

Die **Astrometrie** ist der älteste Zweig der Astronomie. Sie untersucht die geometrischen Beziehungen und wahren Bewegungen der Himmelsobjekte und ihre scheinbaren und wahren Um die Entfernung eines Sterns herauszufinden, bestimmt man seine sogenannte **Parallaxe**. Wenn man nämlich von der Erde aus die Position eines Sterns in Bezug auf weitere entfernte Hintergrundsterne bestimmt und diese Messung 6 Monate später, wenn die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne die gegenüberliegende Seite erreicht hat, wiederholt, dann wird man feststellen, dass sich die Position des Sterns in Bezug auf seine Hintergrundsterne verschoben hat. Dieser scheinbare Sprung im Beobachtungswinkel eines Sterns wird als **Sternparallaxe** bezeichnet. Durch Messung der Parallaxe können wir mit Hilfe einfacher geometrischer Gesetze die **Entfernung** eines Sterns bestimmen. Da jedoch außer für die nächsten wenigen hundert Sterne die Parallaxe extrem klein ist, ist die Bestimmung der Sternparallaxe ein schwieriges Unterfangen.

Eine weitere Aufgabe der Astrometrie besteht in der Bestimmung der Bewegungen der Himmelsobjekte. Hierzu müssen wir zwei Bewegungsanteile bestimmen: erstens die **Radialgeschwindigkeit** - das ist die Bewegung des Sterns auf uns zu oder von uns weg - und zweitens die **Eigenbewegung** - das ist die Bewegung des Sterns auf der Himmelskugel.

Die Radialgeschwindigkeit lässt sich leicht aus dem Lichtspektrum eines Sterns ableiten, jedoch die Bestimmung der Eigenbewegung ist schwieriger und erfordert jahrelange sorgfältige Beobachtungen der relativen Sternbewegungen.

Die Messung der Entfernung und Bewegung von Sternen bildet eine wichtige Grundlage für das Verständnis unseres Universums. Kennt man die Entfernung eines Sterns, so kann man seine wahre Leuchtkraft und Größe ableiten und gewinnt damit auch wesentliche Informationen über seine Natur und sein Alter. Andererseits kann man bei Kenntnis der Sternbewegungen ableiten, wo sich die Sterne vor Jahrtausenden befunden haben und wohin ihre Reise in Zukunft gehen wird.

Frühe Zivilisationen haben schon festgestellt, dass die Himmelsobjekte regelmäßige Bahnen ziehen, die man zur Bestimmung von Himmelsrichtungen und Zeit verwenden kann. Aus der Notwendigkeit, das Überleben früherer Gesellschaften zum Beispiel durch die Bestimmung des optimalen Zeitpunkts für Aussaat und Ernte zu sichern, sind die Anfänge der Präzisionsastrometrie entstanden.

Die Durchführung genauer Winkelmessungen und die Katalogisierung von Sternpositionen am Himmel war die Hauptaufgabe der Astronomie bis ins 19. Jahrhundert und stellt immer noch ein grundlegendes Element der astronomischen Forschung dar. Die Messwinkel, um die es hierbei geht, sind extrem klein und eine Verbesserung der Messgenauigkeit war eine ständige Herausforderung für die Astronomen.

Nach Hipparch machte die Genauigkeit von Winkelmessungen bis ins 16. Jahrhundert nur geringe Fortschritte. Ein deutscher Astronom **Tycho Brahe** (1546-1601), der Sternpositionen auf eine Bogenminute genau (1/60 Grad) bestimmte. Er entwarf, baute und leiste eine Vielzahl von Beobachtungsinstumenten, wie zum Beispiel den Sextanten und den Mauerquadranten, und erneuerte Beobachtungsmethoden grundlegend.

Im Jahr 129 v. Chr. hat der griechische Astronom **Hipparch** nur mit Hilfe von Beobachtungen mit dem bloßen Auge einen Himmelskatalog vollendet, der die Helligkeiten und Positionen von ungefähr tausend Sternen enthält. Die Positionsgenauigkeit beträgt ungefähr ein Grad, was einem Winkel entspricht, den eine erwachsene Person in etwa 100 Metern Entfernung einnimmt. Dieser Katalog markiert den Beginn der wissenschaftlichen Astrometrie.

Eine Steigerung der Messgenauigkeit wurde durch die ständige Entwicklung von genaueren Beobachtungsinstrumenten möglich und hat zu einer Reihe von grundlegenden Veränderungen in den Vorstellungen der Wissenschaftler geführt.

Die Erfindung des **Teleskops** im Jahr 1609 eröffnete dem menschlichen Forschungsdrang neue Weiten. Aber das Teleskop allein war noch nicht sehr hilfreich bei der Messung von Winkeln. Es vergingen noch etliche Jahre, bis ein Instrument entwickelt wurde, das nicht nur Nützen aus der besseren Sehkraft des Teleskops ziehen konnte, sondern das auch eine hohe Winkelmessgenauigkeit besaß.

