

Die  
Bestimmung der absoluten Entfernung  
der Himmelskörper.

Von Dr. K. Friesach.

Die Astronomen waren zu allen Zeiten bemüht, etwas über die absoluten Entfernungen der Gestirne in Erfahrung zu bringen; aber aller zu diesem Zwecke verwendete Fleiss und Scharfsinn ist bis in die neuere Zeit gänzlich erfolglos geblieben.

Schon im Alterthume wurden Versuche gemacht, die Bahnen der Planeten zu berechnen, und die Theorie der Bahnbestimmungen erlangte allmählig einen so hohen Grad der Ausbildung, dass sie heutzutage kaum etwas zu wünschen übrig lässt. Diese Theorie gibt jedoch die Planetenbahnen nur der Gestalt, nicht der Grösse nach, und wir gelangen durch dieselbe nur zur Kenntniss des Verhältnisses der Entfernungen, nicht aber ihrer absoluten Werthe. Diese Theorie gestattet uns wohl, dasselbe in einem Modelle, in den richtigen Verhältnissen plastisch darzustellen; auf die Frage aber, in welchem Verhältnisse jenes Modell zu dem Planetensysteme stehe, musste die Astronomie noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die Antwort geradezu schuldig bleiben, und selbst gegenwärtig lautet dieselbe keineswegs völlig befriedigend.

Die Bestimmung unzugänglicher Entfernungen beruht auf der Triangulation, deren Wesen in Folgendem besteht.

Die Endpunkte einer genau gemessenen Standlinie bilden mit dem Punkte, dessen Entfernung zu bestimmen ist, ein Dreieck, in welchem die Winkel an der Standlinie gemessen werden können. Durch die Standlinie und die anliegenden Winkel sind die gesuchten Abstände von den Endpunkten der Basis bestimmt.

Es ist leicht einzusehen, dass die Grösse der gewählten Standlinie auf die Genauigkeit der Distanzbestimmung von wesentlichem Einflusse ist. Sind die Dreiecksseiten an Länge wenig verschieden, so vermögen kleine, bei der Winkelmessung begangene Fehler in dem Ergebnisse keinen grossen Fehler zu erzeugen. Anders verhält es sich aber, wenn die zu ermittelnde Distanz im Vergleiche mit der Standlinie sehr gross ist. In diesem Falle ist der Winkel an dem Gestirne (die Parallaxe) sehr klein und sind die denselben bildenden Seiten nahezu parallel. Es genügt dann eine unbedeutende Aenderung der Winkel an der Basis, um eine ansehnliche Verrückung der Spitze des Dreiecks zu bewirken. Hieraus folgt, dass in einem solchen Falle, wo die von den Endpunkten der Standlinie an das Gestirn gezogenen Graden von der parallelen Lage weniger abweichen, als die Unsicherheit beträgt, der man bei der Winkelmessung ausgesetzt ist, gar kein Schluss auf die Grösse der Entfernung möglich sei.

In Anbetracht der grossen Entfernungen der Gestirne eignen sich zu deren Ermittlung nur sehr grosse Standlinien, deren Bestimmung eine genaue Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde erfordert. Die zu diesem Behufe angestellten geodätischen Operationen haben übereinstimmend dargethan, dass die Erde wenig von einer Kugel abweicht, deren Halbmesser 3,285.000 Pariser Klafter beträgt. Indem man die geographische Meile als  $\frac{1}{3}$  eines Aequatorgrades definirt, ergibt sich für dieselbe eine Länge von 3811 Pariser Klafter. Mit Rücksicht auf dieses Resultat fanden Laplace und Lacaille aus gleichzeitig in Berlin und am Cap der guten Hoffnung angestellten Meridian-Beobachtungen des Mondes, dessen mittlere Entfernung von der Erde gleich 60.28 Erdhalbmesser oder 51805 geogr. Meilen und dessen Horizontal-Parallaxe gleich  $57'$ .

