

Astrometrie von Asteroiden

von Rolf Apitzsch

Automatische Teleskope der Asteroiden-Suchprogramme wie z.B. LONEOS oder LINEAR spucken jede Nacht Positionen von sich offensichtlich bewegenden Objekten aus, die in keinem Asteroidenkatalog enthalten sind. Jetzt gilt es nach den ersten einfachen Projektionen Daten zu sammeln, die es erlauben einen gültigen Orbit zu errechnen und die Objekte dauerhaft „dingfest“ zu machen. Jeder Amateur rund um den Globus ist eingeladen, sich an dieser weltumspannenden Jagd aktiv zu beteiligen. Als Lohn winkt die Befriedigung durch eigene Aktivitäten in einer kleinen, vielleicht exotischen Gruppe, einen wichtigen Beitrag leisten zu können.

Vielen in unserer Kleinplaneten-Gruppe ist es gelungen eigene Asteroiden dingfest zu machen und später mit einem Namen versehen zu dürfen. Beobachtungsstationen wie Bergisch-Gladbach, Gnosca (Schweiz), Drehbach oder Heppenheim sind hier unter den Spitzenreitern. Seit etwas mehr als zwei Jahren beteiligt sich auch das Observatorium Wildberg (IAU 198) (<http://www.astro-wildberg.com>) an der Vermessung von Asteroiden-Orbits. Ein aufregendes Erlebnis, sich in einem weltumspannenden Team aktiv an der Entdeckung von täglich mehreren Asteroiden zu beteiligen.

Aber, nicht nur allein das Aufspüren und die Weiterverfolgen neuer Objekte ist wichtig sondern auch mit welcher Qualität Positionen bestimmt werden. Verfrühte Alarmmitteilungen von „Nahen Begegnungen“ der Erde mit Asteroiden und deren späterer Widerruf zeigen, daß Raum für Verbesserung besteht. Gerade die Messungen unmittelbar nach der Entdeckung, wenn also keinerlei Referenz zu einem bestehenden Orbit verfügbar ist, erfordern ein Höchstmaß an Genauigkeit. Ziel einer Beteiligung an dieser Jagd auf Asteroiden sollte es sein, Positionsbestimmungen zu erreichen, die genauer als 1" sind und in Richtung 0.1" tendieren. Unmöglich? Nein!

Dem Amateur stehen hierzu heute ganz hervorragende Werkzeuge zur Verfügung. Schon mit relativ geringer instrumentaler Ausrüstungen lassen sich Objekte sehr genau vermessen. Voraussetzung hierfür sind:

- o Eine abgestimmte Teleskop und CCD-Konfiguration, die Auflösungen von 1 - 1,5" pro Pixel bei einem möglichst großem Gesichtsfeld verzerrungsfrei zuläßt.
- o Permanenter Zugriff auf einen aktuellen Sternenkatalog wie UCAC-2 oder USNO-B1.0 des USNO-Flagstaff Observatoriums.
- o Ein Astrometrie Programm wie z.B. „Astrometrica“ von Herbert Raab.
- o Eine genaue Bestimmung des Meßzeitpunktes unter laufender Kontrolle der PC-Uhr.
- o Eine geeignete Vorgehensweise Fehlmessungen selbst zu erkennen und zu eliminieren.

Der letzte Punkt ist bei einigen Beobachtungsstationen, ebenso wie bei uns, verbesserungswürdig. Aber wie kann eine kleinere Schwankungsbreite der Ergebnisse erreicht werden? Eine einfache aber wirkungsvolle Vorgehensweise möchte ich am Beispiel einer Meßserie an „69230 Hermes“ in der 2. Nacht seiner Wiederentdeckung zeigen. Zur Sicherung der Qualität unserer „Wildberger“ Messungen führen wir diese Schritte bei jeder Messung aus:

- o Aufnahmen nur in Serien von mindestens 15 Aufnahmen
- o Mittelwertbildung der gemessenen Positionen über mehrere Aufnahmen
- o Eliminieren von „Ausreißern“ der Meßserie
- o Erneute Mittelwertbildung der verbleibenden Positionsbestimmungen.

