

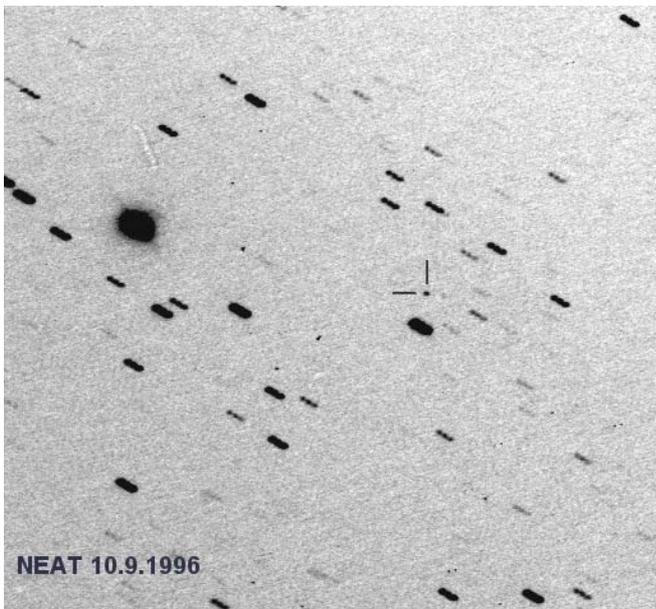
Suche nach Prediscovery-Aufnahmen von Kleinplaneten im NEAT-Online-Archiv und deren Auswertung

Durch das Internet hat man Zugang zu einigen Foto-Archiven von professionellen Observatorien. Die Suche nach Prediscovery-Aufnahmen von Asteroiden in diesen Archiven und deren Auswertung ist eine Möglichkeit die Genauigkeit der Orbit-Berechnung von neu entdeckten Kleinplaneten wesentlich zu verbessern.

Zu Zeiten, als die Helligkeit der neu entdeckten Kleinplaneten noch bei 17-18 mag lag, wurde man in den Archiven fast immer fündig. Inzwischen liegt die Helligkeit der Neuentdeckungen jedoch in der Regel jenseits der 19 mag oder gar 20 mag. Obschon die Funde in den Archiven dann sich meist an der Grenze des noch astrometrierbaren Signal zu Rausch Verhältnisses befinden, lohnt sich weiterhin diese Recherche.

Für die hier gezeigten Ergebnisse wurden Archiv-Aufnahmen der Himmelsdurchmusterung namens Near Earth Asteroid Tracking (NEAT) ausgewertet. Mittels der Online-Plattensuchmaschine Skymorph¹ kann man sich durch Eingabe der vorläufigen Bezeichnung (Designation) des Asteroiden alle von NEAT fotografierten Felder auf denen der Asteroid zu finden sein könnte ausgeben lassen. Man sucht sich für die Auswertung zunächst sinnvoller Weise die Aufnahmen heraus, die dann belichtet wurden, als der Asteroid am hellsten war. Zur weiteren astrometrischen Auswertung benutze ich die Software Astrometrica² und zur Darstellung des betreffenden Himmelsabschnitts die Online-Sternkartenplotseite namens Astplot³.

Meine Suche in den Archiven wurde gleich zu Anfang belohnt. Den ersten Asteroiden, den ich mir vornahm war 2007 RZ15. Dieser Kleinplanet ist eine Entdeckung, die ich zusammen mit Rainer Kling im September 2007 auf der Taunus-Sternwarte des Physikalischen Vereins machte. 2007 RZ15 konnte ich auf NEAT-Archiv-Fotos aus dem Jahr 1996 mit einer „gleißenden“ Helligkeit von 17,3 mag auffinden, siehe Foto. Ich war dann sehr überrascht, dass diese Positionen noch von niemandem ausgewertet waren und dem Minor Planet Center (MPC) somit noch nicht zur Bahnberechnung vorlagen.



Prediscovery Aufnahme des 2007 RZ15 vom 10.9.1996, NEAT-Online-Archiv, Gesichtsfeld ca. 12x12 Bogenminuten, Addition dreier Einzelfotos unter Berücksichtigung der Eigenbewegung des Asteroiden (Track and Stack). Der Asteroid ist durch Striche markiert.

