

Die Planetoiden

Autor(en): **Huber, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): - **(1896)**

Heft 1399-1435

PDF erstellt am: **24.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-319083>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

G. Huber.

Die Planetoiden.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 25. Jan. 1896.)

Die *Planetoiden* oder *Asteroiden* sind sehr kleine Planeten, welche zwischen der Mars- und Jupiterbahn in meist sehr lang gestreckten Ellipsen um die Sonne kreisen.

Schon dem frühesten Alterthum waren fünf Planeten bekannt: *Merkur*, *Venus*, *Mars*, *Jupiter* und *Saturn*, welche letzterer in einer mittleren Entfernung von 190 Millionen geographischen Meilen um die Sonne kreist. Die *Erde* selbst wurde bis auf *Kopernikus* Zeiten, bis gegen die Mitte des 16ten Jahrhunderts und zum grossen Theil noch viel später, nicht als Planet, sondern als Mittelpunkt des Weltalls betrachtet, um welche sich Sonne, Mond und die sämtlichen übrigen Gestirne bewegten. Allerdings kann in gewissem Sinne die Erde noch jetzt als Mittelpunkt des Weltalls angesehen werden, wie jeder Punkt des Weltraumes. Denn weil unser Auge nach allen Seiten unbegrenzt, also *gleichweit* in den Weltraum vordringt, so erscheint uns das Himmelsgewölbe als eine ungeheure Hohlkugel von unbestimmtem Radius, in deren Mittelpunkt wir stehen, und an deren Innenseite die Gestirne sich zu befinden scheinen. Weil dieselbe Erscheinung in jedem Punkt des Weltraumes stattfindet, so kann jeder Punkt als Mittelpunkt des Weltalls angesehen werden, also auch der Mittelpunkt der Erde oder der der Sonne, wie dies in der mathematischen Geographie und sphärischen Astronomie auch in der That geschieht. Der grosse französische Gelehrte *Pascal* sagt hierüber treffend: «Das Weltall ist eine Kugel, deren Mittelpunkt überall und deren Peripherie nirgends ist.»

Schon im Alterthum wurde, allerdings ganz unbestimmt, die Ansicht geäussert, dass es ausser diesen 5 noch andere Planeten gebe.

Diese Vermuthung tritt aber erst bestimmter auf bei *Kepler*, der in seinem *Mysterium Cosmographicum* die bestimmte Ansicht äussert, dass zwischen Mars und Jupiter noch ein Planet vorhanden sei. Diese Vermuthung Kepler's wurde aber erst in der zweiten Hälfte des 18ten Jahrhunderts wieder aufgenommen, zuerst von *Lalande*, dem Direktor der Pariser Sternwarte, und nachher von *Joh. Dan. Titius* in Wittenberg, von *Bode* in Berlin und *Wurm*. Diese machten auf die Lücke aufmerksam, die sich in der sonst ununterbrochenen Reihe der übrigen Planeten zwischen Mars und Jupiter befand; sie waren unsomehr davon überzeugt, dass sich in dieser Lücke ein Planet befinden müsse, als Titius im Jahre 1766 eine empirische Formel fand, nach welcher sich die Abstände der Planeten von der Sonne in eine *geometrische Progression* ordnen lassen. Diese Formel, welche später im Jahre 1782, von Bode wieder in Erinnerung gebracht wurde, ist bekannt unter dem Namen des *Gesetzes von Titius-Bode*, später auch *Wurm'sche Reihe* genannt.

Setzt man den *mittleren Abstand der Erde von der Sonne*, 20 Millionen Meilen, den *Erdbahn-Halbmesser*, gleich der Einheit, oder die Entfernung des äussersten damals bekannten Planeten Saturn von rund 200 Millionen Meilen gleich 10, so werden die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne annähernd durch die Formel ausgedrückt, welche die genannte geometrische Reihe darstellt:

$$d = 0,4 + 2^n \cdot 0,3$$

Vermittelst derselben ergibt sich für

$$n = -\infty, 0, 1, 2, 3, 4$$

die folgende Tabelle:

<i>Planet</i>	<i>Berechnete Entfernung</i>	<i>Wirkliche mittl. Entfernung</i>	<i>Abweichung von der Formel</i>
Merkur	0,4 = 0,4	0,387	— 0,013
Venus	0,4 + 0,3 = 0,7	0,723	+ 0,023
Erde	0,4 + 2 · 0,3 = 1	1	
Mars	0,4 + 4 · 0,3 = 1,6	1,524	— 0,076
—	0,4 + 8 · 0,3 = 2,8	—	—
Jupiter	0,4 + 16 · 0,3 = 5,2	5,203	+ 0,003
Saturn	0,4 + 32 · 0,3 = 10,0	9,539	— 0,461

Es musste also, um jene Lücke auszufüllen, ein Planet vorhanden sein, in der mittleren Entfernung von 2,8 Erdbahnradien oder 56 Millionen Meilen.

Unterdessen hatte der grosse englische Astronom *Herschel* ebenfalls den Gedanken gefasst und ausgeführt, mit seinem lichtstarken Spiegelteleskopen den Himmel nach neuen Planeten zu durchsuchen, und eine der ersten Früchte seiner Durchmusterung des Himmels war, am 13. März 1781, die Entdeckung eines neuen grossen Planeten, des *Uranus*, der in einer mittleren Entfernung von 19,182 Erdbahnhalmessern oder 384 Millionen Meilen um die Sonne kreist, wodurch der Durchmesser des Sonnensystems auf das Doppelte erweitert wurde.

Der neu gefundene Planet, dem nach der Titius'schen Formel die Entfernung:

$$0,4 + 2^6 \cdot 0,3 = 0,4 + 64 \cdot 0,3 = 19,6$$

zukam, während seine wirkliche Entfernung 19,182 Erdbahnradien ist, passte so gut in die Reihe, dass man das Gesetz als richtig annahm.

Zach, 1787—1806 Direktor der von ihm gegründeten Sternwarte auf dem Seeberg bei Gotha, unternahm infolge dieser Uebereinstimmung, gestützt auf gewisse hypothetische Voraussetzungen, die Berechnung der Bahnelemente des fehlenden Planeten. Er begann im Jahre 1787 eine Durchmusterung der Sterne des Thierkreisgürtels, in der Hoffnung dabei auf den fehlenden Planeten zu stossen. *Zach* sah aber bald ein, dass die Aufgabe diesen Planeten zu finden ähnlich sei derjenigen, «eine Stecknadel in einem Heubündel zu suchen» und die Kräfte eines Einzelnen übersteige.¹⁾ Es wurde daher auf dem von *Lalande* im Jahre 1796 in *Gotha* und auf dem von *Zach* im Herbst 1800 zu *Lilienthal* bei Bremen veranstalteten *astronomischen Congress* eine Arbeitstheilung in Vorschlag gebracht. Es sollte eine eigene Gesellschaft gegründet und 24 Astronomen gewonnen werden, von denen je zwei eines der 12 Zeichen des Thierkreises zu durchmustern, genaue Karten zu bearbeiten und diese immer wieder mit dem Himmel zu vergleichen hätten, um auf diese Weise den fehlenden Planeten zu finden.

An der Conferenz zu Lilienthal betheiligte sich auch *Joh. Hieron. Schröter*, ein Jurist von Beruf, Justizrath und Oberamtmann zu Lilienthal, der sich für die Astronomie interessirte und um sie praktisch

¹⁾ Dr. R. Wolf. Handbuch der Astronomie 1893.

betreiben zu können, daselbst eine mit guten Instrumenten ausgerüstete Sternwarte errichtete, die 1813 von den Franzosen niedergebrannt wurde. Schröter's wichtigste Arbeiten beziehen sich auf Untersuchungen des Mondes und der Planetenoberflächen.

An der genannten Konferenz nahm ferner *Wilh. Olbers* Theil, der sich als Arzt in Bremen niedergelassen hatte und welcher die Astronomie nur aus Liebhaberei trieb, diese aber doch in allen Theilen beherrschte und wesentlich förderte. Mit Vorliebe beschäftigte er sich mit den Kometen.

