

Sternbedeckungen durch Kleinplaneten im Zeitalter von Hipparcos

Bedeckungen und Verfinsterungen aller Art bieten dem Amateurastronomen ein reiches Betätigungsfeld - wenn man einmal von der Bedeckung des Firmaments durch Wolken absieht. Das Angebot umfaßt so unterschiedliche Ereignisse wie die Bedeckung der Sonne durch den Mond, besser bekannt als Sonnenfinsternis, die gegenseitige Bedeckung oder Verfinsterung zweier Jupitermonde, Sternbedeckungen durch den Mond oder durch Planeten und Kleinplaneten. Am häufigsten und einfachsten sind dabei die Sternbedeckungen durch den Mond zu beobachten: Jedes Jahr ereignen sich für einen bestimmten Beobachtungsort einige hundert gute Bedeckungen. Sonnenfinsternisse oder aussichtsreiche Sternbedeckungen durch einen großen Planeten sind dagegen von einem festen Ort aus nur recht selten zu sehen. Die Chance, eine Sternbedeckung durch einen Kleinplaneten zu erleben, hat ein ortsfester Beobachter etwa ein halbes Dutzend mal im Jahr - allerdings nicht unbedingt mit Erfolgsgarantie.

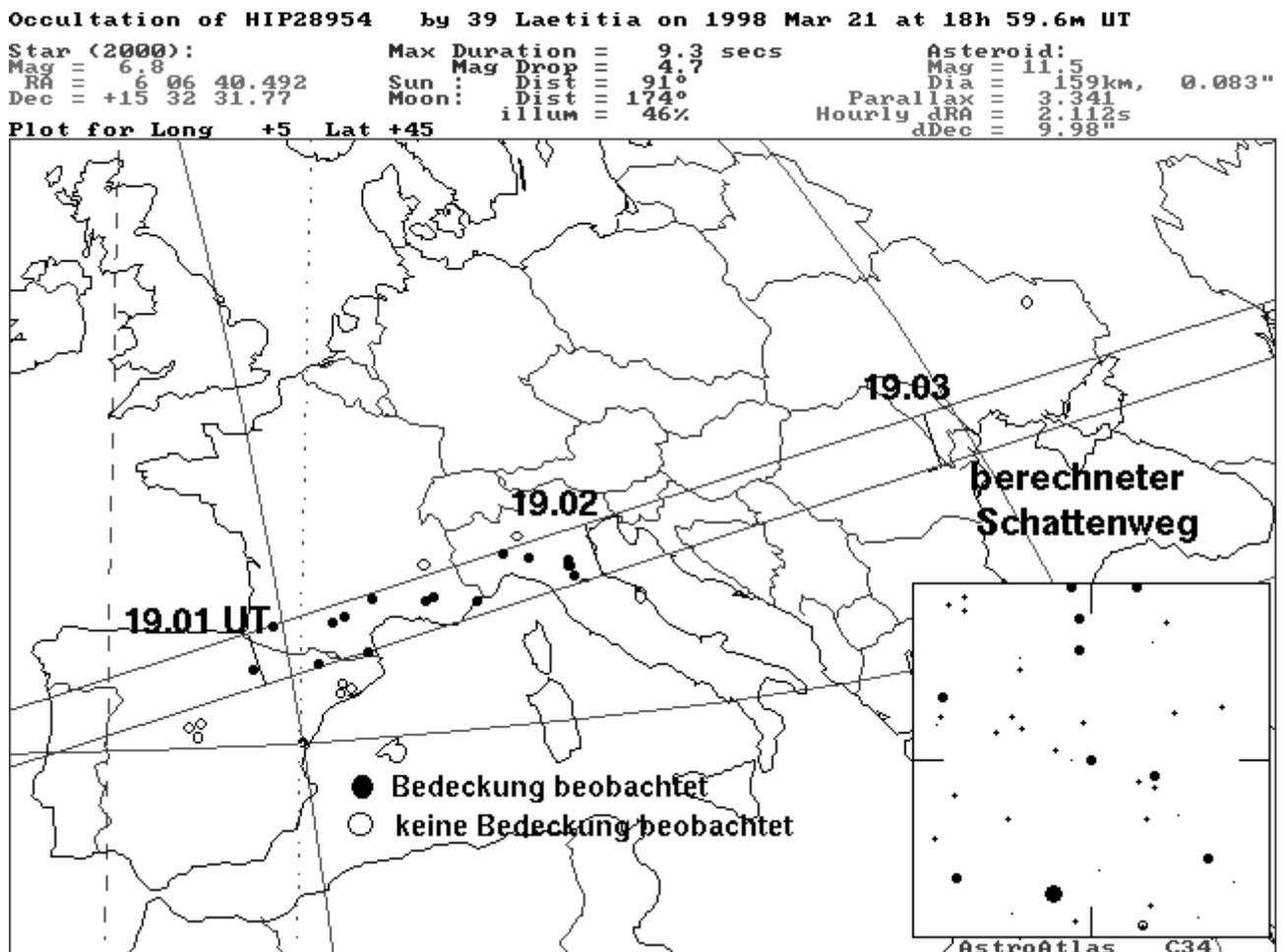


Abb. 1. Sternfinsternis entlang eines schmalen Streifens auf der Erde: Am 21. März 1998 bedeckte der Kleinplanet (39) Laetitia den 6.9 mag hellen Stern PPM 121913 (=HIP 28954). Von wo aus sind solche Sternbedeckungen durch Kleinplaneten jeweils beobachtbar? Während der Weg des Mondschattens bei einer Sonnenfinsternis mit sehr großer Genauigkeit

im voraus berechnet werden kann, sind wirklich gute Prognosen für Sternbedeckungen durch Asteroiden erst in jüngster Zeit möglich, nachdem die Ergebnisse des Astrometriesatelliten *Hipparcos* vorliegen. Die *Sternfreunde Breisgau* mischen in diesem Geschäft ein wenig mit: Wenn die vorhergesagte Linie in der Nähe von Freiburg vorbeigeht, wird nach Möglichkeit beobachtet, ansonsten rechnet unser Mitglied Martin Federspiel sehr präzise sogenannte last-minute predictions, die über das Internet verbreitet werden, für Beobachter in aller Welt. So konnte z.B. die Laetitia-Bedeckung in Spanien, Südfrankreich und Italien erfolgreich beobachtet werden. Die mit dem PC-Programm OCCULT4.06 erstellte Graphik zeigt den berechneten Weg des Laetitia-Schattens zwischen 19.01 Uhr und 19.03 Uhr UT über die Erde. Das Ereignis ist fast genau so gesehen worden: Einige Beobachter (schwarzer Kreis) haben eine Bedeckung gesehen, für andere (offener Kreis) verschwand der Stern nicht. Näheres im Text.