Allgemein erhöht das „stacken“ von Aufnahmen (die Aufsummierung einer Zeitreihe auf dem sich bewegenden Objekt) die Genauigkeit sicherlich allein wegen des

erzielten besseren S/N Verhältnisses. Allerdings werden nicht alle Bildfehler durch diese Mittelwertbildung eliminiert, sondern in Einzelfällen eher noch hervorgehoben wie: Einfluß von Nachbarsternen in dichten Sternfeldern, von Hot- oder Dark-Pixel oder die unvermeidliche Elongation in östlicher/westlicher Horizontnähe durch Farbdispersion und Turbulenzen. Es bietet sich daher an, offensichtlich grobe Fehlmessungen zu eliminieren, bevor eine Meßreihe an das MPC und damit zur Berechnung zukünftiger Ephemeriden herangezogen wird.

Werden die Rohmessungen der einzelnen Aufnahmen mit einem Tabellenprogramm wie z.B. EXCEL eingelesen und die Messungen mit einem linearen Trend verbunden, zeigt sich sofort, daß offensichtlich nicht alle Messungen auf einer gemeinsamen Geraden liegen. Über eine Zeit von wenigen Minuten darf sicherlich vereinfachend von einer linearen Bewegung des Objektes ausgegangen werden.

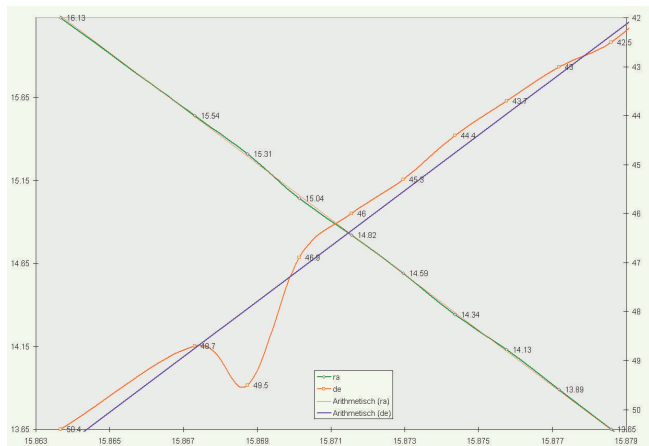


Bild 1 (vor der Auswahl)

Ohne eine solche graphische Darstellung oder vergleichbare Hilfsmittel wäre eine Aussage, welche Messungen in dieser Gruppe in sich konsistent sind, kaum möglich.

In mehreren Schritten werden nun die Messungen mit den größten Abweichungen beider Achsen eliminiert. Die dabei vom Tabellenprogramm dynamisch korrigierten Trendlinien zeigen unmittelbar, daß die verbleibenden Messungen eine in sich konsistente Meßreihe ergeben.

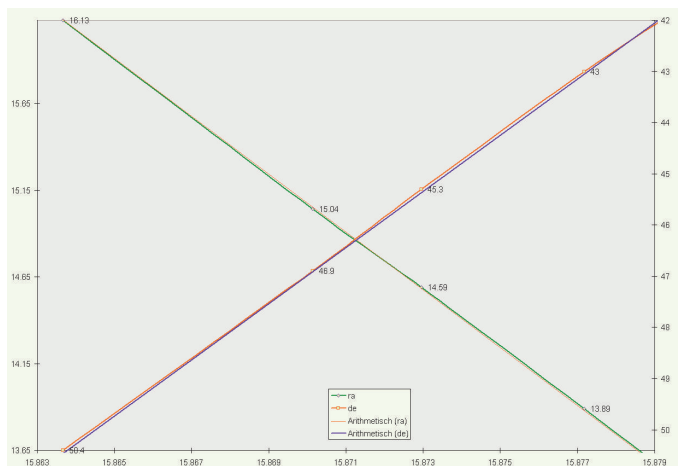


Bild 2 (nach der Auswahl)

Die mit dieser Methode erreichten Positionsbestimmungen unserer Beobachtungsstation, gemessen über 559 Beobachtungen von Januar - August 2004, sind zu 94% besser als 1" und zu 24% besser als 0,2". Der Online Service der Universität

Ljubljana in Slovenien bietet auch dem Amateur eine solche Bestimmung der eigenen Qualität.