Zu den von dem Lilienthaler Congress auserwählten 24 Astronomen gehörte auch *Joseph Piazzi*, Direktor der Sternwarte in Palermo. Bevor er aber die Anzeige hiervon erhielt, hatte er nicht nur den ihm zugeordneten Theil, sondern die ganze Aufgabe auf eigene Faust gelöst. Piazzi war schon seit mehreren Jahren beschäftigt, an der Hand des sehr unvollkommenen *Wollaston'schen Catalogs*, ein genaues Fixsternverzeichniss aus der Gegend des Thierkreisgürtels herzustellen. Wegen einer falschen Notiz in diesem Catalog untersuchte er die Gegend im Sternbilde des Stiers, wo der betreffende Stern stehen sollte, genauer, zu welchem Zwecke er alle Sterne aufzeichnete. Auf diese Weise hatte er in der Nacht vom 1. Januar 1801, also gerade am Neujahrshundertstage, einen kleinen Stern beobachtet und verzeichnet, der am folgenden Abend nicht mehr an derselben Stelle stand, während in einiger Entfernung ein vorher dort nicht gesehener Stern sich vorfand, und am nächst folgenden Abend zeigte sich eine abermalige Ortsveränderung. Piazzi hielt sich daher überzeugt, einen Wandelstern gefunden zu haben, und zwar dachte er zuerst an einen Kometen. Er setzte seine Beobachtungen fort, bis am 11. Februar ungünstige Witterung und bald darauf eine Krankheit seine Beobachtungen unterbrachen. ¹⁾

Piazzi hatte sofort mehreren Astronomen, so *Oriani* in Mailand und *Bode* in Berlin, seine Entdeckung mitgetheilt, aber in Folge der damaligen Kriegszustände trafen diese Briefe in Berlin erst am 20. März, in Mailand erst am 5. April ein, wo der neu entdeckte Himmelskörper wegen seines Standes zur Sonne nicht mehr zu beobachten war. Jedoch gelangten *Bode* und *Zach*, nach genauer Vergleichung seiner Bewegung sofort zu der Ueberzeugung, dass der neue Wandelstern kein Komet, sondern höchst wahrscheinlich der gesuchte, der

¹⁾ M ä d l e r. Der Wunderbau des Weltalls.

Lücke angehörige Planet sei, welcher Ansicht nach einigem Zögern auch Piazzi beitrug. Er nannte den neuen Planeten, kraft seines Entdeckerrechtes, *Ceres*.

Die bis zum 11. Februar reichenden Beobachtungen Piazzi's waren aber die einzigen, die man erhalten hatte. Es handelte sich nun darum, aus diesen 6 wöchentlichen Beobachtungsergebnissen die Bahn der Ceres so genau abzuleiten, um sie im nächsten Winter wieder aufzufinden, wenn sie in hinreichender Entfernung von der Sonne wieder gesehen werden konnte. Diese Bahn aber aus einer so kurzen Beobachtungsreihe abzuleiten, schien nach den bis dahin bekannten Methoden unausführbar. Viele versuchten sich an dieser Aufgabe, aber man erhielt so viele verschiedene Resultate, dass die Hoffnung, die Ceres wieder zu finden, je länger je mehr schwand.

Da entdeckte ein noch wenig bekannter, junger Mathematiker, *Dr. Gauss* in Göttingen, eine neue Methode, mit der man leichter und genauer als bis dahin aus Beobachtungen eines so kleinen Bogens der Bahn eines Planeten die *ganze Bahn* bestimmen kann. Er berechnete nach dieser seiner Methode, an der Hand der sehr genauen Beobachtungen Piazzi's, die Bahn der Ceres und gab an, wo sie im Januar 1802 erscheinen musste.

Die Arbeit von Gauss fand aber wenig Beachtung, nur *Olbers* in Bremen prüfte sie genauer, fand ihren grossen Werth und legte sie seinen Beobachtungen zu Grunde. Und so gelang es ihm, am Jahrestage der Entdeckung, am 1. Januar 1802 die fast verloren geglaubte Ceres wieder zu finden. Die Entdeckung war nun gesichert, denn vermittelt dieser zweiten Erscheinung war es nun möglich, die Bahn der Ceres so genau zu berechnen, dass sie zu jeder Zeit sofort aufgefunden werden kann.

Die Helligkeit der Ceres ist so gering, dass dieser Planet auch für das schärfste unbewaffnete Auge unsichtbar bleibt. Man musste hieraus auf eine sehr geringe Grösse, oder auf eine geringe Reflexionsfähigkeit für das Licht an seiner Oberfläche schliessen. In der That ist eine genaue Messung des Durchmessers dieses *Planetoiden* erst im Jahre 1894 gelungen, wovon später die Rede sein wird.

Die *mittlere Entfernung* der Ceres von der Sonne ergab sich zu 2,7672 Erdbahnhalbmassen oder nahezu 56 Millionen Meilen und dieser Werth passte so gut in die Titius'sche Reihe, dass man allgemein die Lücke zwischen Mars und Jupiter als ausgefüllt betrachtete, und sich mit dem gefundenenen kleinen Planeten zufrieden gab.

Olbers hatte an der Stelle, an welcher er die Ceres entdeckt hatte, die umliegenden Sterne besonders genau beobachtet und verzeichnet, um nach einem Umlauf der Ceres diese um so leichter wieder zu finden. Da entdeckte er schon am 28. März 1802 fast an derselben Stelle wie vorher die Ceres, einen zweiten kleinen Planeten, den er *Pallas* nannte, dessen mittlerer Sonnenabstand von 2,768 Erdbahnradien nur sehr wenig von dem der Ceres verschieden ist. Dieser Planet war erst 3 Wochen beobachtet worden, als *Gauss* schon mit grosser Genauigkeit seine Bahn bestimmte. Diese Entdeckung, dass man aus einem so kleinen beobachteten Bogen, die ganze Bahn eines Planeten bestimmen könne, setzte die Mathematiker und Astronomen fast noch mehr in Erstaunen, als die Entdeckung der neuen Planetoiden selbst und man erkannte es mit Bewunderung, dass Deutschland in *Gauss* einen Mathematiker besitze, der mit den Franzosen *Laplace* und *Lagrange* einen gleichen Rang einnehme.¹⁾

Die ganz unerwartete Entdeckung des zweiten Planetoiden, *Pallas*, verursachte vielen Zweifel. Einige hielten *Pallas* gar nicht für einen Planeten; die starke Neigung seiner Bahnebene gegen die Ebene der Erdbahn, die *Ekliptik*, welche Neigung beinahe 35° beträgt, seine lang gestreckte elliptische Bahn, und eine starke Nebelhülle die *H. Schröter* gesehen hatte, schienen auf einen Kometen zu deuten. Allein die späteren Beobachtungen und sein ganzes Verhalten sprachen für einen Planeten.

Einige Astronomen, in erster Linie *Olbers* nahmen daher eine *Theilung* eines früheren grösseren Planeten in zwei oder mehrere Planeten an. Diese Annahme hatte den günstigen Umstand für sich, dass die Bahnen der Ceres und *Pallas* an einem Orte des Thierkreises sehr nahe zusammen kamen. Man beobachtete desshalb jene gemeinsame Region, in welcher die Theilung vor sich gegangen sein sollte, genauer und wirklich fanden *Harding* in Göttingen am 1. September 1804 in den Fischen einen 3. Planetoiden, die *Juno*, im mittleren Sonnenabstand 2,67 und *Olbers* am 29. März 1807 in der Jungfrau einen 4., die *Vesta*, im mittleren Abstand 2,362 Erddistanzen.

Die mittleren Abstände der 4 neu entdeckten Planetoiden weichen nur wenig von einander und von dem, der Reihe des Titius entsprechenden Abstand 2,8 ab, *Bode* äussert sich desshalb folgenderweise hierüber: ²⁾

¹⁾ *Brandes*. Vorlesungen über die Astronomie 1827.

²⁾ Dr. *Joh. Elert. Bode*. Betrachtungen der Gestirne und des Weltgebäudes. Berlin 1816.

«Jene harmonische, nun auf's neue vollständig bestätigte Progression in den Abständen der Planetenbahnen, wird auch keineswegs dadurch umgestossen, dass statt dem erwarteten einen Planeten bis jetzt deren 4 entdeckt worden sind, da diese fast in der nämlichen Entfernung von der Sonne sich aufhalten. Dass alle 4 in eigenen Bahnen nach eben der Richtung wie die übrigen um die Sonne laufen, macht sie zu Hauptplaneten. Ceres erscheint nur als Stern 7. Grösse und ist daher wirklich nur ein kleiner Weltkörper, oder er hat, wie es viel glaublicher ist, eine starke Atmosphäre um sich, so dass er das Sonnenlicht nur schwach von seiner Oberfläche zurückwirft und erscheint desshalb so klein und lichtschwach.»