Auf die Sonne angewendet, führte dieses Verfahren zu keinem Ergebnisse, weil die von den beiden, obgleich sehr weit von einander entfernten Beobachtungsarten an die Sonne gezogenen Visirlinien von zwei Parallelen nicht zu unterscheiden waren. Die im achtzehnten Jahrhundert mit grosser Sorgfalt ausgeführten Meridian-Beobachtungen des Mars in seiner Opposition, wo seine geocentrische Entfernung etwa die Hälfte der Entfernung der Sonne beträgt, hatten kaum besseren Erfolg. Allerdings berechnete daraus Cassini die Marsparallaxe mit 20 Secunden, woraus er die Son-

nenparallaxe gleich 10 Secunden erhielt und damit der Wahrheit sehr nahe kam. Dies ist jedoch nur als ein glücklicher Zufall zu betrachten und hat diese Berechnung nur wenig Gewicht, da Cassini, um überhaupt zu einem Ergebnisse zu gelangen, genöthigt war, alle Beobachtungen, welche wesentlich abweichende Werthe lieferten, auszuschneiden, obgleich sonst kein Bedenken gegen deren Genauigkeit vorlag.

Aristarch von Samos hatte schon um das Jahr 240 vor Chr. Geb. eine sehr sinnreiche Methode erfunden, das Verhältniss der Entfernungen des Mondes und der Sonne von der Erde aus der Beobachtung des ersten oder letzten Mondviertels zu bestimmen. Da hier die Geraden, welche der Mond mit der Sonne und Erde verbinden, auf einander senkrecht stehen, ergibt sich die Entfernung der Sonne, wenn jene des Mondes bereits bekannt ist, aus dem Winkel, unter welchem der Abstand der beiden Gestirne einem auf der Erde befindlichen Beobachter erscheint. In der Praxis hat sich jedoch diese Bestimmungsweise nicht bewährt. Der Grund davon liegt in der Schwierigkeit, den Augenblick des Viertels genau anzugeben, sowie in dem Umstande, dass der beobachtete Winkel, welcher stets nahe  $90^\circ$  beträgt, von dem Einflusse der Refraction befreit werden muss, was nicht mit der erforderlichen Genauigkeit möglich ist. Aus allen hier angeführten Versuchen, die Entfernung der Sonne zu bestimmen, folgt mit Sicherheit nur, dass sie jedenfalls sehr gross ist, und dass die der mittleren Entfernung der Sonne entsprechende Horizontal-Parallaxe jedenfalls weniger als 1 Minute beträgt.

Endlich gelang es dem englischen Astronomen Halley, in den Vorübergängen der unteren Planeten, namentlich der Venus, vor der Sonne, ein Mittel zur genaueren Bestimmung der Sonnen-Parallaxe zu entdecken. Er veröffentlichte seine Arbeit über diesen Gegenstand im Jahre 1691.

Wenn die unteren Planeten, zur Zeit ihrer unteren Conjunction, einem ihrer Knoten sehr nahe stehen, kann es geschehen, dass sie uns einen Theil der Sonnenscheibe verdecken, und auf dieser als kleine kreisrunde schwarze Flecke erscheinen, welche nur mit Hilfe eines Fernrohres wahrzunehmen sind. Aus diesem Grunde blieb diese Erscheinung den Alten unbekannt. Das Verdienst, die Planeten-Vorübergänge entdeckt und zuerst solche, den Sonnenfinsternissen verwandte Phänomene vorher verkündet zu

haben, gebührt dem grossen Keppler, welcher bei der Berechnung seiner Planetentafeln darauf aufmerksam wurde. Die Planeten-Durchgänge gehören zu den selteneren Himmelserscheinungen. Im Mittel finden in einem Jahrhunderte 13 Merkur-Durchgänge statt. Weit seltener sind die Vorübergänge der Venus, welche sich nach abwechselnden Perioden von 8 und  $105\frac{1}{2}$  oder  $121\frac{1}{2}$  Jahren wiederholen.

Die Astronomen erkannten bald, dass man sich dieser Erscheinungen mit Vortheil, sowohl zur Verbesserung der Bahnelemente, als zur Parallaxen-Bestimmung, nach der eben angegebenen Weise bedienen könne.

Halley suchte jedoch jede Winkelmessung zu vermeiden, und gründete seine Methode allein auf die grosse Schärfe, womit sich die inneren Ränderberührungen beobachten lassen. Ohne Anwendung mathematischer Formeln lässt sich der der Halley's Method zu Grunde liegende Gedanke in folgender Art aussprechen.