¹ <http://skyview.gsfc.nasa.gov/skymorph/skymorph.html>

² www.astrometrica.at

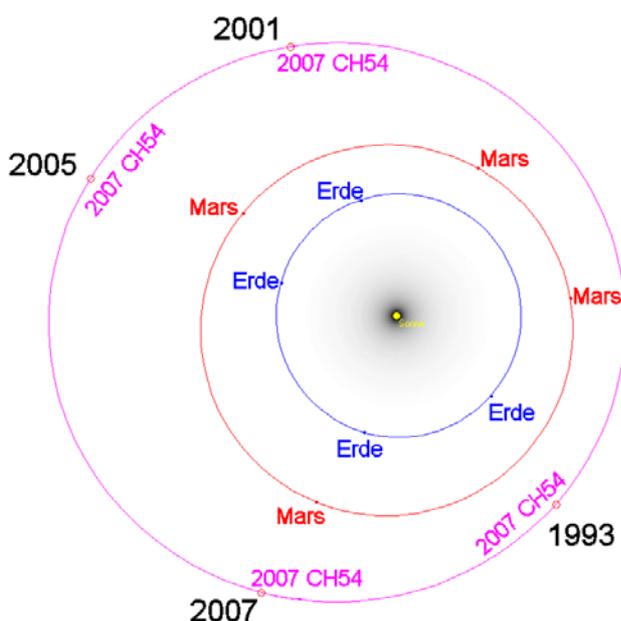
³ <http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/koehn/astplot>

In den folgenden Tagen wurde ich vom „Suchfieber“ gepackt. Zunächst habe ich weitere Asteroiden-Entdeckungen der Taunus-Sternwarte (Observatory Code B01) in den Archiven wieder gefunden, deren Positionen vermessen und ans MPC geschickt. Besonders gefreut hat mich, als ich auch unsere Jupiter-Trojaner Entdeckung 2007 RZ132 auf Archiv-Fotos an zwei Tagen aus dem Jahre 2002 finden konnte.

Anschließend habe ich mich auf die Suche nach Prediscovery-Aufnahmen von Asteroiden-Entdeckungen einiger „Kollegen“ der VdS-Fachgruppe gemacht, eine Zusammenfassung ist als Tabelle abgedruckt. Die beste „Performance“ erreichte ich bei 2007 AG11, eine Entdeckung von Wolfgang Ries (Observatory Code A44) und bei 2007 CH54, eine Entdeckung von Richard Gierlinger (Observatory Code B21). Die so genannte Unsicherheitszahl -die Maßzahl für die Beurteilung der Bahngenauigkeit⁴ verbesserte sich nach Berücksichtigung meiner Positionsmessungen bei beiden Asteroiden gleich von U3 auf U1 ! Je niedriger die Ziffer der Unsicherheitszahl ist, desto genauer ist der Orbit bestimmt. Ziffer Null ist das Bestmögliche. Spätestens bei U0 bekommt der Kleinplanet schließlich seine endgültige Nummerierung und der Entdecker darf einen Namen vorschlagen.

Wie unterschiedlich sich die zusätzlichen Messpunkte auf die Verbesserung der Bahngenauigkeit auswirken können, möchte ich anhand eines Beispiels erläutern: Vor meiner Such- und Messkampagne hatte sowohl der Asteroid 2007 CH54 als auch 2007 RZ15 eine Unsicherheitszahl von U3. Danach hatte Asteroid 2007 CH54 ein U1 aber Asteroid 2007 RZ15 nur U2, obwohl ich 2007 RZ15 auf Fotos aus zwei Oppositionen 1996 und 2002 fand, 2007 CH54 aber nur in einer Opposition 2001 !