Die ersten eingehenderen Beobachtungen der Oberflächen der 4 neuen Planeten gleich nach ihrer Entdeckung sind von *Schröter* ausgeführt worden. Er fand, dass diese Himmelskörper von ungeheuren Atmosphären umgeben seien, so dass sie als Zwischenglieder angesehen wurden, welche die Kette der Planeten mit den Kometen verbinden.

Nach *Schröter's* Messungen beträgt der Halbmesser der *Ceres* 176 Meilen, die Höhe ihrer Atmosphäre, Nebelhülle, zu verschiedenen Zeiten 65—147 Meilen, also fast gleich dem Halbmesser des Planeten. Oft, sagt *Schröter*, war der Kern der *Ceres* scharf begrenzt und liess sich, sowie die umgebende Lichtatmosphäre messen, zuweilen sah man bloss den Lichtnebel in dem der Planet schwimmt.

Den Halbmesser der *Pallas* fand er zu 227 Meilen, die Höhe ihrer Atmosphäre 102 Meilen. Bedenkt man, dass die Höhe der irdischen Atmosphäre etwa 10 Meilen beträgt, so kann man sich eine ungefähre Vorstellung machen von der Mächtigkeit dieser Gashüllen,

Dabei ist nicht zu vergessen, sagt *Schröter*, dass dies nur der untere Theil der Atmosphäre ist, der stark genug ist, das Sonnenlicht bis zur Erde zu reflektiren, so dass sein Durchschnitt gemessen werden kann. Wie weit mag sich also die feinere Atmosphäre ausdehnen! Welch ungeheure Revolutionen, müssen in diesem Dunstkreis vor sich gehen, der den unsrigen 10 bis 14mal übertrifft und der sich bald auf die Hälfte zusammenzieht, bald auf das Doppelte ausdehnt! und der sich uns, wie die *Ceres*, bald in einem röthlichen, bald in bläulichem, bald in weisslichem Lichte zeigt.

An *Juno* bemerkt man zwar nichts von einem kometenartigen Nebel, indes sieht man aus ihrem bald stärkeren bald schwächeren Licht, dass ihre Atmosphäre verhältnissmässig weit grösser ist und beträchtliche Veränderungen erleidet.

Vesta fällt durch ihr ausserordentlich starkes Licht auf woraus man schliessen möchte, dass sie ein sehr harter, felsiger und gebirgiger Körper ist, von nur einer schwachen Atmosphäre umgeben.

Soweit die Beobachtungen Schröter's.

Spätere, mit vollkommeneren und lichtstärkeren Fernrohren ausgeführte Beobachtungen zeigten keine Spur von einer Atmosphäre, die von Schröter gesehenen Nebelhüllen erwiesen sich als optische Täuschungen in seinen unvollkommenen Teleskopen, es besitzen diese Himmelskörper entsprechend ihrer Kleinheit nur äusserst geringe Atmosphären. Also keine Nebelhüllen, nichts kometenartiges, ihr ganzes Verhalten charakterisirte die 4 neu entdeckten Himmelskörper als Planeten, wegen ihrer Kleinheit erhielten sie den Namen *Planetoiden* oder *Asteroiden*.

Olbers hat die früher erwähnten Nachsuchungen nach neuen Planeten noch bis zum Jahre 1817 fortgesetzt; dabei behielt er hauptsächlich die beiden Stellen in den Sternbildern der Jungfrau und Fische im Auge, in welchen die scheinbaren Durchkreuzungspunkte der Ceres- und Pallasbahn liegen, welche Stellen somit muthmasslich auch von allfälligen andern Bruchstücken des als zertrümmert angenommenen grossen Planeten, von Zeit zu Zeit passirt werden mussten. Eine weitere Planetenentdeckung gelang ihm aber nicht und es blieb bis Ende 1845 also 39 Jahre lang, bei 7 grossen und 4 kleinen Planeten.

Da fand am 8. Dezember des Jahres 1845 ein eifriger Liebhaber der Astronomie, der Postmeister *Karl Ludw. Hencke* zu Driesen in der Neumark, auf Grund von ihm selbst entworfener Spezialkarten, einen neuen fünften Himmelskörper aus der Familie der Planetoiden, der *Asträa* genannt wurde. Im Jahre 1847 entdeckte Hencke noch einen sechsten Asteroiden und eröffnete damit eine neue Periode von Planetoidenentdeckungen deren Ausdehnung alle Erwartungen übertraf und die noch heute nicht abgeschlossen ist.

Von dieser Zeit an ist kein Jahr, ja in neuester Zeit sogar fast kein Monat vergangen, in dem nicht neue Planetoiden entdeckt wurden: von 1845—1850 wuchs ihre Zahl um 6.

Aber erst von 1854 an wurde die Anzahl der entdeckten Asteroiden grösser, auf Grund der genauen vom Pariser Observatorium herausgegebenen Himmelskarte aus der Gegend des Thierkreisgürtels. Einzelne Astronomen widmeten sich mehr oder weniger speziell der Aufsuchung von Planetoiden, so *Hind* und *Pogson* in Nottingham, de

Gasparis in Italien, *Rob. Luther* und *Wilh. Tempel* in Deutschland, *Palisa* in Wien, *Coggia* und *Charlois* in Nizza, *Peters* und *Watson* in Nordamerika u. s. w.

Von 1850—1860 wuchs die Anzahl der Asteroiden um 47, von diesen haben Hind 10, Goldschmidt 12, Gasparis 7, Luther 8 u. s. w. entdeckt.

Von 1860—1870	wurden	55	Planetoiden	entdeckt,
» 1870—1880	»	99	»	»
» 1880—1890	»	82	»	»
und im Jahr 1891	»	21	»	»

Bis zum Dezember 1891 wurden alle Planetoiden, im Ganzen 322, vermittelt genauer Sternkarten entdeckt, und der Grund, warum von 1807—1845 kein neuer Planetoid entdeckt wurde, liegt nicht, wie man vielleicht meinen könnte, in dem Fehlen lichtstarker Fernrohre, sondern in dem *Mangel genauer Sternkarten*.

Der hellste Planetoid ist nämlich der 4. der zuerst entdeckten, die *Vesta*; er ist der einzige, der gerade noch mit blossem Auge gesehen werden kann, an den Grenzen der Sichtbarkeit als ein schwacher Stern 6. Grösse. Ceres ist von der 7. Grösse.

Ferner sind von den bis jetzt gefundenen:

7	Planetoiden	von	der	8.	Grösse
25	»	»	»	9.	»
69	»	»	»	10.	»
157	»	»	»	11.	» u. s. w.

bis hinunter zur 15. Grösse.

Es stehen nun schon gegen 30,000 Fixsterne der 7. und 8. Grösse am Himmel und geht man unter diese Grössenklassen hinab, so hat man mit Hunderttausenden und Millionen von teleskopischen, dem freien Auge unsichtbaren Sternen zu thun. Zu Anfang dieses Jahrhunderts waren aber noch nicht einmal alle Sterne 6. Grösse, geschweige denn die darunter liegenden Klassen in den Sternkarten eingetragen, da war es eben unmöglich, aus diesen lichtschwachen Sternen einen neuen Planeten herauszufinden, der sich von einem schwachen Fixsterne in gar nichts unterscheidet. Nur vermittelt sehr ausführlicher Sternkarten und Katalogen war auf neue Entdeckungen zu hoffen. Auf die Herstellung genauer Sternkarten waren dahier lange Zeit hindurch die vereinigten Bemühungen der Astronomen gerichtet¹⁾.

¹⁾ M ä d l e r, Der Wunderbau des Weltalls.

Gegenwärtig sind schon mehrere Hunderttausend Sterne katalogisirt und in Karten eingetragen und an den internationalen Kongressen von 1887, 1889 und 1891, an denen 16 Nationen mit 56 Astronomen vertreten waren, wurde beschlossen, den ganzen Himmel photographisch auf 12,000 Platten aufzunehmen, deren jede von 16 cm². Fläche etwa 2° im Quadrat am Himmel umfasst. An der Arbeit betheiligen sich 20 Sternwarten, sie soll bis zum Jahre 1900 beendigt sein. Alle Aufnahmen in eine ganze Karte vereinigt, überdecken eine Kugel vom Radius 3,43 m. Es werden 2 Serien hergestellt; die erste enthält, bei kurzer Expositionszeit der Platten, alle Sterne bis zur 11. Grösse, im Ganzen etwa 1½ Millionen Sterne; die zweite Serie enthält, bei längerer Expositionszeit, alle Sterne bis zur 14. Grösse, ihre Zahl beträgt etwa 15—20 Millionen.