Die Sternfreunde Breisgau beobachten schon seit einigen Jahren Sternbedeckungen und arbeiten dabei national und international mit anderen Amateuren zusammen. Die systematische Beobachtung von Sternbedeckungen ist ein Projekt mit wissenschaftlichem Wert. Es kommt uns dabei darauf an, die Zeiten, zu denen der Stern verschwindet bzw. schließlich wieder auftaucht, möglichst genau zu messen (auf 0.1 s oder besser). Aus den Zeiten kann man einiges über die Positionen, die Bahnen und wichtiger noch über die Formen und Umrisse der beteiligten Körper ableiten. Wenn man besonders viel Glück hat, kann man über Bedeckungsbeobachtungen sogar Monde von Kleinplaneten entdecken oder den bedeckten Stern als Doppelstern entlarven. Die [International Occultation Timing Association \(IOTA\)](#) und ihr europäischer Ableger IOTA/ES, der auch einige unserer Mitglieder angehören, haben es sich zur Aufgabe gemacht, diese Arbeit zu koordinieren. IOTA versorgt die Beobachter mit Informationen zu bevorstehenden Ereignissen, sammelt und wertet Beobachtungen aus.

Sternbedeckungen durch den Mond können mit einer Genauigkeit von einer Zeitsekunde und die Bedeckungszone auf der Erde auf wenige hundert Meter genau vorhergesagt werden, weil der Mond der Erde so nahe und seine Bahn sehr genau bekannt ist. Ganz anders bei Sternbedeckungen durch Kleinplaneten: Diese höchstens einige 100 km großen Gesteinsbrocken sind durchschnittlich 300 Mio km entfernt, weswegen ihre scheinbaren Durchmesser am Himmel typischerweise in der Größenordnung von 0.1" bis einige 0.01" liegen (1"=1 Bogensekunde; der Mond hat einen scheinbaren Durchmesser von ca. 1800"). Ihre Bahnen haben oft eine Unsicherheit von 1" oder mehr am Himmel, in seltenen Fällen sind es nur 0.1". Die Positionen der Sterne, die bedeckt werden könnten, waren bis vor kurzem meist nicht genauer als bis auf 0.3" bekannt. Auf dieser Basis waren kaum zuverlässige Vorhersagen für Sternbedeckungen durch Kleinplaneten möglich, die typische Unsicherheit im Verlauf der ca. 100 km breiten Bedeckungslinie auf der Erde betrug viele hundert oder gar tausend km.