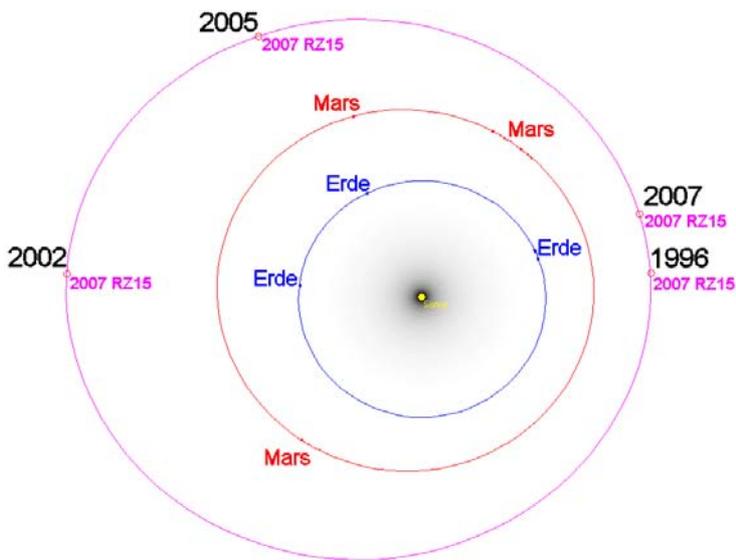
Wie sich anhand der dargestellten Sonnensystemansichten verdeutlichen lässt ist die Bahngenauigkeit weniger von der Anzahl der Messungen abhängig, sondern im wesentlichen davon, wie diese sich auf der Bahn verteilen. Beim Asteroiden 2007 CH54 liegen ebenso wie beim Asteroiden 2007 RZ15 seit meiner Such- und Messkampagne astrometrische Messungen aus 4 Oppositionen vor. Jedoch macht die Sonnensystemansicht deutlich, dass diese vermessenen Oppositionen beim 2007 CH54 gleichmäßiger auf der Bahn verteilt liegen, als bei 2007 RZ15. Da meine astrometrischen Messungen des Archiv-Fundes der Opposition 1996 von 2007 RZ15 sich in der Nähe des im Jahr 2007 vermessenen Bahnabschnitts befinden, waren diese nicht so „wertvoll“ für die Verbesserung der Bahngenauigkeit. Deshalb hatte sich die Unsicherheitszahl des 2007 RZ15 nur um eine Ziffer, aber die des 2007 CH54 um zwei Ziffern verbessert.



Verteilung der vier Oppositionen für die beim 2007 CH54 astrometrische Messungen vorliegen.

Die vermessenen Oppositionen sind ziemlich gleichmäßig verteilt, was sich positiv auf die Bahngenauigkeit auswirkt.

⁴ <http://www.cfa.harvard.edu/iau/info/UValue.html>



Verteilung der vier Oppositionen für die beim 2007 RZ15 astrometrischen Messungen vorliegenden.

Die vermessenen Oppositionen aus dem Jahr 1996 und 2007 befinden sich relativ eng nebeneinander, was der wesentliche Grund der etwas größeren Bahnunsicherheit als bei 2007 CH4 ist.

Wenn man also den Asteroiden auf Bildern wieder findet, die in einer Opposition fotografiert wurden, von der noch keine Daten dem Minor Planet Center (MPC) vorliegen, ist die Verbesserung der Bahngenaugigkeit erst dann besonders effektiv, wenn sich diese Positionen nicht in der Nähe eines bereits vermessenen Bahnbereichs befinden.

Die erreichte Verbesserung der Bahngenaugigkeit von 2007 CH54 wird nicht nur durch die Unsicherheitszahl deutlich, sondern wird auch im hier dargestellten Diagramm der Ephemeriden Unsicherheit sichtbar. Die untere bzw. obere Kurve zeigt die Ephemeriden Ungenauigkeit nach bzw. vor Berücksichtigung meiner zusätzlichen Messungen. Die Genauigkeit der berechneten Positionen dieses Kleinplaneten am Firmament hat sich somit von ursprünglich 0,1 bis 60 Bogensekunden auf 0,06 bis 3 Bogensekunden verbessert.