Vermittelst der neuen, genauen Sternkarten gelang es dann vom Jahr 1845 bis Ende 1891 im Ganzen 318 Planetoiden durch planmässiges Aufsuchen zu entdecken.

Da trat Ende 1891 eine neue Phase in der Geschichte der Planetoiden-Entdeckungen ein, durch die *Heranziehung der Photographie*. Der erste, auf photographischem Wege entdeckte Planetoid, der 323., wurde am 20. Dezember 1891 von *Max Wolf* in Heidelberg gefunden, welcher auch diese Methode Ende November 1891 in die Planetenastronomie eingeführt hat.

Durch die Einführung der photographischen Methode hat nebst andern auch die Art der Auffindung der Asteroiden eine andere Gestalt angenommen. Früher wurde zu diesem Zwecke eine mühsame, zeitraubende Vergleichung des Himmels mit einer sehr genauen Sternkarte der betreffenden Gegend vorgenommen, wobei sich ein Planet dadurch verrieth, dass an einer leeren Stelle der Karte ein Stern angetroffen wurde. Um sich von der planetarischen Natur desselben vollständig zu überzeugen, wurde wenn möglich noch in derselben Nacht eine Ortsveränderung konstatirt. Jetzt aber ist die Auffindung eines Planetoiden in gewissem Sinne in das Studirzimmer verlegt worden. Auf einer 2—3 Stunden hindurch ausgesetzten photographischen Platte hinterlässt ein Planet, wegen seiner Bewegung eine kleine Linie als Spur zurück, während die Fixsterne als kleine Scheibchen erscheinen. Es sind aus diesem Grunde die Platten nach ihrer Entwicklung sehr sorgfältig nach den auf ihnen enthaltenen Strichen zu untersuchen, was besonders in sternreichen Gegenden eine mühsame und zeitraubende Arbeit ist. Aber man bedarf jetzt

nur drei Stunden heiteren Himmels, um beim Forschen nach einem Planetoiden mittelst Photographie ebensoviel zu erreichen, als früher bei achtzigstündiger Arbeit. Wird nun während einer längere Zeit andauernden Periode heiteren Wetters eine grössere Zahl Platten gewonnen, so kann der Beobachter mit dem Untersuchen derselben nicht gleichen Schritt halten. Manche gelangen daher erst nach mehreren Tagen, selbst Wochen nach ihrer Aufnahme zur Untersuchung, wodurch das Auffinden der auf ihnen enthaltenen Planeten ebenso lange verzögert wird.¹⁾

Anfangs wählte man für die Asteroiden, wie für die grossen Planeten besondere *Zeichen*, so erhielt z. B. die zuerst entdeckte Ceres, als Göttin der Ernte das Zeichen einer Sichel, nämlich:

Ceres ☿, Pallas ♃, Juno ♁, Vesta ☿,

u. s. w. Weil sich aber ihre Zahl sehr vermehrte, wurden ihnen einfach im Kreise eingeschlossene, fortlaufende Nummern gegeben, welche die Reihenfolge ihrer Entdeckung angeben, z. B.:

Ceres (1), Pallas (2), Urania (30), Ismene (100) u. s. w.

Früher hat man allen neu entdeckten Planetoiden gleich die definitive fortlaufende Nummer nach der Zeit ihrer Entdeckung gegeben; daraus entstanden aber Irrungen, weil unter denselben sich hie und da ein älterer, verlorener, der schon früher eine Nummer erhalten hatte, befand. Nun bezeichnet man die neu aufgefundenen Asteroiden *provisorisch* nach der Zeitfolge ihrer Entdeckung durch die grossen lateinischen Buchstaben des Alphabets und fährt damit ununterbrochen fort und greift nach Erschöpfung des Alphabets auf die Doppelbezeichnung AA, AB, AC, . . . BA, BB, BC . . . Diese Bezeichnung wird seit Ende August 1892 in Anwendung gebracht, Ende 1895 war man bereits bei CC und CD angelangt.

Die definitive Numerirung erfolgt erst dann, und zwar in Gruppen von je 10, wenn die Beobachtungen bereits längere Zeit geschlossen sind und eine genaue Untersuchung erfolgt ist. Alle Planetoiden, welche nicht genügend genau beobachtet sind, um eine einigermaßen sichere Bahnbestimmung zu gestatten, erhalten keine Nummer mehr, nur die lateinischen Buchstaben der Reihenfolge.

Bis zur Einführung der Photographie, bis zum 20. Dezember 1891 waren 322 Planetoiden entdeckt, von 1 bis 322 numerirt; seither wurden bis Ende 1895 entdeckt und ihre Bahn berechnet:

¹⁾ Astronomischer Kalender 1894 der Sternwarte in Wien.

Im Jahr 1892	=	27	Asteroiden,
» »	1893	=	27 »
» »	1894	=	20 »
» »	1895	=	11 »

Von den letzteren sind aber (Anfangs Januar 1896) fünf noch nicht berechnet. Im Ganzen sind in den letzten 4 Jahren 1892—1896 nicht weniger als 85 *Planetoiden* entdeckt und berechnet worden, wovon 80 durch die Photographie und zwar 24 davon von *Max Wolf* in Heidelberg, 54 von *Charlois* in Nizza und nur 8 von anderen.

Ausserdem wurde in diesem Zeitraum noch eine grosse Anzahl anderer *Planetoiden* entdeckt; aus Mangel einer genügenden Anzahl von Beobachtungen konnten aber für dieselben die Bahnelemente nicht gefunden werden, so dass diese nicht als bleibende Erweiterung des Asteroidenringes betrachtet werden können und vorläufig weggelassen werden.

Charlois hat ausserdem vorher schon 26 Asteroiden mittelst der alten Methode entdeckt, bis jetzt zusammen allein deren 80. Ebenso viele, nämlich 81, und zwar alle nach der alten Methode, hat *Palisa* in Wien entdeckt, *Peters* in Clinton (Nordamerika) 45 *Planetoiden* ebenfalls nach der alten Methode.

Mehrfache Auffindung ein und desselben Asteroiden kamen nur wenige vor. Es rührt dies daher, dass sich bisher nur zwei Astronomen, Wolf und Charlois, der Photographie zur Aufsuchung dieser Himmelskörper bedienten, und dass sie zudem nicht zu derselben Zeit thätig waren.

Die Gesamtzahl der bis Ende 1895 bekannten Asteroiden beträgt 410, von diesen sind 404 vollständig berechnet und mit fortlaufenden Nummern versehen.

Die Bahnberechnung der weitaus grössten Zahl der in den letzten Jahren entdeckten *Planetoiden* rührt her von *A. Berberich*, einem Astronomen am Recheninstitute der königlichen Sternwarte in Berlin, der mit aussergewöhnlichem Geschick und Scharfblick diese mühsamen und zeitraubenden Berechnungen ausgeführt hat.

Die Bearbeitung der Bahnen und die fortlaufende Berechnung der *Ephemeriden*, d. h. die Vorausberechnung der täglichen Stellungen der *Planetoiden* wird durch die *Redaktion des Berliner astronomischen Jahrbuches* mit Unterstützung freiwilliger Mitarbeiter aller Nationen besorgt. Weil sich nun in den letzten Jahren die Anzahl der Asteroiden sehr vermehrt hat, war es diesem Institut nicht mehr möglich,

alle dieselben in ihrer Bahn zu verfolgen; es findet eine Einschränkung der Berechnung der fortlaufenden *Ephemeriden* auf die wichtigsten Planetoiden statt, die übrigen lässt man, nachdem ihre Bahnelemente berechnet sind, einfach laufen, wenn nothwendig, lässt sich ihre Stellung zu jeder Zeit wieder berechnen.

Etwa 340 Planetoiden haben *Eigennamen* erhalten, die zehn zuerst entdeckten sind der Reihe nach:

Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Asträa, Hebe, Iris, Flora.

Anfangs wurde streng das Princip innegehalten, für die Planetoiden nur Namen des *klassischen Alterthums* zu wählen, und so treffen wir neben den obigen auf die Bezeichnungen:

Minerva, Medea, Andromache, Kalypso, Penelope, Thalia, Ismene,
Ariadne u. s. w.

Als sich aber ihre Zahl vermehrte, wurden auch andere Namen für die Planetoiden eingeführt und so finden wir Namen:

Aus der *germanischen Mythologie*:

Kriemhild, Brunhild, Gudrun, Idun, Freia, Gerda, Vanadis u. s. w.