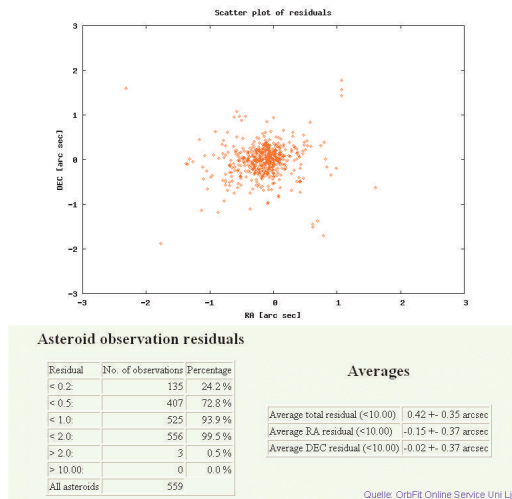


Bild 3 (Prüfen der Messergebnisse mit OrbFit)

Die bis hierher beschriebene Methode begrenzt zwar die Auswirkungen, aber nicht die Ursache von Fehlmessungen. Diese im Vorfeld dauerhaft zu Beseitigen ist sicherlich ein weiteres, schwieriges Unterfangen. Aber notwendig. Im Wesentlichen sind es die 2 Elemente Zeitfehler, Schwerpunktbestimmung und Hot- und Dark-Pixel, die in der Praxis Fehlmessungen verursachen:

Zeitfehler

Die im PC eingebaute Uhr weist in der Regel eine große Drift aus. Die bei uns verwendeten PCs (unterschiedlicher Hersteller) driften pro Tag bis zu ca. 10 Sekunden. Bei der Messung von schnell laufenden Asteroiden ist aber eine Genauigkeiten von absolut ca. 1/10 Sekunden notwendig.

Ebenso beeinflussen diverse CCD Steuerungs- oder Planetariumsprogramme den Gang der PC-Uhr. In beiden Fällen kann nur eine laufende Synchronisation der Uhr mit einem Zeitnormal DCF, GPS oder per Internet eine korrekte Zeit sicherstellen. Wir in Wildberg benutzen das Programm „TimeMemo“ des Astrofreundes Patrick Chevalley (www.astrosurf.com/astroipc/timememo/) zur laufenden Synchronisation mit dem Braunschweiger Zeitnormal.

Genauere Bestimmung des Objektschwerpunktes

Im Idealfalle ist das zu vermessende Sternscheibchen rund und der zur Positionsbestimmung zu vermessende Schwerpunkt eindeutig. Praktisch gibt es aber Hindernisse, die berücksichtigt werden müssen. Am Beispiel dieser horizontnahen Aufnahme zeigt sich, daß die Objekte erheblich elongiert sind. Der Engländer Philip Perkins (<http://www.astrocruise.com>) hat hierzu eine interessante Untersuchung durchgeführt. Neben der Refraktion und Nachführfehlern sind Turbulenzen und Farbdispersion die wichtigsten Einflußgrößen der horizontnahen Elongation und damit eine wichtige Fehlerquelle.

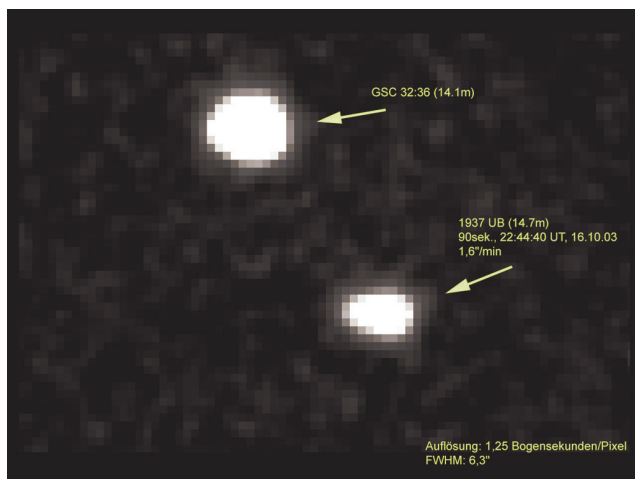


Bild 4 (Horizont-Elongation)

Bei der astrometrischen Vermessung des vorstehenden Bildes zeigt sich, daß in Abhängigkeit des Meßradius nicht nur das S/N Verhältnis variiert, sondern ebenfalls die scheinbare Position. Die erste Messung mit einem Meßradius von 3 Pixeln ergibt eine Rektaszension von 1h 41m 9.04s bei einem noch akzeptablem S/N Verhältnis von 6.

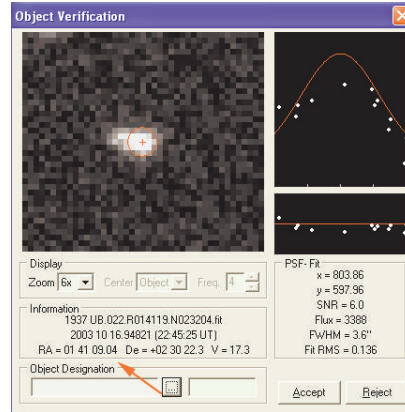


Bild 5 (Meßradius 3 Pixel)

Eine erneute Messung mit einem erweiterten Meßradius von 6 Pixeln ergibt aber einen um 0,07sek in Rektaszension abweichenden Wert von 1h 41m 9.11s und damit das in diesem Falle richtige Ergebnis!