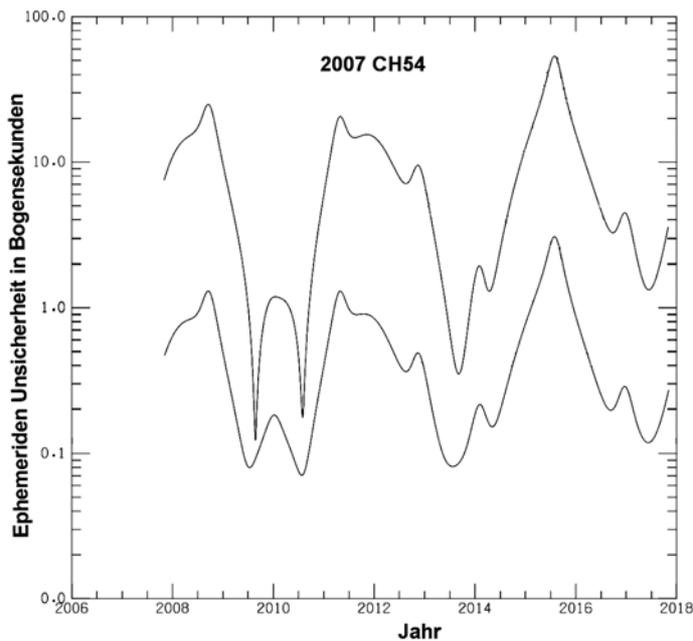


Diagramm der Ephemeriden Unsicherheit des 2007 CH54.

Unsicherheit der berechneten Ephemeriden des 2007 CH54 vor (obere Kurve) und nach (untere Kurve) Berücksichtigung der vermessenen Archiv-Aufnahmen aus dem Jahr 2001.

Graphik generiert mit dem Service der Lowell-Sternwarte⁵.

⁵ <http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/koehn/obsstrat>

In der abgedruckten Tabelle ist auch das Signal zu Rausch Verhältnis meiner Messungen gezeigt. Daran ist zu erkennen, dass man sich bei den NEAT-Aufnahmen des Observatory Codes 608 bei ungefähr 19,5 mag an der Grenze des noch messbaren befindet. Bei den NEAT-Aufnahmen des Observatory Codes 644 ist in der Regel eine etwas bessere Tiefe von 20,0 mag bis 20,5 mag zu erwarten. Außerdem weise ich darauf hin, dass auf den Aufnahmen von Observatory Code 608 eine häufige Anzahl von störenden Bildartefakten vorhanden ist, die sich zudem leider manchmal ähnlich bewegen wie die Asteroiden.

Besonders anspruchsvoll wird es, wenn man Asteroiden in den Archiven finden möchte, von denen nur Daten zur Bahnberechnung aus einer einzigen Opposition vorliegen. Durch die hohe Ungenauigkeit der Ephemeriden kann sich das Objekt dann schon um einiges neben der berechneten Position befinden. Bei Hauptgürtel-Asteroiden, die über einen Zeitraum von rund zwei Monaten astrometriert wurden, liegt diese Ephemeriden Ungenauigkeit im Bereich ~ 1 bis ~ 5 Bogenminuten. Bei Asteroiden, dessen Positionen nur über einen Monat hinweg gemessen wurde liegt die Ungenauigkeit schon im Bereich ~ 5 Bogenminuten bis $\sim 1/2$ Grad. Falls der Bahnbogen sogar nur über den Zeitraum von einer Woche vermessen ist, kommt die Ungenauigkeit in eine Größenordnung wo man in den Archiven den halben Himmel nach dem Asteroiden absuchen müsste. Bei meiner Archivsuche habe ich bisher nur einen dieser Single-Opposition-Asteroiden finden können. 2007 RW15, der eine vermessene Bahnbogenlänge von zwei Monaten im Jahr 2007 hatte, fand ich auf Archiv-Aufnahmen an zwei Tagen aus dem Jahr 2002. Durch diese zusätzlichen Positionsmessungen meines Archivfundes konnte die Genauigkeit der Ephemeriden-Berechnung des 2007 RW15 von rund 100 Bogensekunden auf rund 10 Bogensekunden verbessert werden, deutlich erkennbar in der hier gezeigten Graphik.