Länder- und Städtenamen:

Russia, Germania, Bavaria, Svea, Badenia, Dresda, Heidelberga,
Massilia u. s. w.

Alle möglichen *Frauennamen*:

Emma, Ida, Anna, Maria, Rosa, Eva, Katherina u. s. w.

So ist auch *Roxane*, die Gemahlin Alexanders des Grossen durch einen Planetoiden dieses Namens verewigt; auch eine *Xantippe* zieht ruhig ihre Bahn unter den übrigen Asteroiden.

Als sich durch Einführung der Photographie die Zahl der neu entdeckten Planetoiden noch in stärkerem Masse vermehrte, ist man von einer Namengebung ganz abgegangen und bezeichnet die neu gefundenen Asteroiden einfach durch fortlaufende Nummern.

Ueber die auf der Sternwarte zu Nizza zur Aufsuchung neuer Asteroiden mittelst der Photographie durch *Charlois* erhaltenen Resultate, hat der Direktor *Perrotin*, jener Anstalt vor Kurzem im Wesentlichen folgende Details veröffentlicht:

«Vom 19. September 1892 bis Ende Juni 1894 wurden im Ganzen 115 Clichés von je 11° Seitenlänge aufgenommen. Bei einer Expositionszeit von 2½—3 Stunden enthielten die einzelnen Platten 8—9000 Sterne; die Untersuchung einer Platte erforderte etwa zwei Stunden. Auf 40 dieser Platten fand sich überhaupt kein Planet vor, die übrigen 75 enthielten zusammen 157 verschiedene Planetoiden,

von denen sich 112 als bereits bekannt und 45 als neu erwiesen, was nur durch die Berechnung der Bahn konstatiert werden kann.

Bei den Planetoiden bis 11. Grösse waren die schon bekannten weit im Ueberschuss; bei den Planetoiden 12. Grösse kommen schon auf 3 alte zwei neue und bei denjenigen 13. Grösse sind die neuen auf den Platten zahlreicher als die alten, ein Zeichen, dass wir zwar die helleren Glieder der Asteroiden, nicht aber die schwächeren bereits ziemlich vollständig kennen.»

Im Laufe des Jahres 1895 ist das 4. Hundert der bekannten Asteroiden überschritten worden, es dürfte daher die folgende Tabelle zur Uebersicht über die Aufeinanderfolge der Planetoidenentdeckungen von Interesse sein:

Es wurde entdeckt :				Zeitraum für eine Gruppe von je 50:
①	Ceres	am 1. Januar	1801	
⑤0	Virginia	» 4. Oktober	1857	56 Jahre
⑩0	Hekate	» 11. August	1868	11 »
⑮0	Nuwa	» 18. November	1875	7 »
⑳0	Dynamene	» 27. August	1879	4 »
⑵50	Bettina	» 3. November	1885	6 »
⑶00	Geraldina	» 3. November	1890	5 »
⑶50	—	» 14. Dezember	1892	2 »
⑷00	—	» 15. März	1895	2 ¹ / ₄ »

Der Photographie allein ist es zu verdanken, dass das 4. Hundert der Asteroiden in der überaus kurzen Zeit von 4¹/₄ Jahren entdeckt wurde; dieselbe dürfte wohl dazu verhelfen, noch vor der Säkularfeyer der Entdeckung der Ceres, bis zum 1. Jan. 1901, auch das fünfte Hundert auszufüllen.

Rechnet man alle Planetoiden, deren *Helligkeit* oder *Grösse* von 8,0 bis 8,9, von 9,0 bis 9,9, von 10,0 bis 10,9 u. s. w. reicht, be-
Bern. Mitteil. 1896. Nr. 1404.

ziehungsweise zur 8., 9. 10. u. s. w. *Grössenklasse*, und stellt dieselben wieder in Gruppen von je 50 zusammen, so findet man für die *mittleren Oppositionshelligkeiten der 400 ersten Planetoiden*:¹⁾

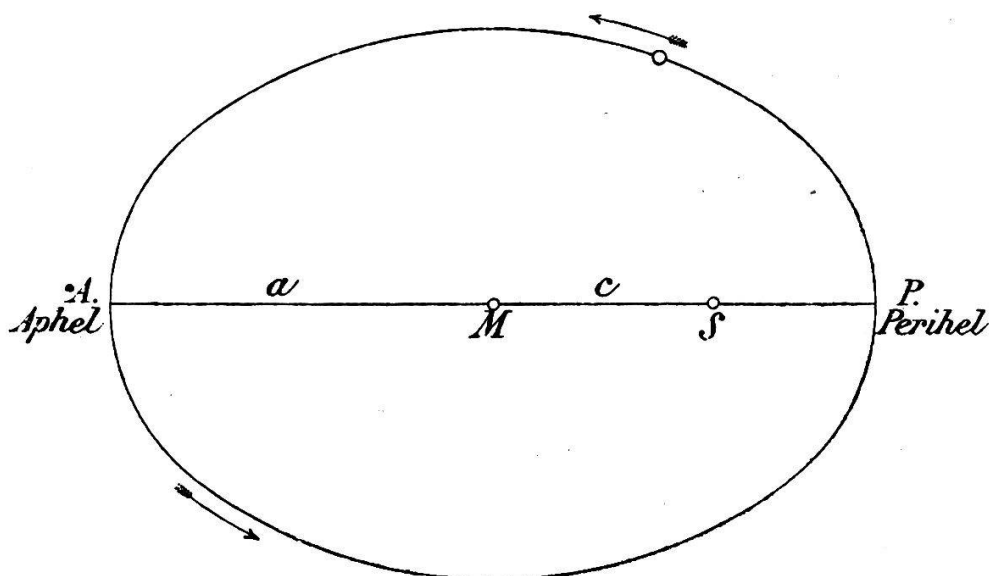
Asteroiden Nro.	Heller als 8	8	9	10	11	12	Schwächer als 12
1— 50	2	7	17	15	7	2	—
51—100	—	—	2	19	23	5	1
101—150	—	—	—	15	27	8	—
151—200	—	—	1	4	20	20	5
201—250	—	—	—	3	18	17	12
251—300	—	—	—	1	7	13	29
301—350	—	—	2	2	8	21	17
351—400	—	—	—	2	4	13	31
Summe	2	7	22	61	114	99	95

Die beiden hellsten Planetoiden sind Vesta von der 6,5. und Ceres von der 7,4. Grössenklasse.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der *Bahnen der Planetoiden*.

Nach dem ersten Kepler'schen Gesetz sind die Bahnen aller Planeten *Ellipsen*, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Bezeichnet in nebenstehender Figur M den Mittelpunkt, S den einen Brennpunkt, in dem die Sonne steht und PA die grosse Axe der Ellipse, so heisst $MP = MA = a$ die *halbe grosse Bahnaxe* oder die *mittlere Entfernung* des Planeten von der Sonne; $MS = c$ die *lineare Excentricität* und der Bruch $\frac{c}{a} = e$; das *Excentricitätsverhältniss*, die *numerische Excentricität* oder kurz die *Excentricität* der Bahnellipse.

¹⁾ Astronomischer Kalender 1896, Wien.



Im Scheitel P der grossen Axe befindet sich der Planet der Sonne am nächsten, im Scheitel A am weitesten von ihr entfernt, diese beiden Punkte heissen die *Sonnennähe* oder das *Perihel*, bezüglich *Sonnenferne* oder *Aphel* des Planeten, die zugehörigen Entfernungen, die *Perihel-* bezüglich *Apheldistanz*, sie sind $a - c$ und $a + c$.

Für eine Kreisbahn ist die Excentricität $e = 0$ für die Parabel $e = 1$, dazwischen für $e < 1$ liegen die Ellipsen, diese weichen um so stärker vom Kreise ab, sind um so langgestreckter, je mehr sich e der 1 nähert.

Von den grossen Planeten hat *Venus* die kleinste Excentricität $e = 0,007$, weitaus die grösste der *Merkur* $e = 0,2$; die übrigen liegen zwischen 0,01 und 0,09; für die Erde ist $e = 0,0167$.

Die Excentricität der Bahnellipsen der *Kometen* ist bedeutend grösser. Für den periodischen *Tempel'schen Kometen* 1 (1867 II), Umlaufszeit 3,295 Jahre, ist $e = 0,46239$, für den *Halley'schen Kometen*, mit einer Umlaufszeit von 76,3 Jahren, ist $e = 0,967$; der erstere besitzt die kleinste, der letztere die grösste bei periodischen Kometen beobachtete Excentricität. Bei nicht periodischen Kometen nähert sich e der Einheit und ihre Bahn der Parabel.