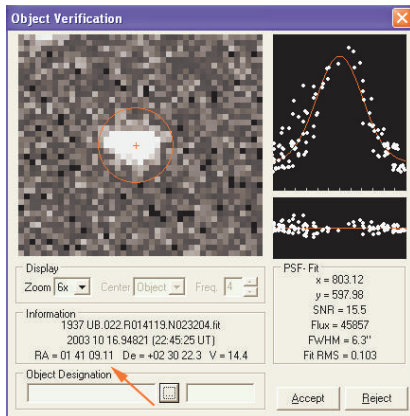


Bild 6 (Meßradius 6 Pixel)

Ursachen solcher fehlerhaften Messungen sind vielfältig. Eine 3-D Darstellung des Objektes zeigt, daß in diesem Fall offensichtlich starke, atmosphärische Turbulenzen zu einer zeitweiligen, horizontalen Verzerrung des Objektes führten und dem Objekt zwei „Gipfel“ bescherten.

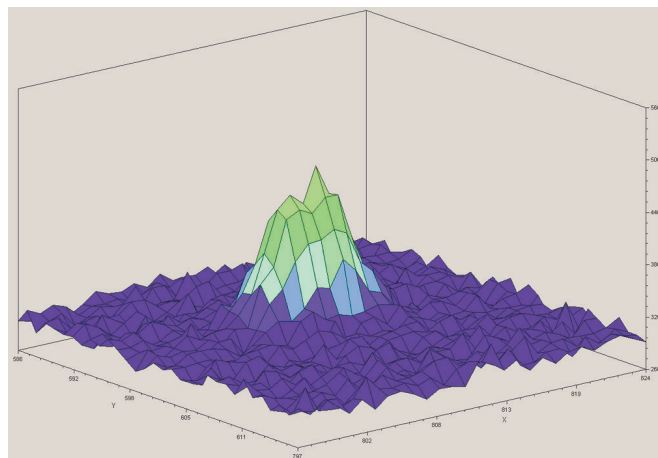


Bild 7 (3D Ansicht)

Der vergrößerte Meßradius hat dieses Problem insofern minimiert als damit sicher der Gesamtschwerpunkt ermittelt werden konnte. Allerdings nur, weil das Umfeld leer an Sternen war, der Hintergrund wenig Rauschen zeigt und keine Hot- oder Darkpixel im Meßkreis lagen. Faktoren, die nicht immer zutreffen.

Oft genug verlangt Astrometrie in einem dichten Sternfeld, oder nahe Hot-/Dark-Pixel einen kleinen Meßradius und die Grenzen einer sicheren Positionsbestimmung sind schnell erreicht. Ebenso erfordert das Problem der Dark- und Hotpixel eine große Sorgfalt im Umgang mit den CCD-Aufnahmen. Kann man bei einem „pretty picture“ noch Pixelfehler als ästhetisches Problem ansehen und korrigieren ist in der Astrometrie jedes „Anfassen“ eines Pixels für das Ergebnis katastrophal. Allein deshalb müssen die Rohbilder in der Astrometrie sich bewegender Objekte unmittelbar verwendungsfähig sein.

Fazit:

Astrometrie bewegter Objekte mit Residuen von 0,1" sind auch für den Amateur erreichbar. Nicht allein der apparative Aufwand ist maßgebend, sondern wichtiger noch ist der Prozeß die Aufnahmen sicher auszuwerten und die entsprechenden Schlüsse zu ziehen. Ohne ein Übermaß an Aufwand für jede Aufnahme. Der zu Beginn beschriebene Prozeß ist einfach und erfordert nur wenig Zeit.

Literatur / Links

- [1] Observatorium Wildberg : <http://www.astro-wildberg.com>
- [2] USNO B1 und UCAC 2 können bezogen werden von : USNO@api-star.de
- [3] Astrometrica : <http://www.astrometrica.at/>
- [4] Ljubljana: <http://astro.ago.uni-lj.si/asteroids/residuals.html>
- [5] TimeMemo : <http://www.astrosurf.com/astropc/timememo/>
- [6] Homepage Philip Perkins : <http://www.astrocruise.com>