Abhilfe in dieser unbefriedigenden Situation konnten nur neue und sehr genaue Beobachtungen schaffen. Mit dem europäischen Satelliten *Hipparcos* gelang ein Quantensprung in der Astrometrie: Die Örter, Parallaxen und Eigenbewegungen von ca. 120000 Sternen wurden mit einer zuvor unerreichten Präzision von besser als 0.001" bzw. 0.001"/Jahr gemessen (Hipparcos-Katalog). Darüberhinaus hat ein zweites Instrument an Bord von Hipparcos mehr als 1 Million Sterne mit immer noch sehr beachtlicher Genauigkeit vermessen (Tycho-Katalog). Diese beiden Kataloge sind die beste Realisation des neuen Referenzkoordinatensystems am Himmel (ICRF) und erlauben es auch Amateuren mit

Fernrohren der 20 cm-Klasse und einer CCD-Kamera, hochgenaue astrometrische Messungen zu machen.

Die neue Ära der Astrometrie mit Hipparcos-Daten wirkt sich revolutionierend auf die Genauigkeit der Vorhersagen von Sternbedeckungen durch Kleinplaneten aus. Die meisten Sterne, die hell genug sind, damit sich die Beobachtung einer Bedeckung durch einen Kleinplaneten lohnt, sind im Tycho-Katalog enthalten (und damit auch im ACT-Katalog, der die Tycho-Positionen mit zuverlässigeren Eigenbewegungen kombiniert). Sollte ein Stern im ACT-Katalog fehlen, so kann seine Position relativ einfach mit hoher Genauigkeit (wenige 0.01" gemessen werden, weil fast immer genügend ACT-Sterne in der Umgebung stehen. Damit ist das Problem der Unsicherheit der Sternposition wesentlich entschärft.

Der Hipparcos-Satellit hat während seiner dreijährigen Lebensdauer auch immer wieder wichtige Kleinplaneten beobachtet. Außerdem gibt es für diese besonders großen oder aus anderen Gründen interessanten Asteroiden eine 1984 beginnende Reihe von Beobachtungen, die mit Meridiankreisinstrumenten auf der Kanareninsel La Palma (CAMC-Daten) und auf der Sternwarte von Bordeaux im ICRF gemessen wird. Eine Meridiankreis-Einzelmessung hat dabei eine Genauigkeit von etwa 0.2". In Kombination mit den Hipparcos-Daten lassen sich daraus außerordentlich genaue Bahnparameter berechnen. Ich habe mir dazu ein Computerprogramm geschrieben, das das klassische Problem der Bahnbestimmung/-verbesserung nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft löst. Dabei muß z.B. berücksichtigt werden, daß sich die Bahnen unter dem störenden Einfluß der großen Planeten ständig ändern.

Ein Beispiel für eine besonders geglückte Aktion ist die Bedeckung von PPM 121913 durch (39) Laetitia am 21. März 1998 (siehe Abb. 1). Laetitia gehört zu den sehr gut beobachteten Kleinplaneten mit CAMC- und Hipparcos-Positionen. Der bedeckte Stern ist relativ hell und sogar im Hipparcos-Katalog enthalten. Als 1997 das Ereignis erstmals berechnet wurde, war der Hipparcos-Katalog aber noch gar nicht veröffentlicht -- eine Neuberechnung war in jedem Falle erforderlich. In der Woche vor dem Ereignis trafen hochgenaue Laetitia-Beobachtungen vom USNO und Table Mountain Observatory sowie vom australischen Amateur Gordon Garradd ein. Hektische Rechenaktivität bei mir und anderen IOTA-Rechnern. Schließlich war man sich über die voraussichtliche Zentrallinie einig und die entsprechenden Beobachter wurden informiert. Der Aufwand hat sich gelohnt: Meine Neuberechnung stellte sich als außerordentlich genau heraus: Der Fehler in der Zentrallinie lag bei etwa 0.04" entsprechend 75 km auf der Erdoberfläche und wenigen Zeitsekunden. An insgesamt 15 Orten in Spanien, Südfrankreich und Italien wurde eine Bedeckung beobachtet, die längste dauerte 12.2 Sekunden. Das entspricht einem Durchmesser von 212 km - vor der Bedeckung hatte man für Laetitia nur einen Durchmesser von knapp 160 km geschätzt. Die genaue Auswertung, z.B. zur Form von Laetitia, ist noch nicht abgeschlossen.

Inzwischen sind noch weitere Kleinplanetensternbedeckungen nach entsprechender Vorhersage erfolgreich beobachtet worden, z.B. (25) Phocaea/SAO 139602 am 13. Mai 1998 in Arizona. Es besteht die begründete Hoffnung, daß nun viele dieser Ereignisse sehr genau prognostiziert und gezielt beobachtet werden können - vielleicht ist auch nach Brixia 1989 wieder mal eines für Freiburg dabei.

Martin Federspiel martin@sirius.astro.unibas.ch