Bei den Planetoiden treten grössere Differenzen auf zwischen den Excentricitäten als bei den grossen Planeten. Von den bis jetzt bekannten Asteroiden besitzt

- die kleinste Excentricität (286) (Iclea) mit $e = 0,0127$,
- » grösste » (353) » $e = 0,35$

Die letzere kommt der bei periodischen Kometen vorkommenden ziemlich nahe. Die Form der Bahnellipsen der Planetoiden ist daher sehr verschieden, von der beinahe kreisförmigen Bahn, bis zur lang gestreckten Ellipse.

Infolge der grossen Excentricität ist der Abstand eines solchen Himmelskörpers von der Sonne sehr veränderlich, für den oben erwähnten $\textcircled{353}$ z. B. beträgt

die Periheldistanz 36 Millionen Meilen,

die Apheldistanz 75 „ „

also mehr als das doppelte der ersteren.

Die *kleinste* Periheldistanz besitzt die $\textcircled{391}$, nämlich 1,61 Erdbahnhalbmesser oder 32,2 Millionen Meilen, diese kommt der Sonne von allen Planetoiden am nächsten. Die Apheldistanz des Mars beträgt 1,666 Erdbahnhalbmesser oder 33,2 Millionen Meilen, es reicht also die Bahn dieses Planetoiden und damit der Asteroidengürtel auf der inneren Grenze beinahe *bis zur Apheldistanz des Planeten Mars*.

Auch die äussere Grenze des Gürtels wurde durch einen der neuen Planetoiden, $\textcircled{301}$, um etwas hinausgeschoben, er entfernt sich in seiner Sonnenferne bis auf 4,772 Erdbahnradien, oder 95 Millionen Meilen von der Sonne, also noch weiter als *Thule* $\textcircled{279}$, deren Apheldistanz $4,613 = 92$ Millionen Meilen beträgt. Man kennt bereits 4 Asteroiden, welche nahezu dieselbe grösste Entfernung von der Sonne erreichen, nämlich ausser den 2 genannten noch $\textcircled{153}$ *Hilda* und $\textcircled{190}$ *Ismene*.

Es scheint dies darauf hinzudeuten, dass die *äusserste Grenze des Asteroidenringes* beiläufig bei 4,75 Erdbahnhalbmessern, oder bei 95 Millionen Meilen Abstand von der Sonne liegt, welche Grenze schon nahe an die *Jupiterbahn* reicht, deren Entfernung im Perihel von der Sonne 4,95 oder 99 Millionen Meilen beträgt.

Hieraus folgt, dass der Asteroidenring beinahe *die ganze Zone zwischen der Mars- und Jupiterbahn* erfüllt, somit eine Breite von 3,1 Erdbahnradien oder von 62 Millionen Meilen einnimmt; eine Zone, die doppelt so breit ist als die mittlere Entfernung des Planeten Mars von der Sonne.

Die *halben grossen Bahnaxen* oder die *mittleren Entfernungen* der verschiedenen Planetoiden von der Sonne liegen zwischen

a = 2,15 Erdbahnhalbmessern oder 43 Mill. Meilen: *Brucia* $\textcircled{323}$

und a = 4,26 „ „ 85 „ „ *Thule* $\textcircled{279}$.

Die Differenz beträgt 2,1 Erdbahnradien oder 42 Millionen Meilen.

Der letztere Planetoid, *Thule*, kreist einsam, weit von den übrigen entfernt, um die Sonne.

Infolge dieser grossen Verschiedenheit der Bahnaxen, weichen auch die *Umlaufszeiten* der Planetoiden stark von einander ab. Während der innerste, die *Brucia*, die Sonne in 3,17 Jahren einmal umkreist, braucht der äusserste bis jetzt bekannte Asteroid, die *Thule*, 8,8 Jahre um einmal ihre Bahn zu durchlaufen.

Nach dem Gesetz von Titius beträgt die mittlere Entfernung des in der Lücke zwischen Mars und Jupiter fehlenden Planeten:

$$a = 0,4 + 2^3 \cdot 0,3 = 2,8 \text{ Erdbahnhalbmesser.}$$

Die Differenz zwischen diesem Werth und den oben angegebenen Grenzwerten des innersten und äussersten bekannten Planetoiden beträgt somit — 0,65, bezüglich + 1,46 Erdbahnhalbmesser. Die Abweichung vom *Titius-Bode'schen Gesetz* ist also sehr gross. Noch grösser wird diese Abweichung, wenn man den im Jahre 1846 entdeckten Planeten *Neptun*, den äussersten unseres Sonnensystems, in Betracht zieht. Nach der Titius'schen Reihe ergibt sich nämlich sein mittlerer Abstand von der Sonne:

$a = 0,4 + 2^7 \cdot 0,3 = 38,8 = 776 \text{ Millionen Meilen,}$
während seine wirkliche mittlere Entfernung nur 30,056 Erdbahnradien, oder 601 Mill. Meilen beträgt. Die Differenz beträgt somit — 8,744 Erdbahnradien.

Von einer allgemeinen Gültigkeit des Titius'schen Gesetzes kann also keine Rede sein. Vielleicht mag dieses oder ein ähnliches Gesetz bei der Bildung des Planetensystems vorgewaltet haben, allein entweder ist der ursprüngliche Zustand nicht mehr der jetzige, oder es muss eine Formel aufgestellt werden, welche auf die Massen der Planeten und auf die Excentricitäten und Neigungen ihrer Bahnen Rücksicht nimmt.

Die Bahnellipsen der verschiedenen Asteroiden liegen in Ebenen, welche gegen die Ebene der Erdbahn, die *Ekliptik*, sehr verschiedene *Neigung* haben. Für die grossen Planeten ist diese Neigung gering; am grössten für Merkur, mit $7^{\circ}0' 7'',7$, am kleinsten für Uranus, mit $0^{\circ}46' 20'',9$. Alle grossen Planeten bewegen sich in der Nähe der Ekliptik, *innerhalb des Thierkreisgürtels*, der eine Zone von der Breite von je 8° zu beiden Seiten der Ekliptik rings um den Himmel bildet.

Bei den Asteroiden dagegen herrschen grosse Verschiedenheiten in den Neigungen der Bahnebenen; ein Theil derselben schweift weit über den Thierkreisgürtel hinaus. Die *grösste* Neigung besitzt $\textcircled{2}$, *Pallas* mit $34^{\circ} 44'$, dann folgen $\textcircled{265}$, *Anna*, mit $25^{\circ} 47'$, $\textcircled{372}$ mit $26^{\circ} 34'$ u. s. w. Die *kleinste* Neigung besitzt $\textcircled{20}$, *Massilia*, mit $0^{\circ} 41'$, dazwischen sind alle möglichen Neigungen vertreten, doch so, dass ganz kleine und ganz grosse Neigungen nur wenige vorkommen. *Newton* hat 1895 gezeigt, dass die *mittlere Bahnebene* der jetzt bekannten 400 Planetoiden zur Ebene der Jupiterbahn eine sehr geringe Neigung hat, nur $0^{\circ},43$. Der Grund hierfür liegt in den säkulären Störungen Jupiters. Infolge dieser starken Neigungen hat die Zone, welche der Asteroidenring zu beiden Seiten der Ekliptik einnimmt, eine Breite von etwa 60 Millionen Meilen.

Die *aufsteigenden Knoten* der Planetoidenbahnen, d. h. die Punkte, in denen die Asteroiden die Ebene der Erdbahn, die Ekliptik durchsetzen, wenn sie von der südlichen auf die nördliche Halbkugel des Himmels übergehen, vertheilen sich rings um die Ekliptik herum, wenn auch nicht gleichförmig, ohne dass ein bestimmtes Gesetz erkennbar ist.

Die Bahnen der Asteroiden sind gegenseitig stark in einander verschlungen. In seiner Abhandlung «Ueber das System der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter. Leipzig 1851», sprach *d'Arrest* das bestimmte Gesetz aus, dass die Bahn jedes der Asteroiden in andere Bahnen eingreife, oder also die verschiedenen Bahnen förmlich miteinander verkettet seien. Würde man diese Bahnen als körperliches Modell in Form von Drahtreifen darstellen, so würde die ganze Gruppe herausgehoben, wenn man einen dieser Reife herausheben wollte.