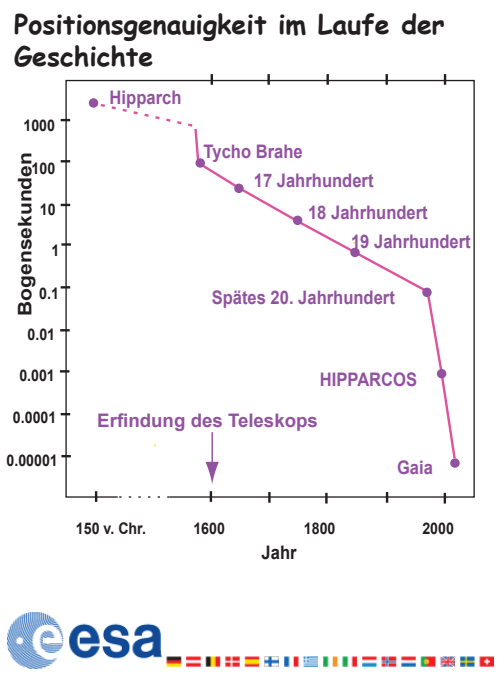
So wurde im 17. Jahrhundert das **Fadenmikrometer** erfunden, in dem zwei parallele Drähte mit Hilfe von Mikrometerschrauben hin und her geschoben werden konnten. Die Zahl der Schraubenumdrehungen ist ein Maß für den Winkel, den das Objekt am Himmel einnimmt. Diese Technik durchbrach die Genauigkeitsgrenze, die bisher durch die auf 1 Bogenminute beschränkte Auflösung des menschlichen Auges vorgegeben war.

Im 18. Jahrhundert machten Materialkunde und Bearbeitungstechniken bedeutsame Fortschritte. Die Instrumentenbauer waren nun in der Lage, hochpräzise **Skalen zu ritzen**, wie zum Beispiel die Teilkreise an den astronomischen Teleskopen. Die Genauigkeit drang in den Bogensekunden-Bereich vor, was im Jahr 1725 zum Nachweis der sogenannten Aberration des Sternlichts führte. Damit wurde erstmals experimentell bewiesen, dass sich die Erde durch den Weltraum bewegt. Dies bestätigte letztlich auch die damals heftig umstrittene Theorie des Kopernikus, die besagt, dass sich die Sonne bewegt und nicht die Sterne um die Erde. Eine andere wichtige Entdeckung jener Zeit war der Nachweis von Edmund Halley, dass sich die Sterne durchs Weltall bewegen.

Die kleinen Gaia-Bücher

DIE GESCHICHTE DER ASTROMETRIE

von Hipparch bis Gaia



Die Hipparcos-Messdaten werden derzeit von Wissenschaftlern aus aller Welt ausgewertet und haben bereits zu wichtigen neuen Erkenntnissen über unsere Galaxis geführt.

Ermutigt durch den Erfolg von Hipparcos plant die ESA den noch weitaus leistungsfähigeren Satelliten **Gaia**. Gaia wird modernste Spitzentechnologie nutzen, um mit Hilfe von Positionen, Entfernungen und Geschwindigkeiten von mehr als 1000 Millionen Sternen eine extrem genaue **dreidimensionale dynamische Darstellung unserer Milchstraße** zu erzeugen. Die Genauigkeit wird bei etwa 20 Mikrobogensekunden (entspricht der Dicke eines Haars in einer Entfernung von 1000 km!) für schwache Sterne liegen und wird für hellere Sterne noch etwas besser sein.

Die wissenschaftliche Zielsetzung für Gaia ist weit gestreut und sehr ehrgeizig und zielt letztendlich auf die Lösung einer der fundamentalsten Fragen der modernen Wissenschaft, nämlich dem **Verständnis von Ursprung und Entwicklung unserer eigenen Galaxie, der Milchstraße**. Darüberhinaus wird Gaia tausende von extrasolaren Planeten in unserer Sonnenumgebung nachweisen können.

Gaia wird Fragen beantworten können, an denen Generationen von Astronomen seit Jahrhunderten gearbeitet haben. Gaia verkörpert eine Synthese zwischen weitgefächerter wissenschaftlicher Neugier über die Natur des Universums und den ausgefeiltesten technischen Lösungen durch ideenreiche Ingenieure.

Im 19. Jahrhundert machten die **Ritztechniken weitere Fortschritte**, so daß Messungen mit einer Genauigkeit von Bruchteilen einer Bogensekunde möglich wurden. Diese Präzisionssteigerung war das Fundament für die ersten Messungen von Sternparallaxen in den 1830er Jahren. Diese Bestätigung, dass sich die Sterne in sehr großen, aber dennoch endlichen Entfernungen befinden, war ein Meilenstein im Verständnis der Sterne und unseres Standorts im Universum.

Im 20. Jahrhundert konzentrierten sich die Forschungsanstrengungen der Astronomie immer mehr auf die Natur der Himmelskörper und weniger auf die bloße Bestimmung ihrer Himmelspositionen. Diese Wende wurde ermöglicht durch neu entwickelte Techniken der **Spektroskopie** und **Himmelsfotografie**, mit deren Hilfe das Licht der Objekte zur Bestimmung ihrer chemischen Zusammensetzung, Temperatur und Klassifikation herangezogen werden konnte. Gleichzeitig waren Fortschritte in der Astrometrie kaum mehr möglich, weil sie inzwischen die maximal von der Erde aus erreichbare und durch atmosphärische Effekte begrenzte Genauigkeit von ungefähr 0.1 Bogensekunden erreicht hatte.

Einen entscheidenden Sprung nach vorne erlebte die Astrometrie im Jahr 1989, als die **europäische Raumfahrt-Agentur** ESA den ersten Astrometrie-Satelliten mit dem Namen Hipparcos startete, der unsere Kenntnisse von den Sternpositionen revolutioniert hat. Auf seiner Umlaufbahn beobachtete **Hipparcos** den gesamten Himmel, wobei er in der Messgenauigkeit gegenüber den Beobachtungen von der Erde eine Steigerung um einen Faktor 100 erreichte. Als Resultat entstand ein Katalog, der die Positionen, Entfernungen und Eigenbewegungen von 118218 Sternen mit einer Genauigkeit von einer Millibogensekunde enthält.

Ausführlichere Informationen über Gaia gibt es im Internet unter: <http://sci.esa.int/Gaia>