurzen Perioden angehören, zu den verhältnißmäßig rascheren. Bei dem ersteren ist die Bewegung in 1 Sec. = 0,4 geogr. Meilen, bei letzterem = 0,9. Die große Mehrzahl der Doppelsterne, und unter ihnen gerade die schönfarbigsten, wie *γ Delphini*, haben noch nicht die mindeste uns wahrnehmbare Bewegung seit 70 Jahren gezeigt. Nähme man für letzteren einen Grad als noch zulässige Größe einer nicht wachsenden Bewegung bei 12" Distanz, so müßte diesem Begleiter, um eine Meile Geschwindigkeit für die Secunde zu erhalten, eine Entfernung von 1500 Jahren Lichtzeit gegeben werden. Und die Eigenbewegungen der Sterne, nach meinen Untersuchungen durchschnittlich fünf mal rascher, als die partiellen Bahnbewegungen, dürften nur in sehr wenigen Fällen zehn Meilen übersteigen.