Der gewaltige Planet Jupiter, der sowohl dem Volumen als der Masse nach alle andern Planeten des Sonnensystems zusammengenommen überwiegt, übt auf die Bahnen der Planetoiden starke *Störungen* aus. Diese Störungen werden besonders gross für diejenigen Planetoiden, deren Umlaufszeit um die Sonne mit derjenigen Jupiters annähernd in einem einfachen Zahlverhältniss stehen, weil dann je nach einer bestimmten Anzahl von Umläufen, der Planetoid immer wieder in dieselbe Stellung zu Jupiter kommt, so dass die Störung längere Zeit hindurch immer in demselben Sinne erfolgt, worauf sie dann in den entgegengesetzten Sinn übergeht. Die Störungen sind um so stärker, je grösser die Neigung und die Excentricität der Bahn des gestärkten Körpers ist,

der Betrag derselben kann unter Umständen so gross werden, dass sich ein Himmelskörper der Wahrnehmung lange Zeit entziehen kann, weil man ihn an einem Punkt des Himmels vermuthet, der von seiner wirklichen Stellung ziemlich weit entfernt ist.

Ein Beispiel hierfür bietet der am 1. Oktober 1877 von Watson entdeckte Planetoid ⁽¹⁷⁵⁾ *Andromache*. Seine Umlaufszeit steht zu derjenigen Jupiters sehr nahe im Verhältniss 5 zu 9. Infolge der stark excentrischen Bahn muss dieser beträchtliche Störungen vom Jupiter erfahren, die etwa 200 Jahre lang sich immer in derselben Richtung summiren müssen und erst dann wieder in die umgekehrte Richtung übergehen. Die Folge davon war, dass dieser Planetoid verloren ging und erst durch die Photographie wieder aufgefunden wurde. *Berberich* konnte nachweisen, dass inzwischen beträchtliche Veränderungen in seinen Bahnelementen vorgegangen sein müssen.

Die Kleinheit der Planetoiden hat kaum bei einigen derselben direkte, bis auf die neueste Zeit sehr unsichere Messungen gestattet; so fand *Schröter* für den Durchmesser der Pallas 300, dagegen *W. Herschel* kaum 40 geographische Meilen. Von Beobachtungen der physischen Beschaffenheit ihrer Oberfläche ist keine Rede.

Infolge der Unsicherheit der direkten Messung bieten die *photometrischen* oder *Helligkeitsmessungen* die einzigen Anhaltspunkte zur Beurtheilung ihrer wahren Grösse. Die Idee, das Grössenverhältniss der Asteroiden aus ihrem scheinbaren Glanz abzuleiten, ging von *Olbers* aus und wurde von *Simon Stampfer* in seiner Abhandlung «Ueber die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter. Wien. Sitz. 7 v. 1851», weiter ausgeführt und sein Verfahren wird seither allgemein mit dem besten Erfolge angewendet.

Bei dieser Methode wird angenommen, dass alle Planeten annähernd dieselbe mittlere *Reflexionsfähigkeit* für das Sonnenlicht, dieselbe sog. *Albedo* besitzen. Dass diese Methode zu mehr oder wenigen falschen Resultaten führen musste, liegt auf der Hand und man war sich dessen auch bewusst.

Auf diese Weise fand man den Durchmesser von:

① Ceres	382 km.	⑥ Hebe	167 km.
② Pallas	304 »	⑦ Iris	167 »
③ Juno	192 »	⑧ Flora	105 »
④ Vesta	382 »	⑨ Metis	133 »
⑤ Asträa	101 »	⑩ Hygiea	201 » u. s. w.

Die 4 zuerst gefundenen Planetoiden sind weitaus die grössten.

Erst im Jahr 1894 gelang es *Barnard* mit dem Riesenfernrohr der Lick-Sternwarte auf dem Mount Hamilton in Californien, dessen Objektivlinse einen Durchmesser von 92 cm. besitzt, durch direkte mikrometrische Messungen die Durchmesser der drei zuerst entdeckten Planetoiden zu bestimmen. Die definitiven Resultate sind:

Durchmesser der Ceres :	804 km.
» » Pallas :	486 km.
» » Vesta :	385 km.

Vesta ist also, obgleich um eine Grössenklasse heller als die 2 andern und überhaupt der hellste aller Asteroiden, bedeutend kleiner als Ceres und Pallas. Der aus diesen Messungen folgende Durchmesser der Vesta harmonirt vollkommen mit dem durch Helligkeitsmessungen gefundenen, dagegen weichen Pallas und besonders Ceres bedeutend davon ab. Hieraus folgt, dass die Reflexionsfähigkeit für das Licht bei den verschiedenen Planeten nicht nahezu gleich ist, wie man bisher anzunehmen geneigt war, sondern sehr verschieden, so dass der Schluss von ihrer Helligkeit zur Grösse stets als nur eine erste, meist sehr unsichere Näherung betrachtet werden kann.

Nebenbei sei hier bemerkt, dass die grössten Fernrohre, Refraktoren, der Neuzeit sich in Nordamerika befinden. Nebst dem oben erwähnten Refraktor auf der Lick-Sternwarte befindet sich, im Jahre 1895 aufgestellt, noch ein solcher auf dem Jerkes Observatorium in Wisconsin, dessen Objektivlinse 40 Zoll = 102 cm. Durchmesser besitzt, und ein ebenso grosser Refraktor soll auf dem Wilson Peak in Süd-Californien aufgestellt werden. Alle diese Riesenfernrohre verdanken ihr Dasein grossartigen Privatschenkungen. Der grösste Refraktor Europas befindet sich in Nizza mit 76 cm., Pulkowa und Greenwich mit je 75 cm., Wien mit 68 cm. Objektiv-Durchmesser u. s.w.

Eine Reihe von Asteroiden besitzen nach Helligkeitsschätzungen einen Durchmesser von 100 bis 200 km., aber weitaus der grösste Theil hat weniger als 100 km. Durchmesser. Die Oberfläche des Planetoiden *Kalypso*, (53), z. B., dessen Durchmesser etwa 50 km. beträgt, enthält nur 7850 Quadratkilometer, hat also nur etwa $\frac{1}{5}$ des Flächeninhaltes der Schweiz; ein Eisenbahnzug, der in einer Stunde 50 km. zurücklegt, würde dort in 3 Stunden die Reise um die Welt machen. Aus der Erde liessen sich mehr als 16 Millionen Kugeln von der Grösse der Kalypso bilden.

Die kleinsten bekannten Planetoiden von der 13.—15. Grösse besitzen Durchmesser, die wahrscheinlich nicht grösser sind als 10 bis 20 km. Bei weiterem Wachsen der optischen Instrumente müsste man fast auf Körner kosmischen Staubes stossen.

Die *Masse* der Asteroiden ist noch nicht bestimmbar gewesen, aber nach Schätzungen so gering, dass die Gesamtmasse aller überhaupt vorhandenen Planetoiden wahrscheinlich nicht $\frac{1}{3000}$ der Erdmasse ausmacht. Nach *Roszls* Schätzung (1895), der die Albedo der Vesta als mittlere Reflexionsfähigkeit, und die mittlere Dichte des Mars als Einheit annimmt, beträgt die Gesamtmasse der bis jetzt gefundenen Planetoiden $\frac{1}{40}$ der Masse unseres Mondes, die selbst nur $\frac{1}{80}$ der Erdmasse ist.

Wir kommen nun zu der Frage nach dem *Ursprung der Planetoiden*.

Wie schon erwähnt, stellte *Olbers in Bremen* bald nach der Entdeckung der ersten Asteroiden die Hypothese auf, diese kleinen Himmelskörper seien durch eine explosionsartige Zertrümmerung eines grösseren Planeten entstanden, dessen Bruchtheile nun als sehr kleine Planeten gesonderte Bahnen beschreiben.