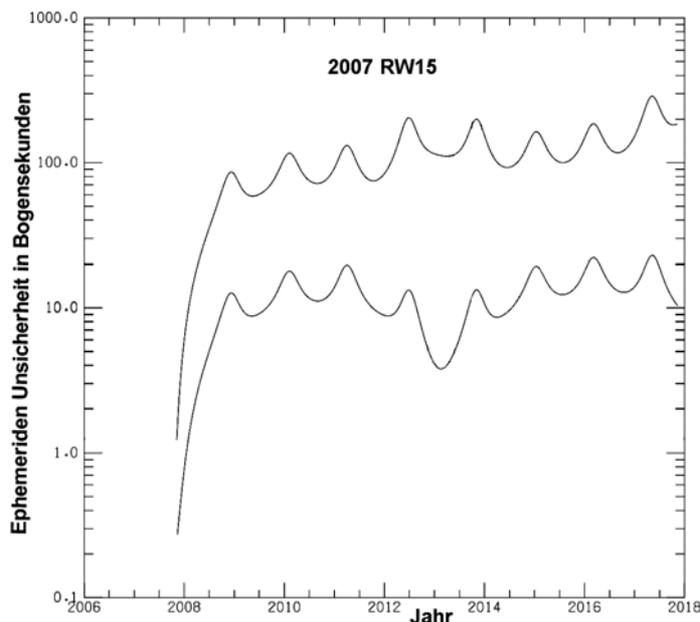


Diagramm der Ephemeriden Unsicherheit des 2007 RW15.

Unsicherheit der berechneten Ephemeriden des 2007 RW15 vor (obere Kurve) und nach (untere Kurve) Berücksichtigung der vermessenen Archiv-Aufnahmen aus dem Jahr 2002.

Graphik generiert mit dem Service der Lowell-Sternwarte⁶.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass die Suche im NEAT-Online-Archiv nach wie vor ergiebig ist. Bereits ein Archiv-Fund eines einzigen Tages führt, wenn dieser an einem Bahnabschnitt liegt der noch nicht vermessen wurde, zu einer erheblichen Verbesserung der Bahngenauigkeit. Belohnt wird man mit einer schnelleren Nummerierung des Kleinplaneten.

⁶ <http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/koehn/obsstrat>

Designation	Entdecker Observatory Code	Anzahl gemessener Positionen	Archivfund Datum	NEAT Observatory Code	U vorher	U nachher	Opps vorher	Opps nachher	mag	Peak SNR
2007 AG11	A44	5	1995 12 24 1995 12 25	608	3	1	3	4	19,5	6
2007 EH27	A44	2	2003 01 28	644	3	3	2	3	19,3	7
2006 OV9	A44	3	2002 05 19	644	3	3	3	3	19,6	9
2005 TW50	A44	4	2002 01 05	644	0	0	4	4	19,4	11
2005 CM25	198	3	1996 03 23	608	3	2	3	4	19,5	3
2006 XF4	198	2	2000 08 05	608	3	3	2	3	19,0	4
		3	2002 03 10	644					19,0	9
2006 XG4	198	7	2003 01 29 2003 02 01	644	3	2	2	3	20,1	3
1998 SY35	113	2	2003 01 19	644	1	1	5	5	20,2	
2006 YH13	B21	3	2003 03 12	644	1	1	6	6	19,9	4
2007 CH54	B21	4	2001 10 16	644	3	1	3	4	19,6	7
			2001 10 24						19,6	
2006 RP4	A74	3	2001 10 30	644	2	2	3	3	18,8	10
2006 WV129	B01	2	2002 07 14	644	3	3	2	3	20,4	3
2007 RV15	B01	2	2002 05 07	644	3	2	2	3	20,0	4
2007 RW15	B01	6	2002 10 09	644	--	3	1	2	20,7	3
			2002 11 13						19,8	
2007 RZ15	B01	11	1996 09 10 1996 10 08 1996 10 09 1996 10 13	608	3	2	2	4	17,3 18,0 18,4 18,6	
			2002 03 13						20,4	
2007 RZ132	B01	6	2002 04 05 2002 04 30	644	4	3	2	3	20,1 20,9	5 3
2007 TP23	B01	3	2002 11 12	644	4	3	2	3	20,0	7

Tabelle der Zusammenfassung der Messergebnisse

Entdecker Observatory Code: A44: Altschwendt, 198: Wildberg, 113: Drebach, B21: Gaisberg, A74: Bergen-Enkheim, B01: Taunus-Observatorium, Frankfurt.

U: Unsicherheitszahl jeweils vor und nach Berücksichtigung der Archivfund-Auswertung.

Opps: Anzahl der Oppositionen mit vorliegenden Messungen, vor und nach Berücksichtigung der Archivfund-Auswertung.

mag: Scheinbare Helligkeit des vermessenen Asteroiden in Magnitude.

SNR: Signal zu Rausch Verhältnis der Messungen (Median aus den Einzelmessungen, gerundet).

Erwin Schwab
Westendstr. 8
63329 Egelsbach
e.schwab@gsi.de