Die Theorie der Bahnbestimmung gestattet uns, die Umstände eines Planeten-Durchganges, wie sich derselbe einem im Erdmittelpunkte gedachten Beobachter darstellen würde, mit grosser Schärfe voraus zu berechnen. Soll aber der Durchgang für einen gegebenen Ort der Erdoberfläche berechnet werden, so genügt es nicht, bloss das Verhältniss der Entfernungen der beiden Gestirne, oder ihrer Horizontal-Parallaxen, zu kennen, sondern man benötigt dazu deren absolute Werthe, die man nicht genau kennt, wesshalb auch der Durchgang nur näherungsweise berechnet werden kann. Die Beobachtung des Durchganges lehrt die Fehler der Berechnung kennen, welche nur in den fehlerhaft angenommenen Parallaxen begründet sind. Um diese Parallaxen genauer zu bestimmen, hat man daher dieselben nur, ehe ihr Verhältniss, das durch die Keppler'schen Gesetze bestimmt ist, zu ändern, derart zu variiren, dass das Resultat der Berechnung mit demjenigen der Beobachtung übereinstimmt. Wie schon Halley bemerkte, gewährt diese Methode um so grössere Genauigkeit, je weniger weit der Planet von der Erde absteht. Aus diesem Grunde ist sie nur in der Anwendung auf die Vorübergänge der Venus von wesentlichem Nutzen.

Die Sonnen-Parallaxe kann sowohl aus einem einzelnen Contactmomente, als aus der zwischen dem inneren Ein- und Austritte verfliessenden Zeit abgeleitet werden. Erstere Berechnungsweise

erfordert eine genaue Kenntniss der geographischen Länge des Beobachtungsortes, weil es sich dabei um eine absolute Zeitbestimmung handelt. Noch zu Halley's Zeiten, waren genaue Längenbestimmungen höchst schwierig und zeitraubend, wesshalb hauptsächlich die Beobachtung der Dauer des Durchganges empfohlen wurde.

Man hoffte auf diesem Wege die Sonnen-Parallaxe bis auf zwei Hunderttheile einer Bogensecunde genau zu erhalten. Die mit grosser Spannung erwarteten Venusdurchgänge der Jahre 1761 und 1769 haben jedoch dieser Erwartung nicht entsprochen. Ersterer ergab, mit Ausscheidung der minder verlässlichen Beobachtungen, Parallaxenwerthe zwischen  $8''.5$  und  $10''$ , wobei die Entfernung der Sonne bis auf 3 Millionen Meilen unsicher blieb. Bei dem zweiten Durchgange lagen die Ergebnisse allerdings zwischen den viel engeren Grenzen  $8''.4$  und  $9''$ ; die gehoffte Genauigkeit war aber damit lange nicht erreicht. Diesem Mangel an Uebereinstimmung liegt wahrscheinlich ein Irradiations-Phänomen zu Grunde, welches, nach seinem Entdecker, unter der Benennung „Baily beads“ bekannt ist. Bei Sonnenfinsternissen, und auch bei einigen der letzten Merkurdurchgänge, nahmen einige Beobachter, in der Nähe der Ränderberührung, die Bildung eines schwarzen Fleckes, einem Tintentropfen ähnlich, wahr, welcher die Berührungstelle verdeckte, und die Beobachtung des Berührungsmomentes bis auf einige Secunden unsicher machte.

Encke fand, aus einer mühsamen Bearbeitung des gesammten Beobachtungs-Materials,  $8''.58$  als wahrscheinlichsten Werth der Sonnen-Parallaxe, was einer mittleren Entfernung von 20 Millionen 680,000 geographischen Meilen entspricht.

In jüngster Zeit wurden gegen dieses Resultat gegründete Bedenken erhoben, indem verschiedene Thatsachen auf eine etwas kleinere Entfernung der Sonne hindeuten.

Die Zeit, in welcher das Licht von der Sonne zur Erde gelangt, ist uns aus der Beschleunigung oder Verzögerung, welche die Jupitertrabanten-Verfinsterungen erleiden, je nachdem die Erde in ihrer Bahn sich dem Jupiter nähert oder davon entfernt, ziemlich genau bekannt. Aus dieser Zeit und der nach Encke bestimmten Entfernung der Sonne, findet man, dass das Licht in einer Secunde 41,900 geographische Meilen zurücklegt. In neuerer Zeit ist es den französischen Physikern Fizeau und Foucault