Schon am 1. Juni 1802 schrieb nämlich *Olbers* an *Bode* (Berl. Jahrbuch 1805), man könne sich fragen, ob *Ceres* und *Pallas* immer so getrennt in friedlicher Nachbarschaft ihre jetzigen Bahnen durchlaufen haben, oder ob beide nur Trümmer eines ehemaligen grösseren Planeten seien, den irgend eine grosse Katastrophe zersprengte. Im September desselben Jahres sprach *J. Sigm. Gottfr. Huth*, Professor in Dorpat, dagegen die Ansicht aus (Berl. Jahrb. 1807), es komme ihm wahrscheinlicher vor, «dass diese Planeten ebenso alt als alle übrigen seien, und dass die Planeten-Materie in der Schicht zwischen Mars und Jupiter, zur Zeit jener allgemeinen Abscheidung aus dem Himmels-Fluido, dort in viele kleinere Kugeln coagulirt sei, ja er würde sich gar nicht verwundern, wenn *Ceres* und *Pallas* mindestens noch 10 Mitplaneten erhielten.¹⁾ Zur Zeit fand die Hypothese von *Olbers*, welche ebenfalls noch weitere Trümmer vermuthen liess, mehr Anhänger, und er selbst, sowie einige Astronomen, liessen sich, wie früher schon erwähnt, bei ihrem weitem Suchen nach Planeten leiten

¹⁾ *Wolf*. Handbuch der Astronomie. 1893.

Als dann bei diesem systematischen Suchen Harding 1804 die *Juno* und Olbers 1807 die *Vesta* auffand, schien die Richtigkeit der Olbers'schen Hypothese erwiesen.

Olbers selbst äussert sich über seine Hypothese in einem an Bode gerichteten Brief vom 3. April 1807 u. a. folgenderweise: «Nach meiner Hypothese über die Asteroiden, deren Wahrheit oder Falschheit ich übrigens dahin gestellt sein lasse, und die ich nur dazu benutze, wozu Hypothesen überhaupt nützlich sein können, nämlich uns bei Beobachtungen zu leiten, habe ich, wie Ihnen bekannt ist, gefolgert, dass alle Asteroiden, deren es noch sehr viele geben mag, den nordwestlichen Theil des Gestirns der Jungfrau und den westlichen des Wallfisches passiren müssen. Regelmässig durchmustere ich also jeden Monat einmal einen mir mit allen seinen Sternen sehr bekannt gewordenen Theil desjenigen dieser beiden Gestirne, der gerade seiner Opposition am nächsten ist.»¹⁾

Noch *Lagrange* sprach sich im Jahre 1812 zu Gunsten der Olbers'schen Hypothese aus; als sich aber von der Mitte des Jahrhunderts an die Zahl der neuentdeckten Planetoiden rasch vermehrten, häuften sich die Gründe, die gegen die Olbers'sche Hypothese sprachen und auch die Rechnungen von Encke, Newcomb u. a. zeigten ihre Unhaltbarkeit; so dass dann allgemein die von *Huth* geäusserte Hypothese der Entstehung der Asteroiden im Sinne *Kants* zur Geltung kam.

Nach der *Kant-Laplace'schen Theorie von der Entstehung unseres Sonnensystems* befand sich im Urzustande an Stelle desselben ein ungeheurer Gasball, der weit über die Bahn des äussersten Planeten Neptun hinausreichte. Diese Gasmassen verdichteten sich im Innern und kamen durch irgend eine Ursache in Rotation; bei zunehmender Verdichtung wurde die Rotation des Kerns immer rascher, so dass infolge der Centrifugalkraft des rotirenden Balles einzelne Nebelringe sich von der Hauptmasse loslösten und nach und nach zu Planeten verdichteten, auf diese Weise entstanden zunächst die äussern, grossen Planeten. Man muss sich nun vorstellen, dass, nachdem der Planet Jupiter sich aus einem Nebelring durch Verdichtung desselben gebildet hatte, sich bei weiterem Zusammenziehen des Centralnebels ein Nebelring von geringer Masse von der Urmasse abtrennte und die Stelle des heutigen Asteroidenringes einnahm. Dieser zerfiel unter der mächtigen Anziehung des Jupiters in viele einzelne Stücke, die sich

¹⁾ M ä d l e r. Der Wunderbau des Weltalls.

in der Folge verdichteten und welche wir jetzt in verdichtetem Zustand als Planetoiden wieder finden.

Diese Erklärung hat nichts den Naturgesetzen Widersprechendes und setzt keine so ungeheure Kraft voraus, wie sie die Zertrümmerung eines fertigen grösseren Planeten erfordern würde. Wir haben es also bei der Bildung der Asteroiden mit keinem Zerspringen, keiner Katastrophe eines fertigen Weltkörpers zu thun, sondern mit einer langsamen, gesetzmässigen Entwicklung aus dem Urnebel, wie bei den übrigen Planeten.

Es möge nun noch die Frage nach der *Bewohnbarkeit* der Asteroiden durch lebende Wesen betrachtet werden.

Die Bedingungen, unter denen ein Planet von lebenden Organismen bewohnt sein kann, ähnlich wie unsere Erde, und von derselben chemischen Zusammensetzung, nämlich vorherrschend aus *Kohlenstoffverbindungen*, sind im Wesentlichen folgende:

- 1) Eine Atmosphäre von hinreichender Dichte, die Sauerstoff oder Kohlensäure enthält.
- 2) An der Oberfläche flüssiges Wasser und Kohlenstoff.
- 3) Eine Temperatur die etwa zwischen 0° und 50° C. liegt.
- 4) Eine Oberflächendichte, welche gleich der 2—3fachen Dichte des Wassers ist.

Nun gehören die Planetoiden einer viel älteren Bildungsperiode an als unsere Erde, ausserdem sind sie viel kleiner als diese, sie haben daher die einzelnen Entwicklungsstufen der Planeten viel schneller durchgemacht als die Erde, mit andern Worten, sie haben viel schneller gelebt als ein grosser Planet. Die Asteroiden werden daher wohl schon längst auf jener Entwicklungsstufe angelangt sein, wo die Atmosphäre und alles Wasser sich ins Innere dieser Körper zurückgezogen und sich dort chemisch mit den Gesteinsmassen verbunden haben, so dass diese für die Oberfläche verloren sind, sie besitzen daher kein Wasser und keine merkliche Atmosphäre, wie dies auch bei unserem Mond der Fall ist. Wegen ihrer Kleinheit und geringen Atmosphäre haben die Planetoiden ferner wohl längst durch Strahlung in den kalten Weltraum ihre Eigenwärme verloren und da sie ausserdem von der Sonne nur eine geringe Wärmemenge erhalten, so sind sie jedenfalls schon längst bis tief unter den Gefrierpunkt erkaltet, so dass aus allen diesen Gründen ein organisches Leben in unserem Sinne auf denselben nicht möglich ist.

Die Asteroiden kreisen als todte, starre Gesteinsmassen, ohne jedes organische Leben an ihrer Oberfläche um die Sonne, ebenso wie unser Erdmond und wie es auch in sehr später Zukunft einst mit unserer Erde der Fall sein wird.

Auf die Frage nach dem Zweck der Entdeckung weiterer neuer Planetoiden lässt sich Folgendes erwidern:

Der Entdeckung der Asteroiden verdankt die Astronomie, besonders die physische, bemerkenswerthe Fortschritte. Infolge der beträchtlichen Störungen durch Jupiter haben einige derselben so eigenthümliche Bahnen erhalten, dass sie vorzüglich geeignet sind, zur genauern Bestimmung der *Jupitermasse*.

Es gilt dies vor allen für den schon früher in diesem Sinne erwähnten Planetoiden $\textcircled{175}$, Andromache, dessen Umlaufszeit zu derjenigen Jupiters nahe im Verhältniss von 5 zu 9 steht. Infolge dieser Einwirkung ist die Umlaufszeit desselben in den letzten 20 Jahren um volle 18 Tage länger geworden und wird noch eine Zeit lang wachsen, um dann wieder abzunehmen. Dieser kleine Planet hat also ein veränderliches Jahr.

Gegenwärtig ist die Jupitermasse etwa auf ihren 10,000. Theil genau bekannt, nämlich gleich $\frac{1}{1047,9}$ Sonnenmassen oder 308 Erdmassen. Sie spielt aber in den Berechnungen, besonders der *periodischen Kometen*, die wegen ihren äusserst geringen Massen besonders starke Störungen erleiden, eine so bedeutende Rolle, dass man jede Gelegenheit ergreifen muss, durch die man sie noch schärfer bestimmen kann.

Die Berechnung der Asteroidenbahnen boten auch der Theorie neue und verschiedenartige Probleme dar und dienten gleichzeitig auch wieder als Prüfstein für die mathematischen Entwicklungen. Auch die praktische Astronomie verdankt ihnen vielfach neue Ideen.

Die Entdeckung weiterer Glieder dieser Gruppe von kleinen Himmelskörpern, welche den Asteroidenring bilden, dient zur genauern Kenntniss unseres Sonnensystems.

Bern, im Januar 1896.