gelingen, die Lichtgeschwindigkeit auf anderem Wege zu bestimmen. Aus ihren sorgfältig angestellten Versuchen ergab sich für diese Geschwindigkeit ein etwas kleinerer Werth, was auf eine geringere Entfernung der Sonne schliessen lässt. Zu einem ähnlichen Resultate gelangte Laplace, indem er die Sonnen-Parallaxe aus den Mondgleichungen abzuleiten versuchte. Auch die in jüngster Zeit von Airy angestellten Untersuchungen über die zwischen Erde und Venus bestehende Anziehung zeigen, dass die Erdmasse grösser sei, als sie bisher angenommen wurde, was mit einem geringeren Abstände derselben von der Sonne gleichbedeutend ist. Um dies einzusehen, bedenke man, dass der Theorie der Bahnbestimmung zufolge, die Erdmasse von ihrer Entfernung von der Sonne abhängig ist. Endlich hat man die sehr günstige Opposition des Mars im Jahre 1862 zur Wiederholung der oben besprochenen correspondirenden Meridian-Beobachtungen benützt und daraus mit grosser Wahrscheinlichkeit die Sonnen-Parallaxe nahe gleich  $9''$  abgeleitet.

Ogleich keiner der hier angeführten Berechnungsweisen das Gewicht eines Venusdurchganges zukömmt, machen es doch ihre übereinstimmenden Resultate in hohem Grade wahrscheinlich, dass der bisher angenommene Werth der Sonnen-Parallaxe etwas zu klein ist. Hoffentlich werden die in den Jahren 1874 und 1882 zu erwartenden Venusdurchgänge hierüber genaueren Aufschluss geben.

In der Absicht, diese Durchgänge möglichst auszunutzen, sind die Astronomen übereingekommen, sich künftig nicht allein auf die Beobachtung der Contactmomente zu beschränken, sondern auch, wie Hansen und Oppolzer vorgeschlagen haben, in allen Phasen des Durchganges, den Abstand der Venus von den Sonnenrändern, wie auch deren Positionswinkel, genau zu messen, indem sich auch diese Grössen zur Bestimmung der Parallaxe eignen. Allerdings wird hier die Genauigkeit des Resultats dadurch beeinträchtigt, dass die Refraction sowohl Distanz als Positionswinkel, namentlich letzteren, wesentlich modificirt. Diesem Uebelstande steht jedoch der grosse Vortheil gegenüber, dass man, durch Einführung dieser Beobachtungen, sowohl hinsichtlich der Beobachtungszeit, als in der Wahl günstiger Beobachtungsorte, einen grossen Spielraum gewinnt, und weit weniger Gefahr läuft, in Folge einer vorüberziehenden Wolke, alle Mühe vereitelt zu

sehen. Will man die Messung der Distanzen und Positionswinkel während des Durchganges vornehmen, so bedient man sich hiezu micrometrischer Vorrichtungen, welche am Oculare des Fernrohres angebracht werden. Man kann aber auch photographische Bilder des Durchganges anfertigen, und dann die Messung, mittelst Zirkel und Massstab, auf dem Papiere ausführen. Solche Abbildungen gewähren den Vortheil, dass man die Messung jederzeit wiederholen kann.

Zu den wichtigsten Vorbereitungen zur Beobachtung eines Venusdurchganges gehört die Ermittlung der für Bestimmung der Parallaxe am günstigsten gelegenen Beobachtungsorte. Da die Parallaxe aus den Verschiedenheiten abgeleitet wird, welche sich in dem Durchgange kundgeben, je nachdem der Beobachter sich im Erdmittelpunkte oder an einem gegebenen Orte der Oberfläche befindet, ist es klar, dass die Umstände um so günstiger sein werden, je grösser diese parallactischen Wirkungen sind.

Soll die Parallaxe aus einem Contactmomente abgeleitet werden, wird man daher am besten an einem Orte beobachten, wo die Berührung beträchtlich früher oder später, als für den Erdmittelpunkt erfolgt. Ebenso wird die Dauer des Durchganges am günstigsten dort zu beobachten sein, wo sie von der geocentrischen Dauer am meisten abweicht u. s. f. Näheres hierüber enthält die folgende Abhandlung „Berechnung des Venusdurchganges vom Jahre 1874“ und die beigefügten Planigloben.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Friesach Carl

Artikel/Article: [Die Bestimmung der absoluten Entfernung der Himmelskörper. 45-51](#)